



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

TEMA:

“ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UNA JUNTA SISMO RESISTENTE UTILIZANDO MATERIALES DE APORTE COMERCIAL E7018-AR Y E7018-SR SOBRE UN ACERO ASTM A 36, APLICANDO EL CÓDIGO AWS D1.8-D1.8M”.

Autor: Eduardo Benjamín Ronquillo Bombón

Tutor: Ing. Mg. Oscar Analuiza

Ambato- Ecuador

2019

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del proyecto experimental, previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico, con el tema “ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UNA JUNTA SISMO RESISTENTE UTILIZANDO MATERIALES DE APORTE COMERCIAL E7018-AR Y E7018-SR SOBRE UN ACERO ASTM A 36, APLICANDO EL CÓDIGO AWS D1.8-D1.8M”. Elaborado por el señor Eduardo Benjamín Ronquillo Bombón con cédula de ciudadanía 180458891-9, y estudiante que ha culminado con la malla curricular vigente de la Carrera de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

Que el presente proyecto es original de su autor.

Ha sido revisado cada uno de sus capítulos.

Esta concluido y puede continuar el trámite correspondiente.

Ambato, junio de 2019



Ing. Mg. Oscar Analuiza.

Tutor

AUTORÍA DEL PROYECTO

Yo, Eduardo Benjamín Ronquillo Bombón, con C.I. 180458891-9, declaro que los criterios emitidos en el presente proyecto experimental bajo el tema: “ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UNA JUNTA SISMO RESISTENTE UTILIZANDO MATERIALES DE APORTE COMERCIAL E7018-AR Y E7018-SR SOBRE UN ACERO ASTM A 36, APLICANDO EL CÓDIGO AWS D1.8-D1.8M.” así como también los contenidos presentados, ideas, análisis y conclusiones son auténticas y de exclusiva responsabilidad de mi persona, como autor de este proyecto experimental.

Ambato, junio de 2019



Eduardo Benjamín Ronquillo Bombón.

Autor

DERECHOS DE AUTOR

Yo, Eduardo Benjamín Ronquillo Bombón, con C.I. 180458891-9, autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Proyecto Experimental o parte de él, un documento para la lectura, consulta y proceso de investigación según las normas Institucionales.

Cedo los derechos de mi Proyecto Experimental con fines de difusión pública, además la reproducción del mismo dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando que dicha reproducción no represente ganancia económica y se realice bajo mis derechos de autor.

Ambato, junio de 2019



Eduardo Benjamín Ronquillo Bombón.

Autor

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Trabajo Experimental realizado por el alumno Eduardo Benjamín Ronquillo Bombón de la carrera de Ingeniería Mecánica, bajo el tema: “ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UNA JUNTA SISMO RESISTENTE UTILIZANDO MATERIALES DE APORTE COMERCIAL E7018-AR Y E7018-SR SOBRE UN ACERO ASTM A 36, APLICANDO EL CÓDIGO AWS D1.8-D1.8M.”

Ambato, julio de 2019

Para constancia firman:



Ing. Mg. Belén Paredes



Ing. Mg. Víctor Espín

DEDICATORIA

A Dios por guiarme y haber permitido llegar a este momento tan especial de mi vida, el que me acompaña siempre en el caminar de mi vida, bendiciéndome y dándome la fortaleza e inteligencia para continuar con mis metas trazadas sin desfallecer.

A mi madre, Elvia Bombón por ser el pilar muy importante en mi vida y apoyarme en todo momento, por sus valiosos consejos, por la motivación persistente que me ha permitido construir mis sueños, por hacerme una persona humilde y de bien, pero más que nada, por su infinito amor eres sin duda una madre excepcional y un ejemplo a seguir, es la que hace que mis días sean maravillosos.

A mi padre, Eduardo Ronquillo quien me enseñó el ejemplo de la perseverancia y constancia para cumplir mis metas, por estar siempre a mi lado, por apoyarme en cada momento de la vida, sobre todo por el esfuerzo mostrado para salir adelante, incluso por su infinito amor.

A mi hermana, Patricia por su apoyo y confianza incondicional, además por ser un ejemplo de hermana mayor.

AGRADECIMIENTO

Le quiero dar gracias a Dios, por haberme dado una vida llena de felicidad y experiencias, por guiarme y acompañarme en el transcurso de mi carrera, brindándome sabiduría en momentos de debilidad y así poder concluir con éxito mis metas propuestas, a mis padres por ser los promotores de mis sueños que con su esfuerzo y dedicación me ayudaron a trazar mi camino hacia el éxito, por confiar y creer en mí, por su incansable ayuda en todo momento, gracias por su infinito amor, a mi hermana que siempre estuvo apoyando y preocupándose durante toda esta etapa tan importante de mi vida, a mi abuelita y mis tías, a quien las quiero como a una madre, gracias por estar en momentos más significativos conmigo y siempre ayudarme en cualquier momento y a todas las personas que contribuyeron con un granito de arena para poder cumplir con mi meta propuesta.

A mi tutor Ing.Mg. Oscar Analuiza, por haberme brindado sus conocimientos, por ser la guía y apoyo durante la elaboración de mi proyecto de titulación.

A la Universidad Técnica de Ambato y a la carrera de Ingeniería Mecánica por haberme permitido ser parte de sus alumnos y formarme en ella.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN DEL AUTOR	II
AUTORÍA DEL PROYECTO	III
DERECHOS DE AUTOR	IV
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	V
DEDICATORIA	VI
AGRADECIMIENTO	VII
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS	XV
ÍNDICE DE TABLAS	XVIII
RESUMEN EJECUTIVO	XX
ABSTRACT	XXI
CAPÍTULO I	1
ANTECEDENTES	1
1.1. TEMA.....	1
1.2. ANTECEDENTES.....	1
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	3
1.4. OBJETIVOS.....	4
1.4.1. Objetivo General.....	4
1.4.2. Objetivos Específicos.....	4
CAPÍTULO II	5
FUNDAMENTACIÓN	5
2.1. FUNDAMENTACION TEÓRICA.....	5
2.1.1. Ingeniería en materiales.....	5
2.1.2. Soldadura.....	5
2.1.3. Arco de soldadura.....	7
2.1.4. Soldabilidad.....	8

2.1.5. Propiedades mecánicas	9
2.1.6. Ensayo de materiales	9
2.1.7. Norma ANSI/AWS B4.0 Métodos estándar para los ensayos mecánicos de las soldaduras.....	10
2.1.7.1. Alcance del ensayo de tracción	10
2.1.7.2. Muestras	11
2.1.8. Norma ASTM E-08 Métodos de prueba estándar para tensión en materiales metálicos.	11
2.1.9. Ensayo de tracción.....	11
2.1.9.1. Diagrama esfuerzo-deformación.....	13
2.1.9.2. Propiedades mecánicas de las probetas ensayadas de tracción.....	14
2.1.10. Norma ASTM E23 Método de prueba estándar para prueba de impacto de barras de materiales metálicos	17
2.1.10.1. Alcance.....	17
2.1.10.2. Especímenes de pruebas.....	17
2.1.11. Ensayo de impacto	18
2.1.11.1. Tenacidad	19
2.1.11.2. Resiliencia de un material	20
2.1.12. Norma ASTM E3-95 preparación de especímenes metalográficos	20
2.1.12.1. Tamaño de especímenes metalográficos.....	20
2.1.13. Ensayo metalográfico.....	21
2.1.13.1. Microestructura	21
2.1.13.2. Perlita	21
2.1.13.3. La ferrita alotriomórfica.....	22
2.1.13.4. La ferrita acicular	22
2.1.13.5. La ferrita de widmanstaetten.....	23
2.1.13.6. Tamaño de grano.....	23

2.1.14. Tipos de juntas soldadas.....	27
2.1.14.1. Juntas a tope	27
2.1.14.2. Juntas en esquina.....	28
2.1.14.3. Junta en T	28
2.1.14.4. Junta en traslape o solape	29
2.1.14.5. Junta de borde	29
2.1.15. Diseño de juntas	29
2.1.16. Posiciones de soldadura	30
2.1.17. Diseño de conexiones sismo resistentes, precalificadas para estructuras de acero	31
2.1.17.1. Conexión con sección reducida.....	31
2.1.18. Proceso de soldadura.....	32
2.1.18.1. Soldadura SMAW	32
2.1.18.2. Circuito de soldadura por arco eléctrico	33
2.1.18.3. Variables del proceso SMAW.....	34
2.1.18.4. Movimiento del electrodo en la soldadura.....	36
2.1.19. Electrodos para soldadura de arco.....	37
2.1.19.1. Electrodo	37
2.1.19.2. Diámetro del electrodo.....	37
2.1.19.3. Características de los electrodos revestidos	38
2.1.19.4. Recubrimiento de los electrodos	39
2.1.19.5. Clasificación de los electrodos según AWS	39
2.1.19.6. Especificaciones de electrodos revestidos	40
2.1.19.7. Electrodos de bajo contenido de hidrógeno	41
2.1.20. Discontinuidades y defectos de soldadura	43
2.1.20.1. Porosidad.....	43
2.1.20.2. Fusión incompleta	44

2.1.20.3. Falta de penetración	44
2.1.20.4. Inclusiones de escoria	45
2.1.20.5. Socavamiento	45
2.1.20.6. Grietas o fisuras.....	45
2.1.21. Acero al carbono ASTM A-36.....	46
2.1.21.1. Propiedades y características.....	47
2.1.22. Norma AWS.....	47
2.1.22.1. Código de soldadura estructural suplemento sismico AWS D1.8	48
2.2. Hipótesis	49
2.3. Señalamiento de las variables	49
2.3.1. Variable independiente	49
2.3.2. Variable dependiente	49
CAPITULO III	50
METODOLOGÍA	50
3.1. NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN	50
3.1.1. Investigación exploratoria	50
3.1.2. Investigación descriptiva	50
3.1.3. Investigación correlacional.....	50
3.1.4. Investigación explicativa	50
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	51
3.2.1. Población	51
3.2.2. Muestra	51
3.3. OPERAZIONALIZACIÓN DE VARIABLES	53
3.1.1. Variable independiente	53
3.1.2. Variable dependiente:	54
3.2. PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	55
3.2.1. Observación	55

3.2.2. Documental.....	55
3.3. PLAN DE PROCESAMIENTO DE ANÁLISIS.....	55
3.3.1. Análisis e interpretación de resultados	55
CAPITULO IV	57
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	57
4.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS	57
4.1.1. Proceso de obtención y análisis de resultados	57
4.1.2. Determinación de materiales	60
4.2.1.1. Material base	60
4.2.1.2. Material de aporte	62
4.1.3. Determinación de la junta de soldadura.....	64
4.1.4. Preparación de probetas para la soldadura.....	64
4.1.5. Soldadura de probetas.....	66
4.1.5.1. Parámetros de soldadura	66
4.1.5.2. Técnica de soldadura.....	66
4.2. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	71
4.2.1. Análisis del acero ASTM A 36 como viene de fábrica	73
4.2.2. Ensayo de tracción de las probetas con material de aporte E7018-AR diámetro 3/32”.....	75
4.2.3. Ensayo de tracción de las probetas con material de aporte E7018-AR diámetro 3/32”.....	77
4.2.4. Ensayo de tracción de las probetas con material de aporte E7018-AR diámetro 1/8”.....	79
4.2.5. Ensayo de tracción de las probetas con material de aporte E7018-AR diámetro 1/8”.....	81
4.2.6. Ensayo de tracción de las probetas con material de aporte E7018-SR diámetro 3/32”.....	83

4.2.7. Ensayo de tracción de las probetas con material de aporte E7018-SR diámetro 3/32”	85
4.2.8. Ensayo de tracción de las probetas con material de aporte E7018-SR diámetro 1/8”	87
4.2.9. Ensayo de tracción de las probetas con material de aporte E7018-SR diámetro 1/8”	89
4.2.10. Ensayo de impacto de acero ASTM A 36 como viene de fábrica	91
4.2.11. Ensayo de impacto de las probetas con material de aporte E7018-AR diámetro 3/32”	93
4.2.12. Ensayo de impacto de las probetas con material de aporte E7018-AR diámetro 3/32”	97
4.2.13. Ensayo de impacto de las probetas con material de aporte E7018-AR diámetro 1/8”	101
4.2.14. Ensayo de impacto de las probetas con material de aporte E7018-AR diámetro 1/8”	105
4.2.15. Ensayo de impacto de las probetas con material de aporte E7018-SR diámetro 3/32”	109
4.2.16. Ensayo de impacto de las probetas con material de aporte E7018-SR diámetro 3/32”	113
4.2.17. Ensayo de impacto de las probetas con material de aporte E7018-SR diámetro 1/8”	117
4.2.18. Ensayo de impacto de las probetas con material de aporte E7018-SR diámetro 1/8”	121
4.2.19. Análisis del acero ASTM A 36 como viene de fábrica	125
4.2.20. Ensayo de metalográfico del acero ASTM A 36 como viene de fábrica	126
4.2.21. Ensayo de metalográfico de laprobeta con material de aporte E7018-AR diámetro 3/32”	128
4.2.22. Ensayo de metalográfico de laprobeta con material de aporte E7018-AR diámetro 3/32”	132

4.2.23. Ensayo de metalográfico de laprobeta con material de aporte E7018-AR diámetro 1/8”	136
4.2.24. Ensayo de metalográfico de laprobeta con material de aporte E7018-AR diámetro 1/8”	140
4.2.25. Ensayo de metalográfico de laprobeta con material de aporte E7018-SR diámetro 3/32”	144
4.2.26. Ensayo de metalográfico de laprobeta con material de aporte E7018-SR diámetro 3/32”	148
4.2.27. Ensayo de metalográfico de laprobeta con material de aporte E7018 SR diámetro 1/8”	152
4.2.28. Ensayo de metalográfico de laprobeta con material de aporte E7018-SR diámetro 1/8”	156
4.2.29. Análisis del rendimiento del electrodo	160
4.3. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	161
4.3.1. Interpretación de resultados del ensayo de tracción	161
4.3.2. Interpretación de resultados de los ensayos de impacto	168
4.3.3. Interpretación de resultados del ensayo metalográfico	172
4.4. Verificación de hipótesis	188
CAPÍTULO V	190
5.1. Conclusiones	190
5.2. Recomendaciones	192
MATERIALES DE REFERENCIA	193
Bibliografía	193
Anexos	197

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Soldadura por arco eléctrico	7
Figura 2. 2 Esquema de soldadura por arco manual con electrodo revestido	8
Figura 2. 3a) probeta redonda estándar para tracción de 2 pulgadas de longitud de ensayo. b) probeta rectangular estándar para tracción de 2 pulgadas de longitud de ensayo	12
Figura 2. 4 Máquina moderna para ensayos de tracción	12
Figura 2. 5 Ilustración esquemática de máquina de ensayo a tracción	13
Figura 2. 6 Diagrama de esfuerzo deformación convencional y verdadero para un material dúctil acero	14
Figura 2. 7 Deformación convencional (pulg/pulg)	15
Figura 2. 8 Máquina de ensayo de impacto	18
Figura 2. 9 Esquema de un ensayo de impacto	19
Figura 2. 10 Esquema de la microestructura de un acero eutectoide (0,8 %C) bajo enfriamiento lento	22
Figura 2. 11 Morfología de la Ferrita de Widmanstaetten primarias y secundarias	23
Figura 2. 12 Plantilla de comparación	24
Figura 2. 13 Modo planimétrico	25
Figura 2. 14 Geometrías aplicadas en la medición del tamaño del grano utilizando el procedimiento de intersección	26
Figura 2. 15 Métodos de intercepción	27
Figura 2. 16 Juntas a tope con bisel recto	27
Figura 2. 17 Juntas a tope con bisel achaflanados en V	28
Figura 2.18 Junta a tope con bisel achaflanados en X	28
Figura 2.19 Junta en ángulo y en T	29
Figura 2.20 Junta de solape	29
Figura 2.21 Tipos de juntas de soldadura	29
Figura 2.22 Designación de posiciones de acuerdo con ANSI/AWS A3.0:200	31
Figura 2.23 Conexión de viga sección reducida	32
Figura 2.24 Diagrama del equipo de soldadura SMAW	33
Figura 2.25 Proceso de soldadura	33
Figura 2.26 Flujo eléctrico	34
Figura 2.27 Movimiento del electrodo para realizar una costura	37

Figura 2.28 Diagrama del electrode	38
Figura 2.29 Clasificación de electrodos AWS A-5.1	41
Figura 2.30 Porosidad en soldadura	44
Figura 2.31 Fusión incompleta cordón de soldadura	44
Figura 2.32 Falta de penetración cordón de soldadura	44
Figura 2.33 Inclusiones de escoria en la soldadura	45
Figura 2.34 Socavamiento cordón de soldadura	45
Figura 2.35 Grietas cordón de soldadura	46
Figura 4.1 Diagrama de proceso de análisis de resultado.	59
Figura 4.2 Diseño de junta de soldadura.	64
Figura 4.3 Diagrama de preparación de probetas.....	65
Figura 4.4 a) Número de pase diámetro 3/32. b) Número de pase diámetro 1/8.	67
Figura 4.5 Comparación de resistencia a la tracción de probetas soldadas con electrodo E-7018 AR y E7018-SR de Diámetro 3/32",1/8" y con temperatura alta de precalentamiento.	162
Figura 4.6 Comparación del límite de fluencia de probetas soldadas con electrodo E-7018 AR y E7018-SR de Diámetro 3/32" con temperatura alta de precalentamiento.	163
Figura 4. 7 Comparación del % de elongación de probetas soldadas con electrodo E-7018 AR y E7018-SR de Diámetro 3/32" con temperatura alta de precalentamiento.	164
Figura 4.8 Comparación de resistencia a la tracción de probetas soldadas con electrodo E-7018 AR y E7018-SR de Diámetro 3/32" con temperatura baja de precalentamiento.	166
Figura 4.9 Comparación del límite de fluencia de probetas soldadas con electrodo E-7018 AR y E7018-SR de Diámetro 3/32" con temperatura baja de precalentamiento.	166
Figura 4.10 Comparación del % de elongación de probetas soldadas con electrodo E-7018 AR y E7018-SR de Diámetro 3/32", 1/8" con temperatura baja de precalentamiento.	167
Figura 4.11 Comparación de la energía absorbida de probetas soldadas con electrodo E7018-AR Y E7018-SR de diámetro 3/32, 1/8 con temperatura alta de precalentamiento.	170

Figura 4.12 Comparación de la energía absorbida de probetas soldadas con electrodo E7018-AR Y E7018-SR de diámetro 3/32, 1/8 con temperatura baja de precalentamiento.	171
Figura 4.13 Comparación del tamaño de grano de probetas soldadas con electrodo E7018-AR Y E7018-SR de diámetro 3/32, 1/8 con temperatura alta de precalentamiento.	174
Figura 4. 14 Tamaño de grano de la probeta PSRTA3/32.	174
Figura 4. 15 Comparación del % Perlita de probetas soldadas con electrodo E7018-AR Y E7018-SR de diámetro 3/32, 1/8 con temperatura alta de precalentamiento.	175
Figura 4. 16 % de Perlita en la soldadura de la probeta PSRTA3/32.	176
Figura 4.17 Comparación del % Ferrita de probetas soldadas con electrodo E7018-AR Y E7018-SR de diámetro 3/32, 1/8 con temperatura alta de precalentamiento.	177
Figura 4. 18 % de Ferrita en la soldadura de la probeta PSRTA3/32.	177
Figura 4.19 Comparación del % Ferrita Alotriomórfica y acicular de probetas soldadas con electrodo E7018-AR Y E7018-SR de diámetro 3/32, 1/8 con temperatura alta de precalentamiento.	178
Figura 4. 20 % Ferrita Alotriomórfica, Acicular y Widmanstaetten. Fuente: Autor.	179
Figura 4.21 Comparación del tamaño de grano de probetas soldadas con electrodo E7018-AR Y E7018-SR de diámetro 3/32, 1/8 con temperatura baja de precalentamiento.	180
Figura 4. 22 Tamaño de grano de la probeta PARTB1/8 en la ZAT.	181
Figura 4.23 Comparación del % Perlita de probetas soldadas con electrodo E7018-AR Y E7018-SR de diámetro 3/32, 1/8 con temperatura baja de precalentamiento.	182
Figura 4. 24 % Perlita de la probeta PSRTB3/32.	182
Figura 4.25 Comparación del % Ferrita de probetas soldadas con electrodo E7018-AR Y E7018-SR de diámetro 3/32, 1/8 con temperatura baja de precalentamiento.	183
Figura 4. 26 % Ferrita de la probeta PSRTB3/32.	184
Figura 4.27 Comparación del % Ferrita Alotriomórfica y acicular de probetas soldadas con electrodo E7018-AR Y E7018-SR de diámetro 3/32, 1/8 con temperatura baja de precalentamiento.	185
Figura 4. 28 % Ferrita Alotriomórfica, Acicular y Widmanstaetten.....	185
Figura 4.29 Evaluación del material de aporte.....	188

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2. 1 Factor de corrección Q	24
Tabla 2.2 Diseño de junta a tope	30
Tabla 2.3 Orientaciones de los electrodos y técnicas de soldeo típicas en el soldeo manual con electrodos revestidos para aceros al carbono	36
Tabla 2.4 Clasificación de electrodos	39
Tabla 2.5 Composición química del electrodo E-7018 AR..	42
Tabla 2.6 Descripción de propiedades del electrodo E-7018 AR..	42
Tabla 2.7 Composición química del electrodo E-7018 SR.....	43
Tabla 2. 8 Descripción de propiedades del electrodo E-7018 SR.....	43
Tabla 2.9 Composición química del acero A-36.....	47
Tabla 2.10 Descripción de las propiedades del acero ASTM A36.	47
Tabla 4.1 Identificación de probetas.	60
Tabla 4.2 Requisito químico del Acero A 36.....	61
Tabla 4.3 Composición química del material base.	61
Tabla 4.4 Propiedades mecánicas ASTM A 36.	61
Tabla 4.5 Requerimientos químico del Material Base y Aporte.....	63
Tabla 4.6 Propiedades mecánicas Metal base y Aporte.	63
Tabla 4.7 Parámetros de soldadura.	66
Tabla 4.8 Técnica del proceso de Soldadura.....	67
Tabla 4.9 Identificación de probetas.	71
Tabla 4. 10 Datos obtenidos.....	160
Tabla 4. 11 Datos obtenidos.....	160
Tabla 4.12 Parámetros de evaluación del metal base.....	161
Tabla 4.13 Valores del ensayo a tracción con electrodo de diámetro 3/32”,1/8” y temperatura alta de precalentamiento.....	162
Tabla 4.14 Valoración del ensayo de tracción de probetas soldadas.. ..	164
Tabla 4.15Valores del ensayo a tracción con electrodo de diámetro 3/32”, 1/8” y temperatura baja de precalentamiento.....	165
Tabla 4.16 Valoración del ensayo de tracción de probetas soldadas.	168
Tabla 4.17 Resultados del ensayo de impacto de probetas soldadas.	169
Tabla 4.18 Valoración del ensayo de impacto de probetas soldadas.	170
Tabla 4.19 Resultados del ensayo de impacto de probetas soldadas.	171

Tabla 4.20 Valoración del ensayo de impacto de probetas soldadas.	172
Tabla 4.21 Resultados del tamaño de grano de probetas soldadas.	173
Tabla 4.22 Porcentaje (%) Perlita en juntas soldadas.	174
Tabla 4.23 Porcentaje (%) Ferrita en juntas soldadas.	176
Tabla 4.24 Porcentaje (%) Ferrita Alotriomórfica y Acicular en juntas soldadas. ..	177
Tabla 4.25 Evaluación de los componentes microestructurales de probetas soldadas.	179
Tabla 4.26 Resultados del tamaño de grano de probetas soldadas.	179
Tabla 4.27 Porcentaje (%) Perlita en juntas soldadas.	181
Tabla 4.28 Porcentaje (%) Ferrita en juntas soldadas.	182
Tabla 4.29 Porcentaje (%) Ferrita Alotriomórfica y Acicular en juntas soldadas. ..	184
Tabla 4.30 Evaluación de los componentes microestructurales de probetas soldadas	186
Tabla 4.31 Evaluación de los materiales de aporte E7018AR y E7018-SR.	187
Tabla 4.32 Síntesis de evaluación de material de aporte de propiedades mecánicas	188
Tabla 4.33 Comparación de propiedades mecánicas.	189

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

TEMA: “ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UNA JUNTA SISMO RESISTENTE UTILIZANDO MATERIALES DE APORTE COMERCIAL E7018-AR Y E7018-SR SOBRE UN ACERO ASTM A 36, APLICANDO EL CÓDIGO AWS D1.8-D1.8M”.

Autor: Eduardo Benjamín Ronquillo Bombón

Tutor: Ing. Mg. Oscar Analuiza

RESUMEN EJECUTIVO

El presente Proyecto de investigación ha sido desarrollado con el objetivo fundamental de establecer el estudio de las propiedades mecánicas de soldadura en una junta a tope sismo resistente de acero al carbono ASTM A 36, soldada con diferentes tipos de electrodos de acero al carbono E7018-AR y E7018-SR, para propósitos de este análisis se han seleccionado electrodos de una misma marca comercial utilizada a nivel nacional. Posteriormente se procedió con la obtención de las probetas para efectuar los ensayos destructivos de tracción e impacto los cuales fueron realizados en los laboratorios del Centro de Fomento Productivo Metal Mecánico Carrocero del H.G.P. Tungurahua, así como también en los laboratorios de la Universidad Técnica de Ambato para determinar el análisis metalográfico de las juntas soldadas. Luego de haber realizado los ensayos requeridos se procedió con su respectivo análisis e interpretación de los resultados, llegando a determinar el mejor material de aporte con las mejores propiedades mecánicas sobre una junta sismo resistente. Finalmente, se realizó una propuesta de elaboración de un procedimiento de soldadura para dichos procesos WPS y PQR para el proceso de soldadura con electrodo E7018-SR de diámetro 3/32” con una temperatura baja de precalentamiento que fue el electrodo que presento mejores propiedades mecánicas a las diferentes condiciones de servicio. Este proyecto de investigación está basado en el código AWS D1.8-D1.8M, el que nos da a conocer diferentes disposiciones generales. Para su desarrollo se contó con el asesoramiento de los docentes de la Universidad Técnica de Ambato de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

TECHNICAL UNIVERSITY OF AMBATO

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING AND MECHANICS

MECHANICAL ENGINEERING CARRERS

TITTLE: “STUDY OF THE MECHANICAL PROPERTIES OF A RESISTANT SISMO BOARD USING COMMERCIAL CONTRIBUTION MATERIALS E7018-AR AND E7018-SR ON AN ASTM A 36 STEEL, APPLYING THE AWS CODE D1.8-D1.8M.”

Autor: Eduardo Benjamín Ronquillo Bombón

Tutor: Ing. Mg. Oscar Analuiza

ABSTRACT

The present research project has been developed with the fundamental objective of establishing the study of the mechanical properties of welding in a seismically resistant butt joint made of carbon steel ASTM A 36, welded with different types of carbon steel electrodes E7018-AR and E7018-SR, for the purposes of this analysis electrodes of the same commercial brand used nationally have been selected. Subsequently, the specimens were obtained to carry out the destructive tensile and impact tests, which were carried out in the laboratories of the Center of Productive Promotion Metal Mechanic of the H.G.P. Tungurahua, as well as in the laboratories of the Technical University of Ambato to determine the metallographic analysis of the welded joints. After having carried out the required tests we proceeded with their respective analysis and interpretation of the results, coming to determined the best filler material with the best mechanical properties on a resistant seismic joint. Finally, a proposal was made for the elaboration of a welding procedure for said WPS and PQR processes for the welding process with E7018-SR 3/32" diameter electrode with a low preheating temperature, which was the electrode that presented the best mechanical properties at the different service conditions. This research project is based on code AWS D1.8-D1.8M, the which it gives us different general dispositions. For its development we had the advice of teachers of the Technical University of Ambato of the Faculty of Civil Engineering and Mechanics.

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES

1.1. TEMA

“ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UNA JUNTA SISMO RESISTENTE UTILIZANDO MATERIALES DE APORTE COMERCIAL E7018-AR Y E7018-SR SOBRE UN ACERO ASTM A 36, APLICANDO EL CÓDIGO AWS D1.8-D1.8M”.

1.2. ANTECEDENTES.

Los eventos sísmicos registrados en los últimos años, han dejado de manifiesto la necesidad de mejorar las metodologías de diseño sísmico de estructuras, es así como a raíz de los hallazgos encontrados han atraído actualmente la atención en cuanto a los problemas de diseño y seguridad de las conexiones soldadas para estructuras ubicadas en zonas sísmicas, de tal manera que el diseño de conexiones, abarca múltiples oportunidades que explícitamente incorporan medidas de riesgo [1].

El acero se caracteriza por una elevada resistencia, rigidez y ductilidad (esto es la capacidad de soportar deformaciones plásticas sin disminuir su capacidad resistente), por cual su uso es muy recomendable para construcciones sismo resistentes [2].

Los sismos son los parámetros de mayor interés para el diseño estructural de los edificios que se construyen en zonas de alta sismicidad. Las propiedades de una estructura de acero que definen su respuesta sísmica son: resistencia, rigidez, ductilidad, redundancia, absorción de energía y amortiguamiento, además de suma importancia para evitar la falla frágil y por ende garantizar la seguridad sísmica; se trata de la soldabilidad y la tenacidad. También las conexiones deben ser más fuertes que los miembros que unen (vigas y columnas), para transmitir todas las acciones que obran en ellas de igual manera deben ser sencillas, económicas y seguras durante su fabricación en taller y en campo. Esto requiere que los diseños de las juntas sean simples para conducir a soluciones que al mismo tiempo resulten económicas. No se debe fabricar la estructura si no se tienen planos de taller o de detalle completos.

Se debe tomar en cuenta cuidadosamente el diseño de la geometría de las juntas soldadas en las que se especifican soldaduras de penetración completa (características

de la soldadura: tipo de preparación, grueso de las piezas a unir, ángulos de biseles, aberturas de raíz, profundidad de la penetración, posiciones para soldar, tipos de electrodos) [3].

Una de las investigaciones que es referente para el presente estudio sobre las propiedades mecánicas de la soldadura, existente en la ESCUELA POLITECNICA NACIONAL realizada por, M. Piaun con el tema de investigación: “ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA SOLDADURA OBTENIDA CON LOS ELECTRODOS E7018 DE DIFERENTES MARCAS UTILIZADOS EN LA INDUSTRIA NACIONAL” en donde describe los procedimientos necesarios para los Ensayos Destructivos. En síntesis, el trabajo realizado en este proyecto verifica que el proceso de evaluación de la calidad de soldadura requiere de una conjunción de ensayos, no se puede hablar de calidad de soldadura con un solo ensayo. Si bien una norma requiere ciertos ensayos, se debe tener en cuenta condiciones específicas donde es muy importante el criterio ingenieril para la realización de los ensayos que se crean convenientes, o incluso la necesidad de ratificar ciertos resultados con nuevos ensayos. De este modo se logra obtener mayor confiabilidad de los resultados sobre la calidad de una soldadura [4].

Además J. Telenchana en su trabajo final de grado de la Universidad Técnica de Ambato con el tema “ANÁLISIS DE REVESTIMIENTOS DUROS EN UNIONES SOLDADAS DE ACERO AL CARBONO A36 MEDIANTE EL PROCESO SMAW Y SU INCIDENCIA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS” en donde mencionan que: al realizar las probetas se debe tener cuidado de no utilizar maquinaria de corte automático o semiautomático, ya que esta recalienta más de lo normal el material base y el material de aporte, y por ende varían algunas de sus propiedades obteniendo resultados inexactos. Además, el mecanizado se lo debe realizar con constante refrigeración [5].

1.3. JUSTIFICACIÓN

El presente estudio a realizar está enfocado en el área de manufactura debido a que el Ecuador registra un alto riesgo de vulnerabilidad sísmica por estar situado al borde de una zona de interacción entre dos placas tectónicas. Mediante estudios que han realizado sobre el sismo ocurrido en el 2016 de magnitud 7.8 grados en escala de Richter cuyo epicentro se registró a unos 20 km de profundidad en el cantón Pedernales, llegaron a concluir que en el Ecuador no existía construcciones verdaderamente sismo resistentes debido a que se registró el colapso de al menos 684 edificaciones y fallas sobre el cumplimiento de los códigos. Se sufrió la caída de puentes además descubrieron estructuras que se encuentran a punto del colapso, de acuerdo con inspecciones, han manifestado que muchas de las conexiones se habían fracturado de una manera frágil, en la soldadura entre la brida de la columna y la viga de igual manera han tendido defectos de diseño y construcción [6].

Actualmente se requiere que las conexiones soldadas resultantes cumplan satisfactoriamente con las especificaciones del diseño, sobre todo para evitar colapsos estructurales, por lo que al finalizar el mismo se podrá obtener gran información sobre el diseño de la junta y el óptimo material de aporte.

Es importante mencionar que el incremento de los movimientos telúricos es cada vez más frecuente. Por tal razón se plantea este proyecto de investigación que por medio de un estudio de las propiedades mecánicas a una junta sismo resistente y la aplicación del código estructural de soldadura suplemento sísmico, pasa a ocupar un lugar de primera prioridad en cuanto al análisis y diseño de la ingeniería estructural. La innovación que tendrá este estudio es fundamental, debido al tipo de materiales de aporte seleccionado, en vista que no existen análisis de las propiedades mecánicas con diferentes tipos de electrodos en juntas sismo resistentes peor aún diseño de juntas adecuados que cumplan con el requerimiento de la norma de estructuras sismo resistente.

La importancia de realizar este estudio se debe a que necesitan uno o más procedimientos de soldadura SMAW, los cuales se deben definir con suficiente detalle cómo se realizara el proceso, por ello resulta muy importante esta investigación para determinar y justificar cuál de los materiales de aporte posee las mejores propiedades

mecánicas y la calidad de soldadura realizada, logrando brindar mayor confiabilidad en las uniones soldadas y en la fabricación de estructuras sismo resistentes.

Con un entendimiento adecuado y la habilidad de manejar el código, el presente trabajo será un aporte técnico en el ambiente laboral, el resultado de esta investigación beneficiará a los clientes internos (personal involucrado en el proceso de fabricación del área de estructuras: soldadores, fabricantes, supervisores, inspectores, entre otros) y externos. En lo personal, se aplicarán y reforzarán los conocimientos, sobre el área de materiales de soldadura.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo General

Estudiar las propiedades mecánicas de una junta sismo resistente utilizando materiales de aporte comercial E7018-AR y E7018-SR sobre un acero ASTM A 36, aplicando el código AWS D1.8 - D1.8M.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Determinar los parámetros que intervienen en el proceso de soldadura SMAW en el acero ASTM A-36, mediante el código AWS D1.8.
- Desarrollar el diseño de la junta de soldadura para el proceso SMAW utilizando código AWS D1.8.
- Efectuar el proceso de soldadura en las placas de acero A-36 con los diferentes materiales de aporte con la finalidad de analizar los cambios en las propiedades mecánicas en las juntas soldadas.
- Determinar las propiedades mecánicas de tracción e impacto bajo el código AWS D1.8 de las juntas soldadas mediante el proceso de soldadura SMAW del acero A 36 con aporte de electrodo comercial E7018-AR y E-7018-SR.
- Evaluar el mejor tipo de soldadura sismo resistente en las juntas soldadas sobre el acero ASTM A-36 mediante el proceso SMAW.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN

2.1. FUNDAMENTACION TEÓRICA

2.1.1. INGENIERÍA EN MATERIALES

La ingeniería de materiales esta principalmente vinculada con el uso de los conocimientos básicos para la conservación de las propiedades en productos necesarios o requeridos por la sociedad [7]. La ingeniería de los materiales se fundamenta en las relaciones propiedades-estructura y diseña o proyecta la estructura de un material para conseguir un conjunto predeterminado de propiedades. Las propiedades de un material se expresan en términos del tipo y magnitud de la respuesta a un estímulo específico impuesto. Las definiciones de las propiedades suelen ser independientes de la forma y del tamaño del material. Se agrupan las propiedades mecánicas en seis categorías importantes: eléctricas, mecánicas, térmicas, magnéticas, ópticas y químicas [8].

A menudo el problema que se presenta es la elección del material más idóneo de entre muchos miles de materiales disponibles. Existen varios criterios en los cuales se basa normalmente la decisión final. En primer lugar, deben caracterizarse las condiciones en que el material prestara servicio, y se anotaran las propiedades requeridas por el material para dicho servicio. El segundo criterio se refiere a la degradación que el material experimenta en servicio. Finalmente, la consideración más convincente es probablemente la económica. Cuando más familiarizados estén los ingenieros o los científicos con las diferentes características y relaciones propiedad-estructura de los materiales, así como las técnicas de su procesado, mayor será su habilidad y confianza para hacer elecciones sensatas basadas en estos criterios [8].

2.1.2. SOLDADURA

En épocas de la antigüedad, los herreros soldaban metales calentándolos, superponiéndolos y golpeándolos, lo llamaban soldadura de fragua y ha sido el único utilizado desde la edad del bronce hasta el siglo XX. En 1800 descubrieron el arco eléctrico, por lo cual dio un gran aporte en avances sobre el tema de la soldadura como el electrodo de carbón o electrodo desnudo, pero sin obtener buenos resultados. En

1900 se crea el electrodo recubierto, con el que obtuvieron mejores resultados y una soldadura mucho más estable, también en el mismo año se esquematiza el soplete para un nuevo sistema de soldadura, en el que se aportaba calor quemando acetileno mezclado con oxígeno, convirtiéndose en un procedimiento utilizado durante mucho tiempo. En 1917 comienza aplicarse la corriente alterna en procesos de soldadura. Las guerras mundiales fue un impulso definitivo a los procedimientos de la soldadura por la necesidad de reparaciones rápidas y fiables además los británicos fueron los primeros en construir un navío totalmente soldado mientras que los estadounidenses usaban la soldadura para reparaciones rápidas de sus barcos. En 1920, se empalman en desarrollar nuevas técnicas con la implementación de gases como medio de protección del metal fundido y nuevos procedimientos semiautomáticos y automáticos. El desarrollo de los procesos de soldadura en los últimos años ha sido muy espectacular, como en otras muchas disciplinas de la técnica y de la industria. Un último método que nos queda por superar es la automatización total de la soldadura con la aplicación de la robótica [9].

Existen cuantiosas definiciones de soldadura: La American Welding Society “AWS”, define a la soldadura como una coalescencia localizada de los metales o no metales creada mediante el calentamiento de los materiales a las temperaturas adecuadas de soldadura, con o sin la aplicación de presión, o mediante la aplicación de presión sola y con o sin la aplicación del material de aporte para la realización de la unión localizada través de fusión o recristalización a lo largo de la intercara [10].

Es la unión de metales por medio de una aleación que funde a una temperatura menos que la de los metales que se van unir. La aleación tiene que resultar más fuertes como estos, pues de otro modo se presentaría la fractura o deformación [11].

El calor adecuado para unir dos piezas metálicas puede obtenerse a través de distintos medios definiéndose en dos grandes grupos: sistemas de calentamiento por combustión con oxígeno de diversos gases llamado soldadura por gas, y los de calentamiento mediante energía eléctrica más comunes están soldadura arco como se muestra en la Figura 2.1. Soldadura por inducción, y soldadura por punto. Las uniones logradas a través de una soldadura de cualquier tipo, se ejecutan mediante el empleo de una fuente de calor “Una llama, sistema de inducción o arco eléctrico”. Para cubrir las uniones entre las piezas o partes a soldar, se utilizan diferentes materiales de aporte

o electrodos y varillas de relleno, realizadas con diferentes aleaciones, en función de los metales a unir [12].

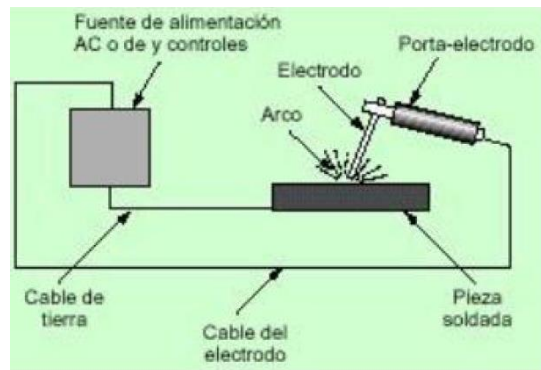


Figura 2.1 Soldadura por arco eléctrico [13].

2.1.3. ARCO DE SOLDADURA

El arco eléctrico es la fuente de calor para varios de los más importantes procesos de soldadura, probablemente porque es una forma sencilla de producir una alta intensidad de calor. Sin embargo, es algo más que una simple forma de fuente calor además cuando es necesario puede disponerse para transferir metal fundido desde el electrodo a las piezas trabajadas [4].

El arco eléctrico es una descarga eléctrica que surge entre dos electrodos que se realiza a través de un gas con partículas ionizadas conocido como plasma. El espacio entre los electrodos puede dividirse en tres regiones: una región central en la cual hay una caída de potencial uniforme y dos regiones adyacentes a los electrodos en las cuales el efecto de enfriamiento de estos se produce una rápida caída de potencial. Estas dos regiones son las caídas anódica y catódica, según la dirección de la corriente [4].

Los gases tienden hacer muy malos conductores de electricidad debido a que sus átomos son muy estables, para que se vuelvan conductores tendrán que ionizarlos, o sea, hacer que sus átomos pierdan algún electrón [4].

El arco eléctrico de soldadura esta sostenida a una alta intensidad de corriente (100-1500) amperios y voltajes relativamente bajos (20-50) V, produciendo energía térmica suficiente (400-4000) cal/seg, mediante un plasma conductor, la cual es muy útil para unir metales por fusión. El arco de soldadura se diferencia por su geometría, lo cual es

invariablemente del tipo punto a plano, su dispersión de la corriente de punto corresponde al electrodo y el plano a la pieza de trabajo [4].

Para realizar una soldadura por arco eléctrico se induce una diferencia de potencial entre el electrodo y la pieza a soldar, con lo cual se ioniza en aire entre ellos y pasa a ser conductor, de modo que se cierra el circuito y se cierra el arco eléctrico. El calor del arco funde parcialmente el material de base y funde el material de aporte, el cual se deposita y crea el cordón de soldadura como se muestra en la Figura 2.2 [4].

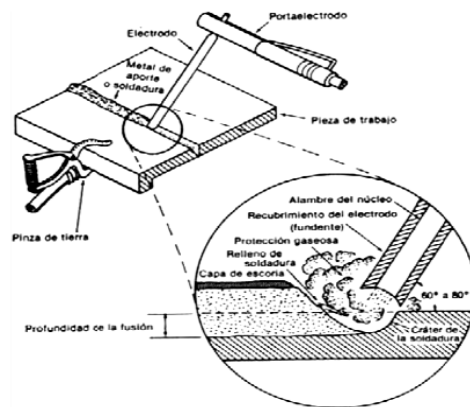


Figura 2. 2 Esquema de soldadura por arco manual con electrodo revestido [4].

La estabilidad del arco eléctrico de soldadura es afectada por varios parámetros como son la longitud del arco, la intensidad de corriente, la velocidad de soldadura, la atmósfera gaseosa, el diámetro de los electrodos, su composición química, la dinámica de la fuente, entre otros [4].

2.1.4. SOLDABILIDAD

La soldabilidad es la facilidad con que un metal se puede realizar la soldadura de sus partes, así como la habilidad de la unión soldada para resistir diferentes condiciones de servicio. Existen varios tipos de soldabilidad como son: soldabilidad operativa, soldabilidad metalúrgica y la soldabilidad constructiva. La soldabilidad operativa determina el que un material pueda o no ser soldado por ende está relacionado con el enlace de los átomos, de las moléculas o de los iones que forman el material. El enlace metálico tiene elevada soldabilidad operativa. La soldabilidad metalúrgica decreta hasta qué punto pueden soldarse dos metales sin que su composición representen inconvenientes graves por fusión, oxidación y tratamiento térmico. Mientras que la soldabilidad constructiva se refiere a la facilidad con que pueden unirse dos metales

para lograr diseños que resistan los esfuerzos a que van hacer sometidos, garantizando su duración [14].

2.1.5. PROPIEDADES MECÁNICAS

Las propiedades mecánicas o propiedades de resistencia mecánica ayudan en la mayoría de los casos como fundamento para determinar el comportamiento sobre un material metálico, con vistas a un fin de aplicación concreto. El comportamiento mecánico de un material refleja la relación entre la fuerza aplicada y la respuesta del material (o sea, su deformación). Conociendo las propiedades mecánicas se puede tener una idea sobre el comportamiento del metal en el proceso de funcionamiento y construcciones. Las propiedades mecánicas de los metales que incluyen gran importancia son la resistencia, la dureza, la ductilidad y la rigidez [8].

Las propiedades mecánicas de los materiales se determinan realizando ensayos cuidadosos de laboratorio que realizan las condiciones de servicio hasta donde sea posible. Los factores que deben considerarse son la naturaleza de la carga aplicada, su duración, así como las condiciones del medio. La carga puede ser una tracción, una cizalladura o una compresión, y su magnitud puede ser constante con el tiempo o bien fluctuar continuamente. El tiempo de aplicación puede ser de solo una fracción de segundo o durar un lapso de varios años. La temperatura de servicio puede ser un factor importante [8].

2.1.6. ENSAYO DE MATERIALES

Se selecciona un material al adecuar sus propiedades mecánicas a las condiciones de servicio requeridas para el componente. El primer paso en el proceso de selección requiere que se analice la aplicación, a fin de determinar las características más importantes que el material debe poseer. ¿Deberá ser resistente, rígido o dúctil? ¿Estará sometido a la aplicación de una fuerza cíclica importante o a una fuerza súbita intensa; a un gran esfuerzo y temperatura elevada o a condiciones abrasivas? Una vez conocidas las propiedades requeridas, se puede seleccionar el material apropiado, utilizando la información incluida en los manuales. Se debe, sin embargo, conocer cómo se llega a las propiedades incluidas en los manuales, lo que dichas propiedades significan y tomar en cuenta que las propiedades listadas se han obtenido a partir de

ensayos y pruebas ideales que pudieran no ser exactamente aplicables a casos o aplicaciones ingenieriles de la vida real [15].

De este modo se estudiarán varios ensayos que se utilizan para medir la forma en que un material resiste una fuerza aplicada. Los resultados de estas pruebas o ensayos serán las propiedades mecánicas de dicho material.

2.1.7. NORMA ANSI/AWS B4.0 MÉTODOS ESTÁNDAR PARA LOS ENSAYOS MECÁNICOS DE LAS SOLDADURAS

Esta especificación establece métodos estándar para el ensayo mecánico de soldaduras. Describe la importancia de cada prueba, los aparatos de prueba, la preparación de las probetas y los procedimientos de prueba. Se proporcionan hojas de resultados de prueba a manera de ejemplo. Está más allá del alcance de este documento definir las propiedades mecánicas o los criterios de aceptación necesarios para el metal de la soldadura [16].

2.1.7.1. ALCANCE DEL ENSAYO DE TRACCIÓN

Esta sección cubre los ensayos de tracción de juntas soldadas.

No especifica propiedades ni criterios de aceptación requeridos.

Cuando se utiliza esta norma como parte de la especificación para una estructura o conjunto soldado o para la calificación, deberá proporcionarse la siguiente información:

- (1) Los tipos específicos y la cantidad de probetas requeridas
- (2) Especificación/identificación del metal base
- (3) Especificación/identificación del material de aporte
- (4) Los valores previstos de una propiedad y si son los requisitos máximos o mínimos
- (5) Ubicación y orientación de las probetas
- (6) Formulario de informe cuando es requerido
- (7) Tratamientos por procesos térmico o mecánicos posteriores a la soldadura, según sean aplicables.

Cuando se especifica, esta norma se aplica a lo siguiente:

(1) Calificación de materiales y procedimientos de soldadura en los que se requieran las propiedades mecánicas especificadas.

La prueba de tensión de las uniones soldadas se realiza mediante una máquina de prueba calibrada y dispositivos siguiendo los procedimientos descritos en la sección

2.1.7.2.MUESTRAS

El tipo de espécimen de prueba se especificará por el código, especificación o documento de fabricación aplicable como se muestra en el (ANEXO B-6). Se recomienda que las muestras de prueba que proporcionan el área transversal más grande se analicen dentro de las capacidades del equipo de prueba disponible. A menos que se indique lo contrario, las muestras especificadas se someterán a pruebas de tracción en la condición en que se recibieron [16].

2.1.8. NORMA ASTM E-08 MÉTODOS DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA TENSIÓN EN MATERIALES METÁLICOS.

Estos métodos de prueba cubren la prueba de tensión de materiales metálicos en cualquier forma a temperatura ambiente, específicamente, los métodos de determinación de la resistencia a la fluencia, el alargamiento del punto de elasticidad, la resistencia a la tracción, la elongación y la reducción del área. Esta norma no pretende señalar todas las cuestiones de seguridad, sí las hay, asociadas con su uso. Es responsabilidad del usuario, esta norma establece prácticas apropiadas de seguridad, salud y determinar la aplicación de las limitaciones reglamentarias antes de su uso [17].

2.1.9. ENSAYO DE TRACCIÓN

El ensayo de tracción es el ensayo mecánico más importante que proporciona la información más completa de la conducta mecánica que cabe esperar de un material sometido a un estado de tensión uniaxial. A través de este ensayo es posible determinar las siguientes propiedades tecnológicas: resistencia mecánica, rigidez, ductilidad, tenacidad y módulo de resiliencia. El ensayo de tracción se aplica una tensión de

tracción uniaxial creciente a velocidad moderada a la vez que se registra el alargamiento que experimenta el material hasta el momento en el que se produce la fractura. Debido a la moderada velocidad de aplicación de la fuerza se considera que el ensayo de tracción es cuasiestático. Antes de realizar el ensayo, es necesario elegir la morfología y las dimensiones correctas de la probeta de ensayo [18].

Las probetas utilizadas en los ensayos de tracción varían en forma considerable. En los metales de sección transversal gruesa, como placas, normalmente se utilizan probetas de 0.50 pulgadas de diámetro como se muestra en la Figura 2.3a. Mientras que, en metales de sección transversal más delgada, como chapas, se utilizan probetas planas Figura 2.3b. La probeta más utilizada en ensayos de tracción tiene una longitud entre marcas de 2 pulgadas [7].

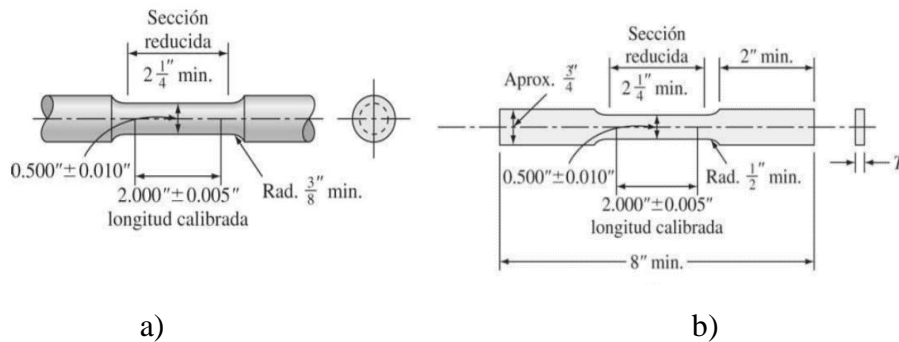


Figura 2. 3a) probeta redonda estándar para tracción de 2 pulgadas de longitud de ensayo. b) probeta rectangular estándar para tracción de 2 pulgadas de longitud de ensayo [7].

La Figura 2.4 nos muestra una máquina para ensayos de tracción y en la Figura 2.5 se ilustra esquemáticamente como se realiza el ensayo a tracción.



Figura 2. 4 Máquina moderna para ensayos de tracción [7].

Máquina para ensayos a tracción. La fuerza (carga) que actúa sobre la probeta se registra en un gráfico en el computador de la izquierda de la imagen. La deformación que sufre la probeta también se registra en el gráfico. La deformación producida se obtiene mediante un extensómetro sujeto directamente a la probeta [7].

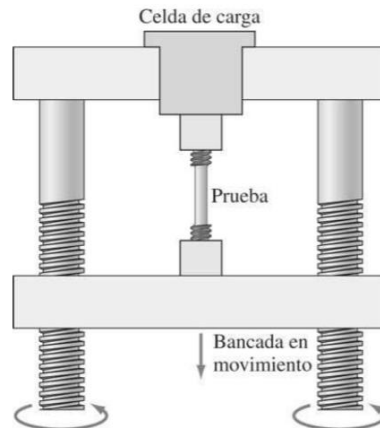


Figura 2. 5 Ilustración esquemática de máquina de ensayo a tracción [7].

Ilustración esquemática que muestra cómo trabaja la máquina de ensayos de tracción, la probeta se monta con sus extremos en las mordazas de la máquina de ensayos de la Figura 2.5. La probeta se va deformando o alargando con una velocidad constante. El ensayo dura varios minutos de manera que la probeta de ensayo es deformada permanente y a menudo rota. Nótese que la bancada superior de la máquina de ensayos de la Figura 2.4 se desplaza hacia arriba [7].

2.1.9.1. DIAGRAMA ESFUERZO-DEFORMACIÓN

El diagrama esfuerzo-deformación para el acero, un material que se usa de manera frecuentemente para fabricar elementos estructurales y mecánicos, el diagrama es fundamental para determinar las propiedades físicas de los materiales. En la curva se pueden identificar cuatro diferentes formas en que se comporta el material como se muestra en la Figura 2.6: comportamiento elástico, cedencia, endurecimiento por deformación y estricción [19].

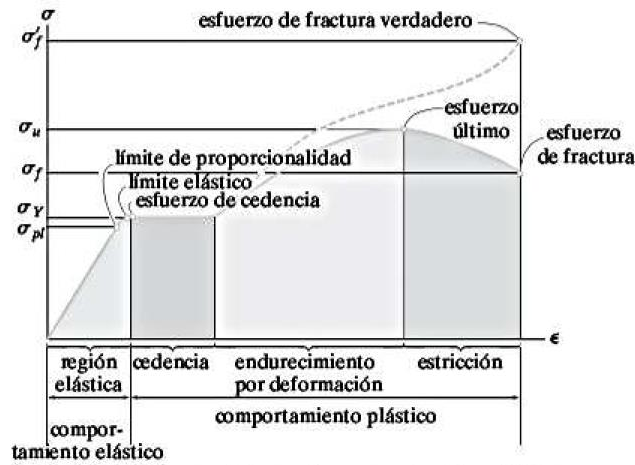


Figura 2. 6 Diagrama de esfuerzo deformación convencional y verdadero para un material dúctil acero [19].

2.1.9.2. PROPIEDADES MECÁNICAS DE LAS PROBETAS ENSAYADAS DE TRACCIÓN

Las propiedades mecánicas de los metales que tienen gran aporte para el diseño estructural en ingeniería, y que pueden obtenerse a partir del ensayo de tracción técnico, son:

- a) Módulo de elasticidad
- b) Limite elástico convencional de 0.2%
- c) Resistencia a la tracción
- d) Porcentaje de alargamiento a fractura
- e) Porcentaje de estricción a fractura

a) Módulo de elasticidad

El módulo de elasticidad o módulo de Young, es la primera parte del ensayo a tracción, el metal se deforma elásticamente. Es decir, si la fuerza que actúa sobre la muestra desaparece, la probeta volverá a su longitud inicial. La deformación elástica máxima para los metales suele ser inferior a 0.5%. Muestra una relación lineal entre la tensión aplicada y la deformación producida en la región elástica del diagrama que se describe por la ley de Hooke [7]. Es la relación entre la tensión realizada y la deformación adquirida en el tramo lineal de la curva tensión deformación (región elástica). Sus unidades son N/mm² o MPa.

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} \quad \text{Ec.1}$$

E= módulo de elasticidad N/mm

σ = tensión de tracción N/mm

ϵ = deformación nominal

b) Limite elástico

Es un valor muy importante para el diseño estructural en ingeniería, ya que es el nivel de tensión al que un metal muestra una deformación plástica significativa. Debido a que no se tiene un punto definido de la curva esfuerzo-deformación donde termina la deformación elástica y por ende empieza la deformación plástica, se determina el límite elástico como la tensión a la que se produce una deformación elástica definida. En muchas circunstancias se determina el límite cuando se obtienen una deformación del 0.2 %, como se muestra en el diagrama convencional de la Figura 2.7 [7].

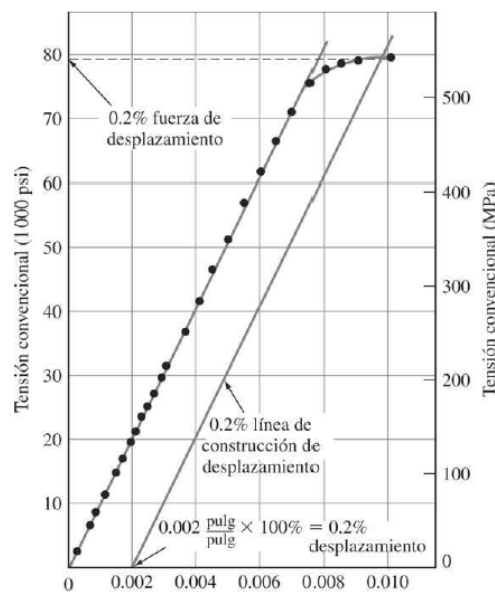


Figura 2. 7 Deformación convencional (pulg/pulg) [7].

c) Tensión de tracción

Se determina a partir de la fuerza o carga aplicada F entre el área de la sección transversal original de la probeta.

$$\sigma = \frac{F}{A_0} \quad \text{Ec.2}$$

Dónde:

σ = esfuerzo o tensión (N/mm²)

F= fuerza aplicada (N)

A_o= área original de la sección transversal (mm²)

d) Porcentaje de alargamiento a fractura

El porcentaje de alargamiento que una probeta a tracción soporta durante el ensayo proporciona un valor de la ductilidad del metal. La ductilidad de metales se puede expresar como porcentaje de alargamiento, por lo general a mayor ductilidad del metal, mayor porcentaje de deformación. Para determinar continuamente la deformación producida durante el ensayo se puede utilizar un extensómetro. La deformación de una probeta después de la fractura se puede medir uniendo las partes y midiendo con un calibre la longitud final [7].

$$\%alargamiento = \frac{l_i - l_0}{l_0} = \frac{\Delta l}{l_0} \quad \text{Ec.3}$$

Donde:

l_0 = longitud original antes de aplicar la carga

l_i = longitud final

No tiene unidades; el valor de la deformación es independiente del sistema de unidades. A veces, la deformación se expresa como porcentaje, el valor se lo multiplica por 100 para obtener en %.

El porcentaje de alargamiento tiene importancia no solo como medida de la ductilidad, sino también como índice de calidad del metal, debido a que, si existe porosidad o inclusiones en el metal, o si existe un deterioro debido a un sobrecalentamiento del mismo, el porcentaje de alargamiento decrecerá por debajo del valor normal [7].

e) Porcentaje de estricción a fractura

La ductilidad de un metal o aleación puede expresarse cuantitativamente en términos de reducción de área o estricción.

$$\%reduccion\ en\ area = \frac{A_o - A_f}{A_o} \times 100\% \quad \text{Ec.4}$$

A_o =área inicial

A_f =área final

El porcentaje de reducción de área es una medida de ductilidad del metal y el índice de su calidad, el porcentaje de reducción en el área se puede disminuir si existen defectos de soldadura en la muestra metálica.

2.1.10. NORMA ASTM E23 MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA PRUEBA DE IMPACTO DE BARRAS DE MATERIALES METÁLICOS

Estos métodos de ensayo de la prueba de impacto se relacionan específicamente con el comportamiento de los de metales cuando se somete a una sola aplicación de una fuerza que resulta en tensiones multiaxiales asociados con una muesca, junto con las altas tasas de carga y en algunos casos con temperaturas altas o bajas. Para algunos materiales y temperaturas de los resultados de las pruebas de impacto en probetas entalladas, cuando se correlaciona con la experiencia de servicio, se han encontrado para predecir la probabilidad de fractura por fragilidad con precisión [20].

2.1.10.1. ALCANCE

Estos métodos de ensayo describen las muescas de ensayo de impacto de los materiales metálicos mediante el ensayo de Charpy y la prueba Izod. Ellos dan los requisitos para: muestras de prueba, procedimientos de prueba, informes de pruebas, máquinas de prueba que verifican las máquinas de impacto Charpy, configuraciones de muestra de prueba opcional, la designación de orientación de la muestra de ensayo, determinando la aparición de fracturas de cizalla. Además, se proporciona información sobre la importancia de las pruebas de impacto con muescas, y métodos de medición del centro de ataque [20].

Estos métodos de ensayo no abordan los problemas asociados con las pruebas de impacto a temperaturas por debajo de -196°C (77 K).

2.1.10.2. ESPECÍMENES DE PRUEBAS

Configuración y Orientación: Las muestras se tomarán a partir del material tal como se especifica en la especificación aplicable.

El tipo de muestra elegido depende en gran medida de las características del material a ensayar. Un espécimen dado puede no ser igualmente satisfactorio para los metales no ferrosos suaves y aceros endurecidos; Por lo tanto, se reconocen muchos tipos de

muestras. En general, se requiere que las muescas más nítidas y más profundas para distinguir diferencias en los materiales muy dúctiles o cuando se utilizan velocidades de ensayo bajos.

Las muestras se muestran en el (ANEXO E-3) son los más utilizados. Son especialmente adecuados para los metales ferrosos, con excepción de hierro fundido.

2.1.11. ENSAYO DE IMPACTO

El material cuando es sometido a un golpe súbito e intenso, en el cual su velocidad de aplicación del esfuerzo es extremadamente grande, el material puede cambiar su comportamiento y tener un comportamiento más frágil comparado con el que se observa en el ensayo de tensión. El ensayo de impacto a menudo se utiliza para evaluar la fragilidad de un material bajo estas condiciones. Se lo puede realizar mediante diferentes procedimientos, incluyendo el ensayo de Izad y el ensayo Charpy [15]. Además, en los casos de Izad y Charpy la rotura se produce por flexión de la probeta, la diferencia radica en la posición de la probeta.

Los ensayos dinámicos y de choque se realizan para medir la resistencia al choque o la tenacidad de los materiales debido a que estas están sometidas a cargas aplicadas que actúan instantáneamente.

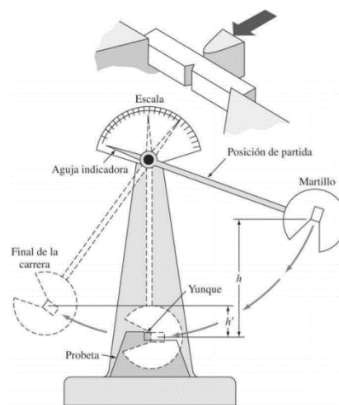


Figura 2. 8 Máquina de ensayo de impacto [7].

Los ensayos dinámicos se realizan en una maquina denominada péndulo de charpy como se muestra en la Figura 2.8, estas se utilizan para los ensayos de probetas normalizadas que están previamente entalladas y ensayadas a flexión en 3 puntos, tienen una disminución de la sección en el centro de la probeta que puede ser en V o en U. Existen normalizados péndulos charpy de tres dimensiones diferentes, que

desarrollan en la caída de 1 kgm, 30 kgm y 300 kgm [21]. Este dispositivo es utilizado en el ensayo para determinar la tenacidad de un material. El péndulo cae sobre el dorso de la probeta y la rompe. En la Figura 2.9, se muestra un esquema donde nos indica la diferencia entre la altura inicial del péndulo (h) y la final tras el impacto (h') permite medir la energía absorbida en el proceso de fracturar la probeta. Así mismo, se mide la energía absorbida en el área debajo de la curva de carga, también su desplazamiento que se conoce como resiliencia. La energía absorbida por el golpe se medirá tomando en cuenta la velocidad que requiere la masa a golpear la probeta que será determinada por la altura del péndulo. Tras la rotura, mientras que la masa continúa su camino hasta llegar a una cierta altura, a partir de la cual se determina la energía absorbida.

Las probetas que se rompen en dos mitades fallan de forma frágil, en cambio aquellas con mayor ductilidad se doblan sin romperse. Esto depende de la temperatura tanto como la composición química, por lo cual esto obliga a realizar probetas a diferentes temperaturas para ser evaluadas [22].

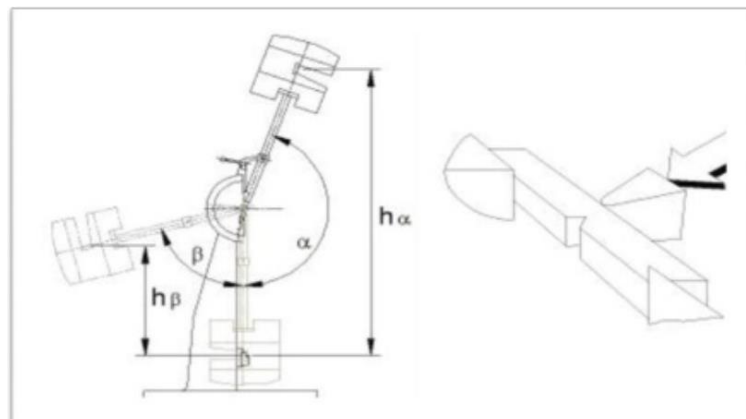


Figura 2. 9 Esquema de un ensayo de impacto [21].

2.1.11.1. TENACIDAD

La energía absorbida por la probeta está dada en Julios (J), se puede medir calculando la diferencia de energía del péndulo antes y después del impacto, mediante la altura a la que llega el péndulo después de romper la probeta.

$$E_{ABS} = m * g(h - h') \quad \text{Ec.5}$$

Donde

h = altura inicial

h' = altura final

m = masa

g = gravedad

2.1.11.2. RESILIENCIA DE UN MATERIAL

Es la cantidad de energía que puede absorber un material, antes de que comience la deformación irreversible, esto es, la deformación plástica. El ensayo de resiliencia sirve para determinar la fragilidad que opone un material.

$$R(\text{resiliencia}) = \frac{E_a}{S} \quad \text{Ec.6}$$

Donde:

E_a = energía absorbida por la probeta

S = sección transversal de la muestra

2.1.12. NORMA ASTM E3-95 PREPARACIÓN DE ESPECÍMENES METALOGRAFICOS

El objetivo principal de los exámenes metalográficos es revelar los componentes y estructura de los metales y sus aleaciones por medio del microscopio de luz. En casos especiales, el objetivo del examen puede requerir el desarrollo de menos detalles que en otros casos, pero, bajo casi todas las condiciones, la selección y preparación de la muestra adecuada es de gran importancia.

2.1.12.1. TAMAÑO DE ESPECÍMENES METALOGRAFICOS

Los especímenes a ser pulidos para examen metalográfico nación son generalmente no más de aproximadamente 12 a 25 mm (0,5 a 1,0 in.) Cuadrado, o aproximadamente 12 a 25 mm de diámetro, si el material es redondo. La altura de la muestra no debe ser mayor de lo necesario para un cómodo manejo durante el pulido ver (Anexo E-4)

2.1.13. ENSAYO METALOGRÁFICO

La metalografía es una disciplina de la ciencia que se encarga de examinar y determinar las características estructurales o constitutivas de un metal o aleación relacionándolas con las propiedades mecánicas y físicas, haciendo uso de varios niveles de magnificación que pueden ir desde 20x hasta 1000000x. El estudio de la metalografía comprende en gran parte la observación de granos, la dirección, el tamaño y la composición de los mismos, además la microestructura revela el tratamiento térmico y mecánico del metal [23].

2.1.13.1. MICROESTRUCTURA

La microestructura de un acero de bajo carbono o de baja aleación al final de la soldadura, la zona fundida presenta una microestructura compleja. La notación de las microestructuras presenta algunas dificultades, producido principalmente de las observaciones morfológicas más que de los detalles de los mecanismos de transformación, ya que son también considerables para un trabajo cualitativo [23].

2.1.13.2. PERLITA

La transformación a temperatura eutectoide en los aceros produce una microestructura llamada Perlita como se muestra en la Figura 2.10. La perlita está formada por una microestructura de capas o laminas alternadas de ferrita y cementita. La microestructura se caracteriza por colonias, dentro de cada colonia las láminas tienen varias orientaciones y espaciado, el espaciado depende de la velocidad de enfriamiento, a mayor velocidad de enfriamiento menor espaciado. Para la perlita, podemos asumir un enfriamiento lento, por debajo de la línea de coexistencia de la horizontal de los 727 grados centígrados quedando en el campo bifásico ferrita-cementita. El nombre se deriva de la apariencia de madreperla al observarse en el microscopio. Mecánicamente, las perlitas tienen propiedades mecánicas entre blanda y dúctil ferrita y la dura y quebradiza cementita. Existen dos tipos de perlitas como son las siguientes la perlita fina, que es dura y resistente, perlita gruesa que es dura y más dúctil es decir que la perlita gruesa es más dúctil que la perlita fina. Cuando esta estructura laminar es muy fina la perlita se puede ser observada en el microscopio como negra. Sin embargo, ambas fases, ferrita y cementita, en condiciones normales de ataque tiene una apariencia blanca. El color oscuro que adquiere es debido a que

tiene un gran número de límites de grano entre la matriz ferrítica y las láminas de cementita. La perlita puede mostrarse de dos formas distintas: perlita laminar es la más frecuente y perlita globular se forma cuando la cementita adopta la forma de glóbulos incrustados en la matriz ferrítica, además es utilizada para ablandar un acero es decir que es menos dura y resistente [7].

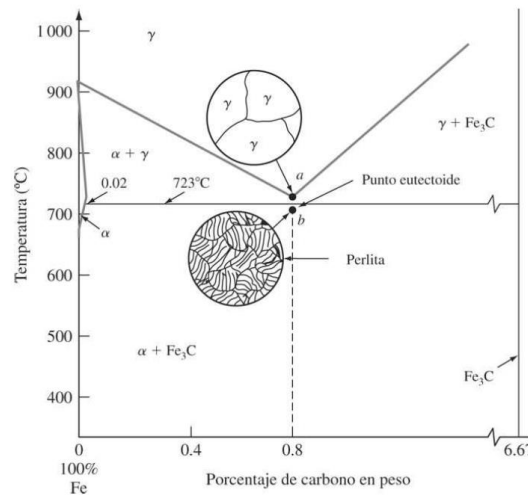


Figura 2. 10 Esquema de la microestructura de un acero eutectoide (0,8 %C) bajo enfriamiento lento [7].

2.1.13.3.LA FERRITA ALOTRIOMÓRFICA

La presencia de ferrita alotriomórfica es la que primero nuclea alrededor de una temperatura de 910 °C en hierro puro, pero puede descender hasta 710 °C en acero de 0.77% C, esta se incrusta en los bordes del grano de la austenita, puede resultar en una importante reducción en la tenacidad de las juntas soldadas de los aceros de baja aleación debido al crecimiento del tamaño de los granos de ferrita α que ofrecen muy poca resistencia a la extensión de fisuras [23].

2.1.13.4.LA FERRITA ACICULAR

Comúnmente es observada en los depósitos de soldadura de aceros de baja aleación. Esta fase es relativamente de importancia tecnológica ya que potencia las propiedades de una microestructura relativamente tenaz y resistente. El termino acicular significa que tiene la forma de aguja, sin embargo, esta aceptado que la ferrita acicular tiene en tres dimensiones una morfología real de finas placas lenticulares que pueden presentar una longitud de 10 μm y un ancho de 1 μm [23].

2.1.13.5.LA FERRITA DE WIDMANSTAETTEN

La ferrita de widmanstaetten presentan una estructura en forma de dos placas mutuamente acomodadas con una pequeña diferencia en sus planos habituales, lo que da la característica morfológica de cuña de la ferrita de Widmanstaetten.

La ferrita de Widmanstaetten se clasifica como se muestra en la Figura 2.11 en: primaria cuando nuclea directamente en los bordes de grano de la austenita, y ferrita de Widmanstaetten secundaria se forma previamente desde cualquier ferrita alotrópica que puede estar presente en la microestructura [23].

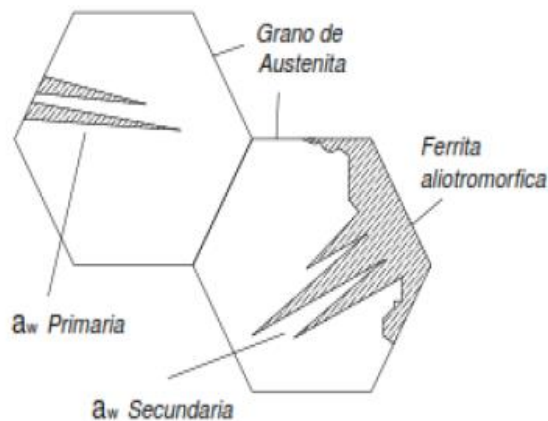


Figura 2. 11 Morfología de la Ferrita de Widmanstaetten primarias y secundarias [23].

2.1.13.6.TAMAÑO DE GRANO

Una de las mediciones micro estructurales cuantitativas más usuales es aquella del tamaño de grano de metales y aleaciones, tiene una gran influencia en las propiedades mecánicas. Los procesos para desarrollar y estimar el tamaño de grano están sintetizados de manera detallada en la norma ASTM E112.

Los principales métodos para el análisis del tamaño del grano estimados por la ASTM son:

- a) Método de comparación.
- b) Método planimétrico.
- c) Método de intersección.

a) Método de comparación

Mediante el método más rápido se encuentra un patrón que coincide con la muestra en estudio y entonces se designa el tamaño del grano del metal por el número correspondiente al número índice del patrón mixto; se trata de manera similar, en cuyo caso se acostumbra especificar el tamaño de granos en términos de dos números de denota el porcentaje aproximado de cada tamaño presente [24].

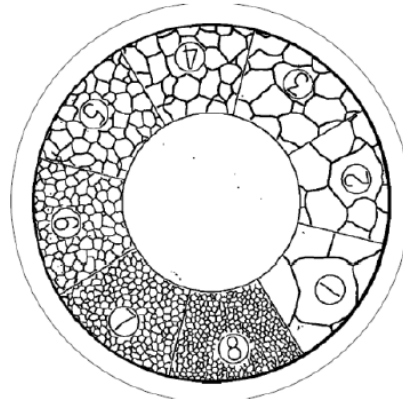


Figura 2. 12 Plantilla de comparación [24].

En la Figura 2.12, se observan las diferentes plantillas de comparación que se utilizan para definir el tamaño de grano. El círculo exterior tiene un diámetro de 175mm, y debe coincidir con el borde de la imagen para respetar las magnificaciones.

El número de cada plantilla corresponde al tamaño de grano “G” si se está observando la probeta con una magnificación de 100x. En caso de utilizar diferente magnificación debe corregirse este valor mediante la suma del factor de corrección Q como se muestra en la Tabla 2.1 [24].

Tabla 2. 1 Factor de corrección Q [24].

Magnificación M	Factor de corrección Q (para Mb= 100x) $Q = 6.64 \text{Log}_{10} \left(\frac{M}{Mb} \right)$
50x	-2
100x	0
200x	2
400x	4

b) Método planimétrico

Es un procedimiento más antiguo para medir el tamaño de grano de los metales y es lento. Consiste en utilizar un círculo de tamaño conocido (generalmente 79,8 mm de diámetro y 500 mm² de área) el círculo es extendido sobre una micrografía o usado como un patrón sobre una pantalla de proyección. Seguidamente se cuenta el número de granos que están completos dentro del círculo y el número de granos que interceptan el círculo para un conteo exacto los granos deber marcados.

La Figura 2.13 muestra en el centro un círculo con una superficie de 5000mm². El círculo exterior tiene un diámetro de 175 mm, y tiene que coincidir con el borde de la imagen para respetar las magnificaciones. El tamaño de grano “G” se calcula a partir de las tablas 4 y 5 de la norma ASTM E112 [24].

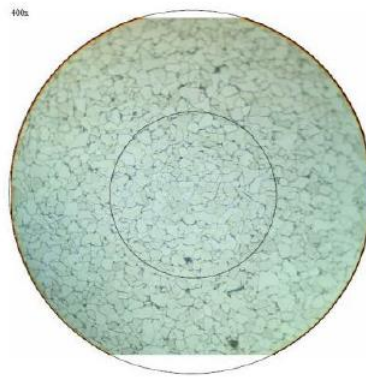


Figura 2. 13 Modo planimétrico [24].

N_A = granos por mm²

N_{interno} = número de granos dentro del círculo

$N_{\text{interceptado}}$ = número de granos interceptados por el círculo

f = numero de jeffries

$$N_A = f \left(N_{\text{interno}} + \frac{N_{\text{interceptado}}}{2} \right) \quad \text{Ec.8}$$

Para una área de 5000 mm² \longrightarrow $f = 0.0002M^2$ (M= magnificación)

c) Método de intersección

El método de intersección tiende hacer más rápido que el método planimétrico debido a que no hay que marcar la micrografía para obtener un resultado exacto. El tamaño

de grano se estima contando mediante una pantalla dividida de vidrio, o por microfotografía sobre la propia muestra que se tiene, los granos que se cuentan son los que son interceptados por una o más líneas rectas. Los granos intersecados por el extremo de una línea se les denomina como medios granos. Para lograr un resultado razonable las cuentas se hacen por lo menos en tres posiciones diferentes. La longitud de línea en milímetro, dividida entre el numero promedio de granos interceptados por ella da la longitud de intersección promedio o diámetro de grano [24].

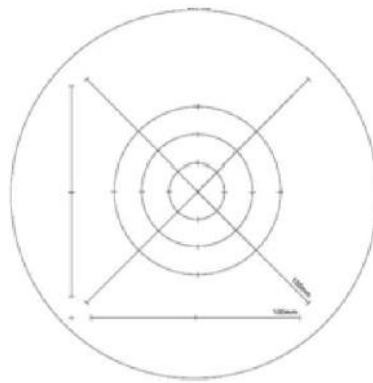


Figura 2. 14 Geometrías aplicadas en la medición del tamaño del grano utilizando el procedimiento de intersección [24].

En la Figura 2.14, muestra diferentes geometrías utilizadas para la medición del tamaño del grano mediante el proceso de intersección. Las cuatro líneas rectas de la imagen corresponden al método de Heyn. Mientras que el método de Hilliard utiliza una circulo generalmente de 100, 200 o 250 mm de perímetro. Los tres círculos de imagen corresponden al método de Abrams (entre las tres suman una longitud de 500mm).

Una intercepción es un segmento de la línea de ensayo que pasa sobre un grano. Una intersección es un punto donde la línea de ensayo es seccionada por un borde de grano. Cualquiera de los dos puede contarse con idénticos resultados en un material monofásico. Cuando se enumeran intercepciones, los segmentos al final de la línea de ensayo que introducen dentro de un grano, son apuntados como media intercepción. Cuando se enumeran intersecciones, los puntos extremos de la línea de ensayo no son intersecciones y no son contados excepto cuando palpan exactamente un borde de un grano, entonces se debe anotarse como media intersección. Una intersección coincidente con la unión de tres granos debe anotarse como uno y medio como nos muestra la Figura 2.15 [24].

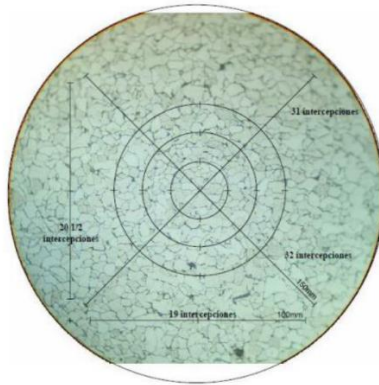


Figura 2. 15 Métodos de intersección [24].

2.1.14. TIPOS DE JUNTAS SOLDADAS

En el proceso de soldadura la preparación de las piezas a soldar es algo muy fundamental ya que esta afecta las caras a unir. Existen 5 tipos diferentes para integrar dos partes de una junta, que se definen a continuación:

2.1.14.1. JUNTAS A TOPE

Es la unión entre dos miembros donde los bordes a soldar, se tocan y están alineados en toda su extensión, formando un ángulo de 180 grados entre sí, se realiza en todas las posiciones.

- a) Junta a tope con bisel recto.
- b) Junta a tope con bisel achaflanados V
- c) Junta a tope con bisel achaflanados en X

a) Junta a tope con bisel recto.

Son juntas donde el bisel de las chapas no requiere ninguna preparación mecánica. Este tipo de juntas es utilizado, en la unión de chapas con espesor no mayores de 6mm, para soldar simplemente se acercan las caras de las piezas, también se consideran estas piezas que no están sometidas a grandes esfuerzos [25].

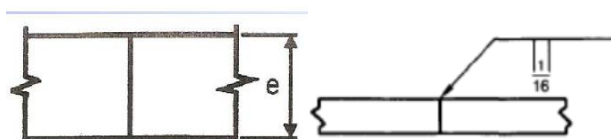


Figura 2. 16 Juntas a tope con bisel recto [26].

b) Junta a tope con bisel achaflanados V

Son juntas en las cuales los biseles de las piezas a soldar, requieren una preparación mecánica, de tal manera que, al unirlos formen un V en entre sí. Es necesario este tipo de juntas en la soldadura de piezas cuyo espesor está entre los 6 y 12 mm, mediante esta preparación se logra obtener una buena penetración de la soldadura, así como también logrando rellenar toda la sección. Este tipo de juntas la sueldan en todas las posiciones [25].

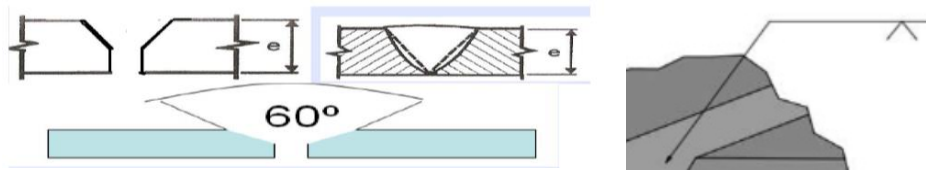


Figura 2. 17 Juntas a tope con bisel achaflanados en V [25].

c) Junta a tope con bisel achaflanados en X

Este tipo de juntas requieren la preparación mecánica que se efectúa por ambos lados de la pieza a soldar, de tal manera que, al unir dichos lados, formen una X entre sí. Este tipo de juntas frecuentemente se utilizan en uniones de piezas que serán sometidas a grandes esfuerzos. Se utilizan para espesores que sobrepasen los 18 mm, se aplica para todas las posiciones las mismas que pueden ser soldadas con facilidad por ambos lados [25].

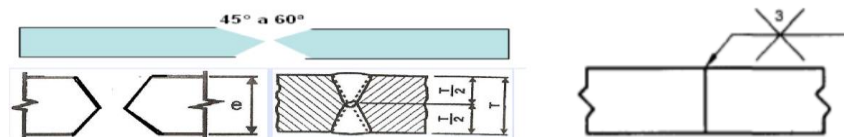


Figura 2.18 Junta a tope con bisel achaflanados en X [25].

2.1.14.2.JUNTAS EN ESQUINA

Es la unión entre dos miembros situados en ángulo recto el uno del otro.

2.1.14.3.JUNTA EN T

Son juntas que forman ángulos interiores y exteriores, en el punto a soldar. Debido a su particularidad, los bordes no requieren preparación mecánica.

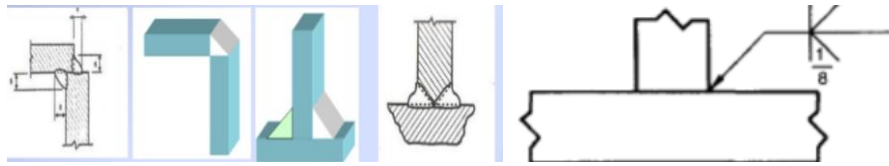


Figura 2.19 Junta en ángulo y en T [26].

2.1.14.4. JUNTA EN TRASLAPE O SOLAPE

Es la unión de dos miembros superpuestos, no requieren de preparación mecánica debido a su configuración, sirven para reforzar las uniones a tope. Se utilizan para chapas de 10 mm de espesor y la solapada será de 60 a 70 mm.



Figura 2.20 Junta de solape [26].

2.1.14.5. JUNTA DE BORDE

Junta entre bordes de dos o más miembros que están paralelos o cercanamente paralelos.

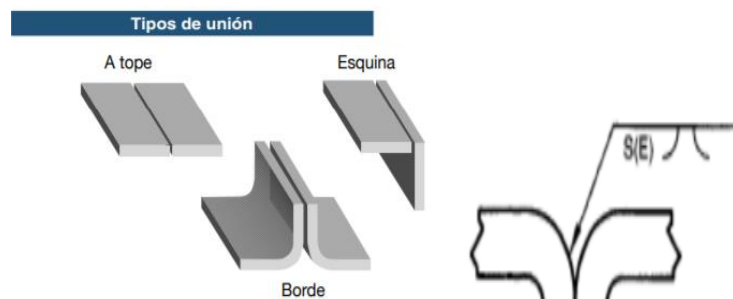


Figura 2.21 Tipos de juntas de soldadura [27].

2.1.15. DISEÑO DE JUNTAS

Las juntas soldadas, independientemente del proceso de unión, se diseñan principalmente por la resistencia y seguridad que requieren los servicios a los que se va a destinar. El diseño de la junta debe permitir que se pueda mantener una extensión del electrodo, sus dimensiones y la forma de los bordes a unir deberán ser tales que permitan la fusión completa y la penetración conjunta completa, debe tener un adecuado acceso a la raíz y que se pueda manipular fácilmente el electrodo durante la

realización de la unión del material base. La Tabla 2.2 indica el diseño de la junta tipo para diferentes procesos de soldadura [13].

Tabla 2.2 Diseño de junta a tope [28].

Soldadura de canal simple-V (2) Junta a tope (B)		Tolerancias						
		Como Detallado (ver 3.13.1)	Como Ajustado (ver 3.13.1)					
		R = +2, -0	+6, -2					
		$\alpha = +10^\circ, -0^\circ$	$+10^\circ, -5^\circ$					
DIMENSIONES EN mm								
Proceso de Soldadura	Designación de Junta	Espesor de Base de Metal (U = ilimitado)		Preparación de Canal		Posiciones de Soldar Permisibles	Gas de Protección para FCAW	Notas
		T ₁	T ₂	Abertura de Raíz	Ángulo de Canal			
SMAW	B-U2a	U	—	R = 6	$\alpha = 45^\circ$	Todas	—	e, j
				R = 10	$\alpha = 30^\circ$	F, V, OH	—	e, j
				R = 12	$\alpha = 20^\circ$	F, V, OH	—	e, j
GMAW FCAW	B-U2a-GF	U	—	R = 5	$\alpha = 30^\circ$	F, V, OH	Requerido	a, j
				R = 10	$\alpha = 30^\circ$	F, V, OH	No req.	a, j
				R = 6	$\alpha = 45^\circ$	F, V, OH	No req.	a, j
SAW	B-L2a-S	50 max.	—	R = 6	$\alpha = 30^\circ$	F	—	j
SAW	B-U2-S	U	—	R = 16	$\alpha = 20^\circ$	F	—	j

2.1.16. POSICIONES DE SOLDADURA

De acuerdo a la designación ANSI/AWS A3.0:2001 las posiciones de soldadura, se refiere exclusivamente del eje de la soldadura en los diferentes planos a soldar. Existen cuatro posiciones ha soldar, es preferible ejecutar una soldadura en posición plana o bajo la mano para facilitar el trabajo del soldador al momento de depositar el material así teniendo una velocidad adecuada, de tal manera reduciendo en gran cantidad los defectos de soldadura. En posición vertical como horizontal es difícil de poder lograr una soldadura adecuada debido a que el charco por la fuerza de gravedad tiende a desprenderse por ende cae sobre el contorno, por esto se da a entender que la posición plana da mejor calidad de soldadura a un menor costo, las posiciones se ejecutan en la posición definitiva de los elementos estructurales, por ello se han desarrollado varias técnicas para distintas posiciones [29].

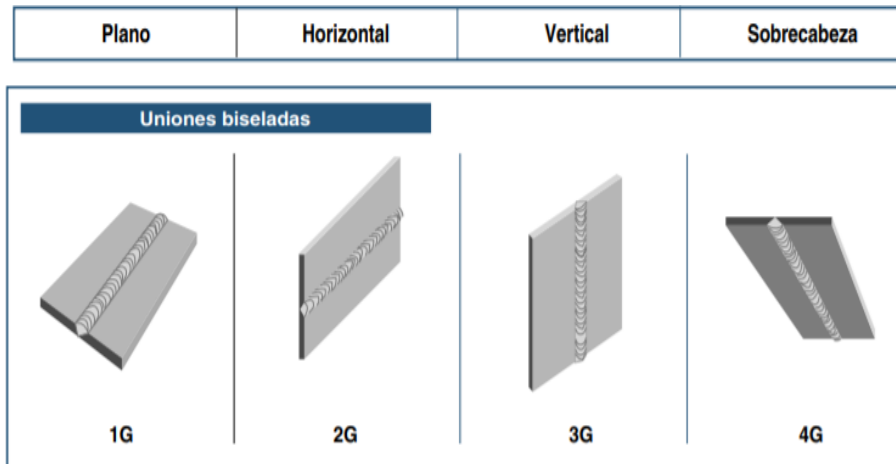


Figura 2.22 Designación de posiciones de acuerdo con ANSI/AWS A3.0:200 [27].

2.1.17. DISEÑO DE CONEXIONES SISMO RESISTENTES, PRECALIFICADAS PARA ESTRUCTURAS DE ACERO

El uso de conexiones precalificadas responde a la necesidad de garantizar un comportamiento dúctil que admita grandes deformaciones cíclicas de un marco no arriostrado debido a las solicitaciones sísmicas.

2.1.17.1. CONEXIÓN CON SECCIÓN REDUCIDA

Las conexiones viga-columna precalificadas, entre las cuales, las más usadas en Chile, Colombia y algunos países como Portugal y China entre otros, son la conexión Bolted Unstiffened End Plate Connection (BUPE) y Reduced Beam Section Connection (RBS) [30]. Además, la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) estructuras de acero toma como referencia el diseño de conexión con viga de sección reducida para la aplicabilidad en sistemas estructurales, por lo cual vendría hacer de gran utilidad en cuanto a la presente investigación, debido que en este diseño de conexión tiende a tener diferentes áreas completamente soldadas.

Una conexión de viga con sección reducida Figura 2.23, consiste en una conexión viga-columna mediante soldadura, que, en un sector acotado de la viga, y cercano a la cara de la columna conectada, se realiza una reducción gradual con dimensiones estandarizadas de las alas de la viga. En esta conexión, las alas de la viga deben ser soldadas al ala de la columna mediante soldadura de penetración completa [30].

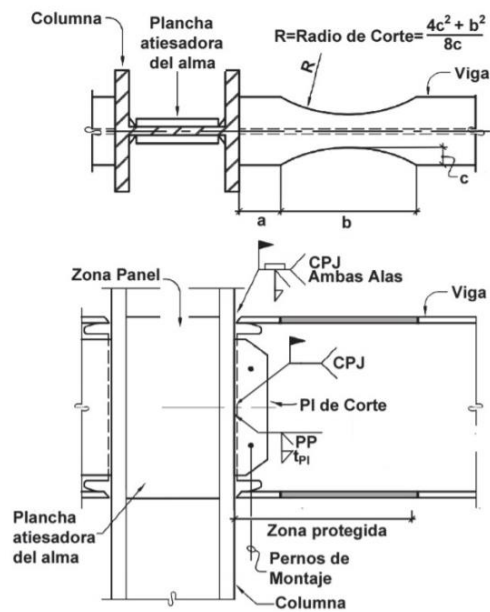


Figura 2.23 Conexión de viga sección reducida [30].

2.1.18. PROCESO DE SOLDADURA

2.1.18.1. SOLDADURA SMAW

El proceso de soldadura SMAW (Shielded Metal Arc Welding) es el más antiguo y más versátil de todos los diferentes procesos de soldadura de arco, es un proceso de unión por fusión de piezas metálicas [31].

Este proceso consiste en utilizar un electrodo (una varilla de soldar) con una determinada capa de recubrimiento, este se realiza cuando una chispa se enciende entre un electrodo y la superficie del metal base (material a soldar), esta forma de soldadura implica sostener una pinza que mantienen a un electrodo en su lugar que proporcionara un determinado tipo de corriente eléctrica, puede ser de tipo continua o alterna. El revestimiento del electrodo puede ser celulósicos, rutílicos y básicos [31].

Entre el electrodo y el metal base se provoca un corto circuito que da lugar al paso de la corriente eléctrica, se eleva el electrodo separándolo del metal base un par de milímetros, permitiendo de ese modo la formación del arco eléctrico, este arco eléctrico puede alcanzar temperaturas alrededor de los (4000 a 5500 °C) depositando el núcleo del electrodo fundido al material base de soldadura, donde de paso genera la combustión de recubrimiento, y una atmosfera permite la protección del proceso, ayudando a evitar la penetración de humedad y posibles elementos contaminantes, por

otro lado en este proceso soldadura produce una forma de capa vidriosa sobre en el cordón de soldadura o también llamado escoria [31].

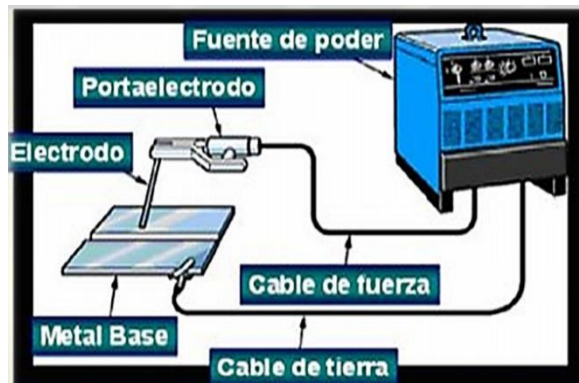


Figura 2.24 Diagrama del equipo de soldadura SMAW [31].

El cordón depositado de la Figura 2.25, esquematiza el proceso, distintas partes y resultado de la aplicación de una soldadura con electrodo revestido [31]:

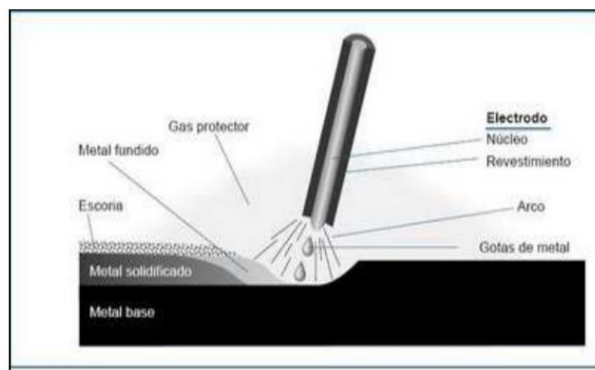


Figura 2.25 Proceso de soldadura [32].

2.1.18.2. CIRCUITO DE SOLDADURA POR ARCO ELÉCTRICO

La corriente circula a partir del borne e la máquina de soldar, donde se sujeta el cable del electrodo 1, y termina en el borne de la máquina, donde se fija el cable de tierra sobre el material base 2. Como se puede contemplar en la Figura 2.26, inicia desde el punto 1 la corriente fluye a la porta electrodo y por este al electrodo; por el extremo del electrodo pasa la electricidad a la pieza formando el arco eléctrico; sigue fluyendo la electricidad por el metal base al cable de tierra 2 y vuelve a la máquina. El circuito está establecido solo cuando el arco se encuentra encendido [33].

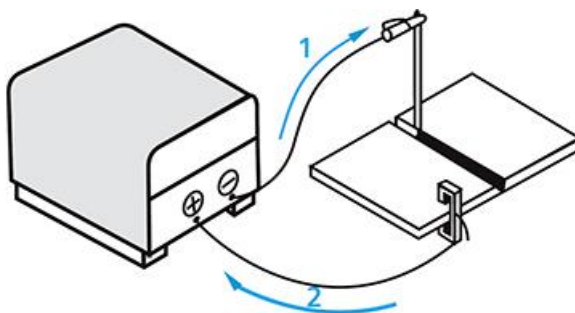


Figura 2.26 Flujo eléctrico [33].

2.1.18.3.VARIABLES DEL PROCESO SMAW

a) Tipo de corriente

El proceso de soldeo por arco eléctrico con electrodos revestidos se puede realizar tanto con corriente alterna como con corriente continua. La elección de una u otra dependerá del tipo de fuente de corriente disponible, del electrodo a utilizar, y del material base [34]. El tipo de corriente de soldadura, la magnitud, la polaridad y los constituyentes de la cobertura del electrodo afectan la rapidez de fusión de los electrodos [4].

- Polaridad negativa DC- o directa cuando el electrodo representa el polo negativo, los electrones circulan del electrodo hacia el material base.
- Polaridad positiva DC+ o inversa cuando el electrodo representa el polo el positivo, los electrones circulan desde el material base hacia el electrodo.

b) Intensidad de soldeo (amperaje)

El amperaje (A) es la cantidad de corriente que fluye a través del arco eléctrico y determina el calor o potencia en el mismo. El amperaje depende del tipo y diámetro del electrodo, de la posición, tipo de junta y se aplica la ley de Ohm. Si utilizan intensidades por encima de los rangos, se producirían mordeduras, proyecciones, efectos de sopleo magnético, e incluso grietas [33].

c) Longitud de arco

La longitud de arco es la distancia entre la punta derretida del núcleo del electrodo y la superficie del charco de soldadura. La longitud de arco correcta a utilizar depende del tipo de electrodo, su diámetro, la composición de su cobertura, posición de

soldadura y el amperaje. Es de gran importancia usar una longitud de arco con una longitud apropiada para obtener resultados en la soldadura de buena calidad [4].

Si el electrodo se mantiene en contacto con la pieza de trabajo mediante un ángulo de inclinación para mantener el arco que se conoce como la técnica de arrastre. Esta técnica es utilizada de manera frecuente para soldar en la posición plana y horizontal, en especial con electrodos en polvo o más grande o de hierro. En caso que se realice el contacto con el metal base y demasiada rapidez el electrodo se tendría a pegar o se congelan al metal [4].

d) Estabilidad de arco

Es una de las propiedades fundamentales para el desarrollo de la soldadura. Cuando se establece un arco con un electrodo revestido determinado, es fundamental alimentarlo a medida que se consume, tratando así de mantener constantemente la longitud del arco, de tal manera poder controlar su dirección y que el proceso de fusión sea continuo y no sea interrumpido. Posteriormente, el uso de la corriente continua va a contribuir a obtener un arco más estable, mientras que para el caso de corriente inversa el arco se va a estabilizar gracias al revestimiento del electrodo [4].

e) Velocidad de desplazamiento

Es la rapidez con la que el electrodo se desplaza a lo largo del metal base. Para obtener una buena soldadura se debe mantener una correcta velocidad, por ende, se debe considerar varios factores para una velocidad correcta como el tipo de corriente de soldadura, amperaje, polaridad, posición de soldadura, rapidez de fusión del electrodo, espesor del material, condición de la superficie del metal base, tipo de unión y técnicas de soldadura [4]. Cuanto mayor es la velocidad de desplazamiento la anchura del cordón es estrecha, menor es el aporte térmico y su enfriamiento es más rápido. Si la velocidad es excesiva se producen problemas durante la retirada de la escoria y se favorece el atrapamiento de gases produciendo defectos de soldadura (poros) [34].

f) Tipo de electrodo

Por lo tanto, existe una variedad de electrodos para soldar una amplia gama de metales. El electrodo para una aplicación determinada se debe seleccionar minuciosamente para proporcionar las características de resistencia necesaria para la unión soldada. Una de

las herramientas más útiles para la selección de electrodos es el electrodo de manuales disponibles en tiendas de productos de soldadura. Estos ayudan a proporcionar información al respecto a la clasificación del electrodo a la aplicación y la facilidad de uso. En general el metal de aporte debe ser compatible con el tipo y la composición del metal base asoldar [33].

g) Orientación del electrodo

La orientación del electrodo es importante para la calidad de soldadura. En la siguiente Tabla 2.3 se relacionan las orientaciones típicas de los electrodos y las técnicas de soldadura con electrodos para acero al carbono, que pueden variar para otros materiales [34].

Tabla 2.3 Orientaciones de los electrodos y técnicas de soldeo típicas en el soldeo manual con electrodos revestidos para aceros al carbono [34].

Tipo de unión	Posición de soldadura	Ángulo de trabajo	Angulo de desplazamiento	Técnicas de soldeo
Chaflán	Plana	90°	5°-10°	Hacia atrás
Chaflán	Horizontal	80°-100°	5°-10°	Hacia atrás
Chaflán	Ascendente	90°	5°-10°	Hacia adelante
Chaflán	Bajo techo	90°	5°-10°	Hacia atrás
Ángulo	Horizontal	45°	5°-10°	Hacia adelante
Ángulo	Ascendente	35°-55°	5°-10°	Hacia adelante
Ángulo	Bajo techo	30°-45°	5°-10°	Hacia atrás

2.1.18.4.MOVIMIENTO DEL ELECTRODO EN LA SOLDADURA

Esta designación abarca a los movimientos que se realizan con el electrodo a medida que se avanza en una soldadura. Cuando se aporta metal aplicando el sistema de arco protegido, resulta tan a menudo querer realizar una soldadura más ancha que un simple cordón de soldadura, para obtener cordones anchos y bien formados se consiguen oscilando el electrodo de lado a lado en sentido transversal, existen varios tipos de oscilaciones laterales. Cualquier movimiento elegido o aplicado, deberá ser uniforme

para conseguir con ello una costura cerrada, y así facilitar el desprendimiento de la escoria una vez finalizada la soldadura. En la Figura 2.27 se detallan cuatro movimientos clásicos. De los cuales el más común en una aplicación de soldadura es el de la letra A, aunque los movimientos C Y D resultan más adecuados para realizar soldaduras en metales de mayor espesor [12].

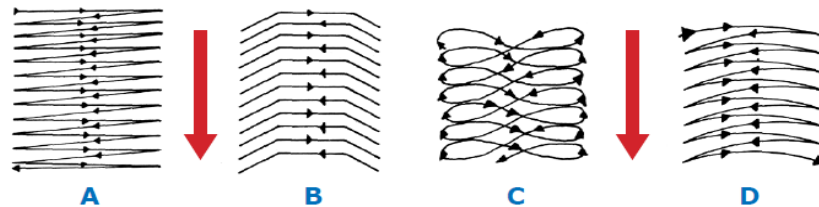


Figura 2.27 Movimiento del electrodo para realizar una costura [12].

2.1.19. ELECTRODOS PARA SOLDADURA DE ARCO

2.1.19.1.ELECTRODO

En este proceso el electrodo es un elemento fundamental, un electrodo es un conductor eléctrico, en el cual uno de sus extremos actúa como medio de transmisión. Si a un conductor se le aumenta el paso de corriente, se calienta y se funde, al fundirse se desprende en pequeñas gotas que una vez lejos del conductor se solidifican. Estas gotas al depositarse en otro metal se unirán formando así una soldadura. En la soldadura a menudo el material del electrodo es del mismo tipo del metal base, pero en otros casos son diferentes al metal base [33].

La varilla metálica especialmente preparada para servir como material de aporte en los procesos de soldadura por arco. Se fabrica de material ferroso y no ferroso, existen dos tipos: electrodo revestido y electrodo desnudo [25].

2.1.19.2.DIÁMETRO DEL ELECTRODO

El diámetro de electrodo correcto es aquel que, usado con la intensidad, tensión del arco y velocidad de desplazamientos correctos, produce una soldadura de tamaño requerido en el tiempo más corto posible. El diámetro a escoger dependerá en gran medida del espesor del material a soldar, la posición de soldadura y el tipo de unión [4]. Los electros de mayor diámetro se seleccionan para soldadura de materiales de gran espesor y para soldadura de posición plana, mientras que en la soldadura en posición horizontal, vertical y sobre cabeza, el baño de fusión tiende a caer por efecto

de gravedad, este efecto es tanto más acusado y tanto más difícil de mantener el baño en su sitio, cuanto mayor es el volumen de este, es decir, cuanto mayor es el diámetro del electrodo, por lo que en estas posiciones convendrá utilizar electrodos del menor tamaño.

En el soldeo con pasadas múltiples el cordón de raíz conviene efectuarlo con un electrodo de pequeño diámetro, para conseguir el mayor acercamiento posible del arco al fondo de la unión y asegurar una buena penetración [25].

2.1.19.3. CARACTERÍSTICAS DE LOS ELECTRODOS REVESTIDOS

Tiene un factor de gran importancia para obtener buenos resultados en la soldadura. El electrodo revestido consiste en una varilla de metal, denominada alma, trefilada o fundida, que conduce la corriente eléctrica y proporciona el metal de aporte para llenar la junta como se indica en la Figura 2.28. Esta varilla se cubre con un revestimiento formado por mezcla de diferentes materiales o polvos mezclados metálicos o no metálicos, que tiene varias funciones en la soldadura tales como de ajustar la composición química del cordón mediante la adición de elementos de aleación; la protección del charco de soldadura de la contaminación externa; dar características operativas y propiedades mecánicas al electrodo y a la soldadura. Además de estos, el revestimiento juega un papel muy importante en el mantenimiento de la estabilidad del arco. Los gases de combustión procedentes de la capa son más fácilmente ionizables que el aire circundante, haciendo así más fácil el mantenimiento del arco de abertura; incorporando la minimización del golpe magnético [4].

Se elaboran electrodos de acero, de metales no ferrosos y de sus aleaciones con la superficie recubierta, de tungsteno, de carbón o grafito y de fundición [4].

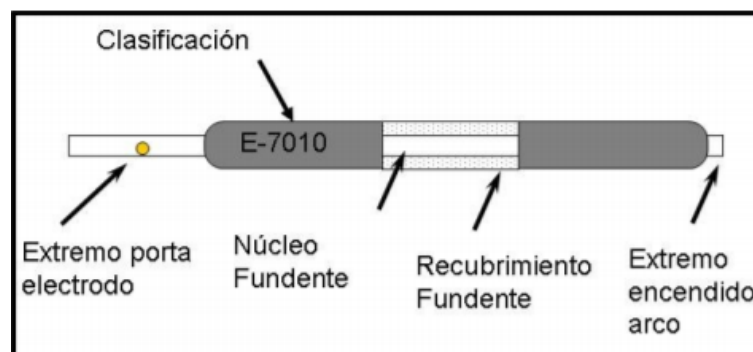


Figura 2.28 Diagrama del electrodo [35].

2.1.19.4.RECUBRIMIENTO DE LOS ELECTRODOS

El revestimiento es un material que está compuesto por distintas sustancias químicas. Tiene las siguientes funciones:

- a) Dirige el arco conduciendo a una fusión equilibrada y uniforme.
- b) Produce una escoria que cubre el metal de aporte, evitando el enfriamiento brusco y también el contacto del oxígeno y del nitrógeno.
- c) Comprende de determinados elementos para obtener una buena fusión con los distintos tipos de materiales.
- d) Contribuye al baño de fusión elementos químicos que darán al metal depositado las distintas características para las cuales fue formulado.
- e) Estabiliza el arco [4].

Los recubrimientos de los electrodos pueden ser: básicos o de bajo hidrogeno que contienen en su revestimiento calcita y la fluorita. Rutílicos su componente principal del revestimiento de estos es el óxido de titanio, rutílico. Celulósico el revestimiento de este tipo de electrodos es la celulosa generando gran cantidad de dióxido de carbono y oxígeno, lo cual da muy buena protección gaseosa [4].

2.1.19.5. CLASIFICACIÓN DE LOS ELECTRODOS SEGÚN AWS

Los electrodos revestidos se clasifican de acuerdo con las especificaciones difundidas según American Welding Society (AWS), se muestra en la siguiente Tabla 2.4:

Tabla 2.4 Clasificación de electrodos [33].

TIPO DE ELECTRODO	ESPECIFICACIÓN DE LA AWS
Electrodos de acero al carbono	AWS-A.5.1
Electrodos de aceros de baja aleación	AWS-A.5.5
Electrodos de aceros inoxidables	AWS-A.5.4

Los electrodos se clasifican de acuerdo con los siguientes criterios como es la composición química, propiedades mecánicas del metal depositado, además también se clasifican de acuerdo con el tipo de corriente a utilizar y posiciones de soldadura aconsejables.

2.1.19.6.ESPECIFICACIONES DE ELECTRODOS REVESTIDOS

La especificación AWS 5.1, para los electrodos de soldadura en aceros al carbono, trabaja con la siguiente nomenclatura, en la Figura 2.29 se muestra la clasificación de los electrodos:

E XXYZ-1 HZR

E: nos da a conocer que se trata de un electrodo para soldadura eléctrica manual.

XX: dos dígitos que nos indican la mínima resistencia a la tracción del metal depositado, en Ksi, o MPA.

Y: el tercer dígito designa la posición en la que se puede soldar con el electrodo que vamos a realizar la soldadura. El 1 nos indica todas las posiciones, 2 plana y horizontal mientras que el 4 nos indica que se puede aplicar todas, pero especialmente para vertical descendente.

Z: el último dígito, nos indica el tipo de corriente eléctrica y polaridad como mejor trabaja el electrodo, además el tipo de revestimiento.

Los dígitos después del guion son opcionales:

1: Designa que el electrodo (E-7016, E-7018 ó E-7024) cumplen con los requisitos de impacto mejorados E y ductilidad mejorada en el caso E-7024.

HZ: indica que el electrodo cumple los requisitos de la prueba de hidrogeno difusible para niveles de "Z" de 4.8 o 16 ml de H2 por 100gr de metal depositado (solo para electrodos de bajo hidrogeno).

R: indica que el electrodo cumple los requisitos de la prueba de absorción de humedad a 80 °F y 80% de humedad relativa (solo para electrodos de bajo hidrogeno) [36].

Clasificación AWS		Tipo de revestimiento	Posición a soldar	Corriente y polaridad
A5.1	A5.1M			
E-6010	E-4310	Celulósico sódico	P, V, SC, H	CCEP
E-6011	E-4311	Celulósico potásico	P, V, SC, H	CA, CCEP
E-6012	E-4312	Rutilico sódico	P, V, SC, H	CA, CCEN
E-6013	E-4313	Rutilico potásico	P, V, SC, H	CA, CCAP
E-6018	E-4318	Potásico, BH - HP	P, V, SC, H	CA, CCEP
E-6019	E-4319	Óxido de hierro, rutilico potásico	P, V, SC, H	CA, CCAP
E-6020	E-4320	Óxido de hierro	H	CA, CCEN
			P	CA, CCAP
E-6022	E-4322	Óxido de hierro	P, H	CA, CCEN
E-6027	E-4327	Óxido de hierro, HP	H	CA, CCEN
			P	CA, CCAP
E-7014	E-4914	Rutilico, HP	P, V, SC, H	CA, CCAP
E-7015	E-4915	Sódico, BH	P, V, SC, H	CCEP
E-7016	E-4916	Potásico, BH	P, V, SC, H	CA, CCEP
E-7018	E-4918	Potásico, BH - HP	P, V, SC, H	CA, CCEP
E-7018M	E-4918M	BH - HP	P, V, SC, H	CCEP
E-7024	E-4924	Rutilico, HP	P, H	CA, CCAP
E-7027	E-4927	Óxido de hierro, HP	H	CA, CCEN
			P	CA, CCAP
E-7028	E-4928	Potásico, BH - HP	P, H	CA, CCEP
E-7048	E-4948	Potásico, BH - HP	P, V-down, SC, H	CA, CCEP

Nomenclatura	CC: Corriente continua	EP: Electrodo positivo	P: Plana
HP: Hierro en polvo	CA: Corriente alterna	EN: Electrodo negativo	V: Vertical
BH: Bajo hidrógeno	AP: Ambas polaridades	SC: Sobrecabeza	H: Horizontal

Figura 2.29 Clasificación de electrodos AWS A-5.1 [36].

2.1.19.7. ELECTRODOS DE BAJO CONTENIDO DE HIDRÓGENO

Los electrodos de acero al carbono de la serie 70, tienen 2 niveles de resistencia mecánica, así la resistencia a la tracción es de 72 Ksi (496 MPa) aunque un alargamiento adicional puede acceder a que baje hasta 70 Ksi (483 MPa).

El revestimiento de los electrodos de este tipo, contienen sustancias químicas con bajo contenido de humedad, celulosa y por lo tanto de hidrogeno. Los minerales del revestimiento están limitados a compuestos inorgánicos tales como el fluoruro de calcio, silicato de magnesio, aluminio y carbonato de calcio, las aleaciones ferrosas y los aglutinantes como los silicatos de sodio y potasio [4].

El hidrogeno produce baja ductilidad y el agrietamiento de la franja inferior que en ocasiones se observan en soldaduras muy restringidas. Por esta razón, los electrodos de bajo hidrogeno se usan para soldar aceros endurecibles; asimismo se usan para soldar aceros de bajo azufre para aportar metal de soldadura con buena tenacidad de muesca a baja temperatura [4].

La norma AWS A5.1 fija un límite para el contenido de humedad de estos electrodos, este valor en promedio debe ser de 8mL/100g de metal depositado. Para controlar la humedad es necesario llevar acabo almacenamientos correctos.

a) Electrodo E-7018 AR

El electrodo E7018 de diseño de bajo hidrogeno tiene un recubrimiento con 30% de hierro pulverizado color gris, pueden trabajar ya sea CC O CA de polaridad invertida. Su contenido de carbono de calcio proporciona los gases protectores; el fluoospato actúa como formador de escoria; el polvo de hierro estabiliza el arco.

En la Tabla 2.5 se detalla la composición química del electrodo, se muestran los valores que se utiliza en este proyecto.

Tabla 2.5 Composición química del electrodo E-7018 AR. Fuente: Autor.

Elemento	C	Mn	Si	P	S
%	0,09	1,05	0,55	0,020	0,015

Posteriormente en la Tabla 2.6 se compilo las propiedades más importantes del electrodo anteriormente mencionado, tomando en cuenta los siguientes valores en este proyecto.

Tabla 2.6 Descripción de propiedades del electrodo E-7018 AR. Fuente: Autor.

PROPIEDAD	REQUERIMIENTOS	ENERGIA ABSORVIDA
Resistencia ala tracción	71Ksi-490 MPa	135J a-30C
Límite de fluencia	58Ksi-400 MPa	
Alargamiento	22%	

Tienen una capa de revestimiento ligeramente más gruesa que otros tipos de bajo hidrogeno que lo hace más fácil su uso. Como el revestimiento o recubrimiento de estos electrodos es mayor espesor que lo normal, las soldaduras verticales y hacia arriba se utilizan electrodos de diámetro pequeño. Posee una penetración no muy completa pero el cordón lograra una alta resistencia a los esfuerzos absorbidos. Son utilizados frecuentemente para soldaduras de relleno y acabado [4].

b) Electrodo E-7018 SR

El electrodo E7018-SR, está diseñado de bajo hidrogeno con hierro en polvo con un revestimiento de color gris, diseñado para soldadura en todas posiciones con tipo de corriente continua de polaridad inversa. Contiene tres elementos químicos adicionales a comparación con el electrodo comercial usualmente aplicable en soldaduras, además

están diseñados para soldaduras críticas aplicables en uniones viga-columna, tiene una elevada resistencia al impacto.

En la Tabla 2.7 se detalla la composición química del electrodo, se muestran los valores que se utiliza en este proyecto.

Tabla 2.7 Composición química del electrodo E-7018 SR. Fuente: Autor.

Elemento	C	Mn	Si	P	S	Cr	Mo	Ni
%	0,06	1,49	0,738	0,009	0,010	0,044	0,013	0,042

Posteriormente en la Tabla 2.8 se compilo las propiedades más importantes del electrodo E-7018 SR, tomando en cuenta los siguientes valores en este proyecto.

Tabla 2. 8 Descripción de propiedades del electrodo E-7018 SR. Fuente: Autor.

PROPIEDAD	REQUERIMIENTOS	ENERGÍA ABSORVIDA
Resistencia ala tracción	77Ksi-534 MPa	180J a 20C
Límite de fluencia	65Ksi-448 MPa	
Alargamiento	32%	
Tratamiento térmico	S/TT	

2.1.20. DISCONTINUIDADES Y DEFECTOS DE SOLDADURA

Mientras tanto una discontinuidad se define como la falta de continuidad; falta e cohesión o unión, es la interrupción en la estructura física normal del material o producto. Un defecto es una discontinuidad cuyo tamaño, forma, orientación, ubicación o propiedades puede comprometer el comportamiento de la estructura para el propósito que fue diseñada, siendo admisibles bajo el criterio de alguna norma específica.

2.1.20.1.POROSIDAD

Se usa para presenciar y describir los huecos globulares que se encuentran con frecuencia en los cordones de soldadura como se presenta en la Figura 2.30, en concordancia las porosidades son poros de gas o huecos en el metal de soldadura. Como consecuencia de la formación de gases debido a la reducción de solubilidad al descender la temperatura y por reacciones químicas que ocurren durante la soldadura [4].

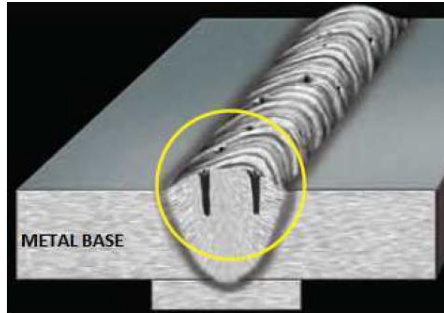


Figura 2.30 Porosidad en soldadura [4].

2.1.20.2.FUSIÓN INCOMPLETA

La penetración deficiente o reducida produce una falta de fusión, se forma franjas adyacentes en ambos lados de la pieza de trabajo como en el metal de soldadura, o el metal de soldadura con el metal base, ocurre en cualquier lugar del surco de soldadura, hasta en la raíz de la misma unión como se muestra en la Figura 2.31 [4].

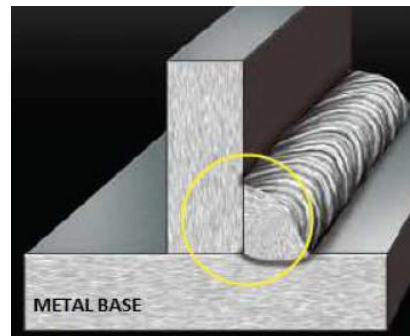


Figura 2.31 Fusión incompleta cordón de soldadura [4].

2.1.20.3.FALTA DE PENETRACIÓN

Se puede describir este defecto en que el metal depositado y metal base no se funde en forma integral en la raíz de la soldadura a causa de que el metal de soldadura no llegue a la raíz por insuficiente separación o una corriente insuficiente que no alcanza la temperatura de fusión como se indica en la Figura 2.32 [4].

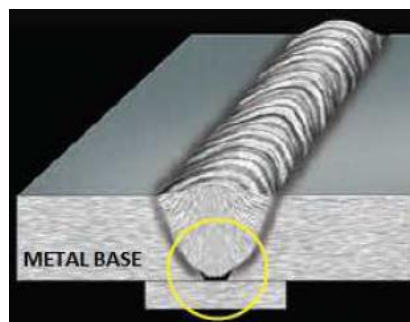


Figura 2.32 Falta de penetración cordón de soldadura [4].

2.1.20.4.INCLUSIONES DE ESCORIA

En la Figura 2.33 se muestra inclusiones de escoria en la soldadura esto sucede cuando los óxidos y solidos no metálicos se quedan en el cordón de soldadura entre franjas adyacentes o el metal de soldadura y el metal base [4].

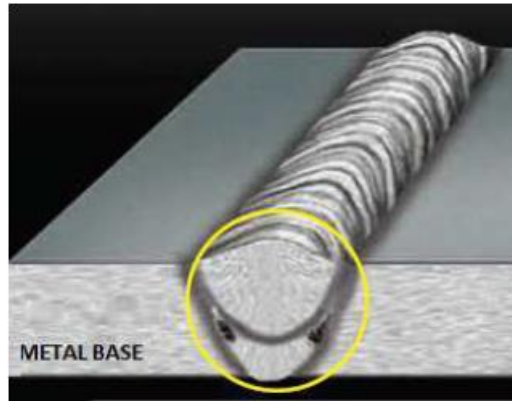


Figura 2.33 Inclusiones de escoria en la soldadura [4].

2.1.20.5.SOCAVAMIENTO

Se emplea este término para describir cuando una parte de la unión no está llena por completo con el cordón del electrodo para la soldadura, también la socavación reduce el área transversal en el metal base, en la línea en que se unió por fusión el ultimo cordón de la soldadura, demostrando esquemáticamente en la siguiente Figura 2.34 [4].

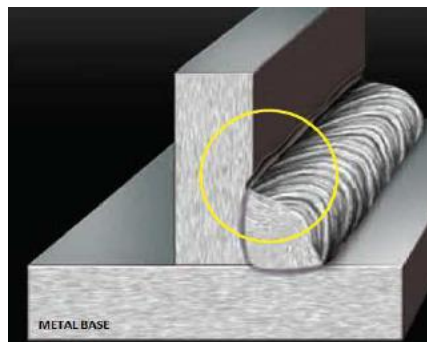


Figura 2.34 Socavamiento cordón de soldadura [4].

2.1.20.6.GRIETAS O FISURAS

El agrietamiento de las juntas soldadas ocurre por la presencia de esfuerzos multidireccionales localizados, que en algún punto rebasan la resistencia máxima del metal. Cuando se rasgan grietas durante la soldadura como resultado de estas se

produce una ligera deformación de la pieza de trabajo como se indica en la Figura 2.35 [4].

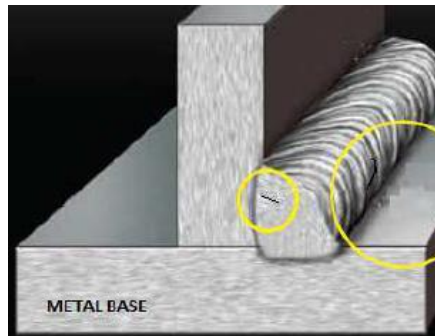


Figura 2.35 Grietas cordón de soldadura [4].

2.1.21. ACERO AL CARBONO ASTM A-36

La designación A-36 fue establecida por el ASTM. El acero ASTM A-36 es un material estructural que por sus características y propiedades se ha convertido en el más usado por la industria ecuatoriana; este material es fundamentalmente una aleación de hierro con un 98%, con contenidos de carbono menores al 1%, lo que facilita el proceso de moldeo del acero, además posee de otras pequeñas cantidades de minerales como manganeso, para mejorar su resistencia, y fósforo, azufre, vanadio y sílice para mejorar su soldabilidad y resistencia a la intemperie. El acero es muy utilizado para la construcción de maquinaria, herramientas, edificios y obras públicas; por la variedad que presentan y sobre todo por la disponibilidad en el mercado. A pesar de su susceptibilidad a la intemperie y al fuego es el material más usado, por su facilidad de ensamblaje y costo razonable. Las aplicaciones comunes del acero estructural en la construcción incluyen perfiles estructurales de secciones: I, T, H, L usadas e instalaciones para industrias y edificios [37].

Una ventaja muy importante de este material es que tiene un comportamiento lineal y elástico hasta la fluencia, lo que hace que sea predecible en las estructuras y por lo tanto el más usado en la industria. Al existir una gran variedad de aceros por las características de la composición y de las aleaciones se ha impuesto ciertas normas que los regulan, estas son impuestas por cada país, cada fabricante de acero, y también por los compradores de este material [5].

2.1.21.1. PROPIEDADES Y CARACTERÍSTICAS

Todos los materiales tienen propiedades y características inherentes que los diferencia uno del otro, entre las principales propiedades se tienen: eléctricas, mecánicas, químicas, físicas, magnéticas y térmicas, están en función de su composición. Las propiedades son aquellas que tiene que ver con el comportamiento de un material bajo fuerzas aplicadas, estas dependen de la composición química y de la estructura cristalina que tenga, y se expresan en cantidades que están en función de los esfuerzos y/o deformaciones [5].

En la siguiente tabla se detalla la composición química del acero, se muestra los valores que se utiliza en el presente proyecto.

Tabla 2.9 Composición química del acero A-36 [5].

Elemento	C	Cu	Fe	Mn	P	S
%	0,25	0,02	99	0,8-12	0,04Max	0,05Max

En la siguiente tabla se compilo los datos de las propiedades más importantes del acero ASTM A-36, tomando en cuenta los siguientes valores en este proyecto.

Tabla 2.10 Descripción de las propiedades del acero ASTM A36 [5].

PROPIEDAD	VALOR	UNIDADES
Densidad	7,875	gr/cm ³
Límite de fluencia	32-36(250-280)	Ksi(MPa)
Resistencia a la tensión	58-80(400-550)	Ksi(MPa)
Módulo de elasticidad	29000(200)	Ksi(MPa)
% de elongación mínimo	20	%
Punto de fusión	15	°C

2.1.22. NORMA AWS

El termino norma es empleado por la AWS, ASTM, ASME y el ANSI, se aplica de manera indistinta a especificaciones, métodos, códigos, practicas recomendadas, definiciones y términos, clasificaciones y símbolos gráficos que han sido aprobados por un comité patrocinador (vigente) de cierta sociedad técnica y adoptados por esta.

El código es un conjunto de reglamentos organizados sistemáticamente con el fin de definir las condiciones sobre el diseño, materiales, fabricación, construcción, personal,

montaje, instalación, inspección, procedimiento, reparación, mantenimiento de instalaciones y operación, equipos, estructuras y componentes específicos [23].

2.1.22.1.CÓDIGO DE SOLDADURA ESTRUCTURAL SUPLEMENTO SISMICO AWS D1.8

Este código complementa los requisitos de la AWS D1.1, Código de soldadura estructural: acero. Este código, junto con AWS D1.1, está destinado a ser aplicable a uniones soldadas en sistemas de resistencia a la fuerza sísmica (SFRS), y especifica los materiales, procedimientos y mano de obra aceptables para la construcción de uniones soldadas, diseñadas de acuerdo con las disposiciones sísmicas de AISC, así como los procedimientos y criterios de aceptación para el control de calidad e inspección de aseguramiento. Las cláusulas 1 hasta la 7 constituyen un conjunto de reglas para la regulación de la soldadura en sistemas de resistencia de fuerza sísmica. Hay siete anexos obligatorios en este código. En el código también se incluye un comentario. Las cláusulas que consta este documento se enlistan a continuación [38]:

Sección 1: requerimientos generales.

Sección 2: documentos de referencia.

Sección 3: definiciones

Sección 4: detalles de conexión de soldadura.

Sección 5: calificaciones de soldador.

Sección 6: fabricación.

Sección 7: inspección.

Siguiendo a estas secciones consta con ocho anexos normativos (obligatorios) como se describe a continuación:

Anexo A: evaluación en los procedimientos de soldadura WPS en la envoltura de la entrada de calor a metales de aporte para soldaduras de demanda crítica.

Anexo B: evaluación de inter mezcla CVN de combinaciones de metales de aporte (donde uno de los metales de aporte es FCAWS)

Anexo C: calificaciones suplementarias del soldador para soldadura de acceso restringido.

Anexo D: evaluación suplementaria para límites de exposición extendidos para los metales de aporte en FCAW.

Anexo E: evaluación ultrasónica suplementaria para el técnico.

Anexo F: procedimientos suplementarios para la evaluación de partículas magnéticas

Anexo G: dimensionamiento de fallas mediante pruebas ultrasónicas.

Anexo H: Pautas para la preparación de consultas técnicas para el comité de soldadura estructural.

Finalmente, para concluir el documento se encuentra un extenso comentario que proporciona material de respaldo y explica la intención del comité de soldadura estructural detrás de muchas de las provisiones [39].

2.2. HIPÓTESIS

Mejorará las propiedades mecánicas de una junta sismo resistente utilizando materiales de aporte comercial E7018-AR y E7018-SR sobre un acero ASTM A 36.

2.3. SEÑALAMIENTO DE LAS VARIABLES

2.3.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

Junta sismo resistente utilizando materiales de aporte comercial E7018-AR y E7018-SR sobre un acero ASTM A 36, aplicando el código AWS D1.8 - D1.8M.

2.3.2. VARIABLE DEPENDIENTE

Propiedades mecánicas

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1. NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN

Para el presente trabajo de investigación se empleó los siguientes niveles de investigación:

3.1.1. INVESTIGACIÓN EXPLORATORIA

Para nuestra investigación se seleccionó este tipo de investigación con la finalidad que nos permita reconocer las variables de interés investigativo, para realizar comparaciones de las propiedades mecánicas de uniones soldadas sismo resistente utilizando materiales de aporte comercial E7018-AR Y E7018-SR en aceros al carbono A36, debido a que son utilizados en construcciones estructurales y no han sido evaluados a detalle.

3.1.2. INVESTIGACIÓN DESCRIPTIVA

Se procederá utilizar este tipo de investigación, debido a que busca especificar las propiedades mecánicas que se pueden obtener al realizar el análisis de material de aporte en junta sismo resistente de acero al carbono A36, aplicando el código AWS D1.8, usando la observación como método descriptivo.

3.1.3. INVESTIGACIÓN CORRELACIONAL

Este tipo de investigación se utilizó para poder indicar el grado de dependencia de los distintos parámetros en la investigación, con la finalidad verificar con precisión la relación entre las dos variables durante el análisis de material de aporte en una junta sismo resistente aplicado en el acero al carbono A36.

3.1.4. INVESTIGACIÓN EXPLICATIVA

Se utilizó este nivel de investigación porque los resultados permitirán dar una explicación a los constructores de estructuras sismo resistentes de las ventajas mecánicas y económicas de poder implementar nuevos materiales de aporte en su producción.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN

En el presente análisis se procederá a definir cantidad de probetas las cual será objeto de investigación y basados en el código AWS D1.8 de la siguiente manera.

- Junta a tope sismo resistente soldada con electrodos E7018-AR Y E7018-SR sobre un acero A36, mediante el proceso SMAW y caracterizados mecánicamente bajo normativa a tracción de 24 especímenes, impacto de 80 especímenes y metalográfico de 8 especímenes en las máquinas correspondientes para sus respectivos ensayos.

3.2.2. MUESTRA

La muestra que se va a considerar en este análisis para los diferentes tipos de ensayos como: de tracción, pruebas de impacto nos basamos en el código AWS D1.8 y metalografía, que está dado bajo la consideración de estudio de casos.

Junta sismo resistentes soldadas de acero ASTM A36 mediante el proceso SMAW con material de aporte comercial E7018-AR diámetro 3/32 (2.4mm).

- Una muestra de ensayo a tracción.
- Cinco muestras de ensayo CVN (Impacto).
- Una probeta análisis metalográfico en la soldadura.

Junta sismo resistentes soldadas de acero ASTM A36 mediante el proceso SMAW con material de aporte comercial E7018-AR diámetro 1/8 (3.2mm).

- Una muestra de ensayo a tracción.
- Cinco muestras de ensayo CVN (Impacto).
- Una probeta análisis metalográfico en la soldadura.

Junta sismo resistentes soldadas de acero ASTM A36 mediante el proceso SMAW con material de aporte comercial E7018-SR diámetro 3/32 (2.4mm).

- Una muestra de ensayo a tracción.
- Cinco muestras de ensayo CVN (Impacto).
- Una probeta análisis metalográfico en la soldadura.

Junta sismo resistentes soldadas de acero ASTM A36 mediante el proceso SMAW con material de aporte comercial E7018-SR diámetro 1/8 (3.2mm).

- Una muestra de ensayo a tracción.
- Cinco muestras de ensayo CVN (Impacto).
- Una probeta análisis metalográfico en la soldadura.

3.3. OPERAZIONALIZACIÓN DE VARIABLES

3.1.1. VARIABLE INDEPENDIENTE: Junta sismo resistente utilizando materiales de aporte comercial E7018-AR y E7018-SR sobre un acero ASTM A 36, aplicando el código AWS D1.8 - D1.8M.

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas e Instrumentos
La soldadura es un proceso de fabricación en donde se realiza la unión de dos materiales, usualmente logrado a través de la fusión, de tal manera que las piezas son soldadas derritiendo los metales que poseen un punto de fusión menor al de la pieza a soldar.	Parámetros	Temperatura de precalentamiento	1. Baja temperatura 2. Alta temperatura	Manuales, Termómetro por infrarrojos de precisión
El código AWS D1.8 cubre los requisitos para la fabricación de estructuras sísmicas, se refiere a asuntos relacionados con detalles de conexión, materiales, mano de obra e inspección soldadas.	Metal de Aporte	Diámetro del Electrodo <ul style="list-style-type: none"> • 7018-AR • 7018-SR 	1. (2.4) 3/32 60-110 A 70-120 A 2. (3.2) 1/8 100-160 A 120-150 A	Tabulación de datos código AWS D1.8

3.1.2. VARIABLE DEPENDIENTE: Propiedades mecánicas

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas e Instrumentos
Las Propiedades Mecánicas de la junta soldada son de importancia en la ingeniería mecánica ya que bajo estos parámetros estas son sujetos de ensayos y calificación, se refieren a la capacidad de los mismos de resistir acciones de carga como: tracción, impacto. Además, el material es sometido a otro ensayo como metalográfico que determina las características estructurales.	Tracción	<ul style="list-style-type: none"> Resistencia a la tracción (N/mm²) Porcentaje de Elongación (%) 	¿Cuál es resistencia a la tracción que soporta la junta? ¿Cuál es el porcentaje de elongación que soporta la junta?	Técnicas Observación directa: Formatos para toma de datos de Ensayos de laboratorio.
	Impacto	<ul style="list-style-type: none"> Energía de impacto (J) 	¿Cuál es la energía de Impacto que soporta la junta?	Instrumentos: Manuales, Catálogos, Normas.
	Metalográfico	Componentes de la microestructura	¿Cuál es el tamaño de grano en la probeta analizada y su % de perlita y ferrita ?	Técnicas de recolección de datos Observación directa.

3.2. PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Para la presente investigación la recolección de datos se lo realizo de acuerdo al desarrollo de la operacionalización de variables recolectando la información mediante las siguientes técnicas con sus respectivos instrumentos:

3.2.1. OBSERVACIÓN

En esta técnica se tomó nota de todo lo que se consideró necesario, para detallar, describir y analizar los hechos más importantes que ayudaron a tener una base de informativa suficiente.

3.2.2. DOCUMENTAL

De manera documental se analizó la información que sirve como guía en la investigación, recolección de información de libros, publicaciones, artículos técnicos, fichas técnicas, catálogos, normas para el dimensionamiento de las probetas y finalmente la tabulación e interpretación de los datos obtenidos de los ensayos en las probetas que se realizan en laboratorio, para determinar las propiedades mecánicas.

3.3. PLAN DE PROCESAMIENTO DE ANÁLISIS

Para el procesamiento de los datos que se obtuvieron en los ensayos de las probetas se procedió a interpretar de una manera adecuada y ordenada basándose en los datos y resultados obtenidos mencionados anteriormente. Además, para la representación de los resultados se utilizarán: tablas, fichas de recolección de información, fotografías y planos que permitan la tabulación de los datos de acuerdo a los parámetros y la relación que tienen las variables de las hipótesis.

Los resultados se representan a través de gráficos, estadística y curvas que permitiendo identificar las propiedades mecánicas del material, por ejemplo: curva esfuerzo-deformación.

3.3.1. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Para proceder a la interpretación de los resultados obtenidos al culminar el trabajo se deberá tener en cuenta lo siguiente.

Una vez realizados los gráficos de valores, comparaciones y tabulación de datos para hacer la comparación con los valores teóricos de referencia del código AWS D1.8 y propiedades de los materiales, así como cualquier otro fruto de la investigación. Posteriormente se procedió a la interpretación y análisis de los resultados. La interpretación de resultados estará apoyada en el marco teórico y mediante la utilización de tablas y gráficos se analiza que está ocurriendo con las propiedades mecánicas de los materiales de aporte en las diferentes juntas soldadas. Esta interpretación proporcionara resaltar la tendencia de los resultados de acuerdo con el objetivo y la hipótesis, para finalmente comprobar la validez de la hipótesis y de estar manera conceder nuestras conclusiones y recomendaciones.

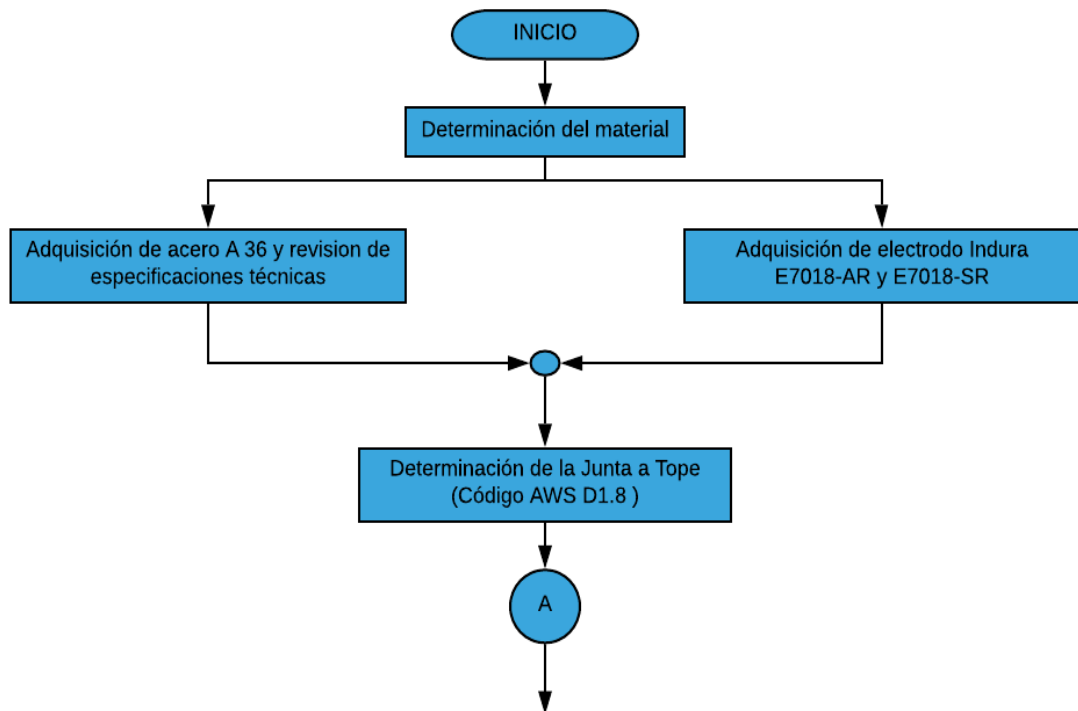
CAPITULO IV

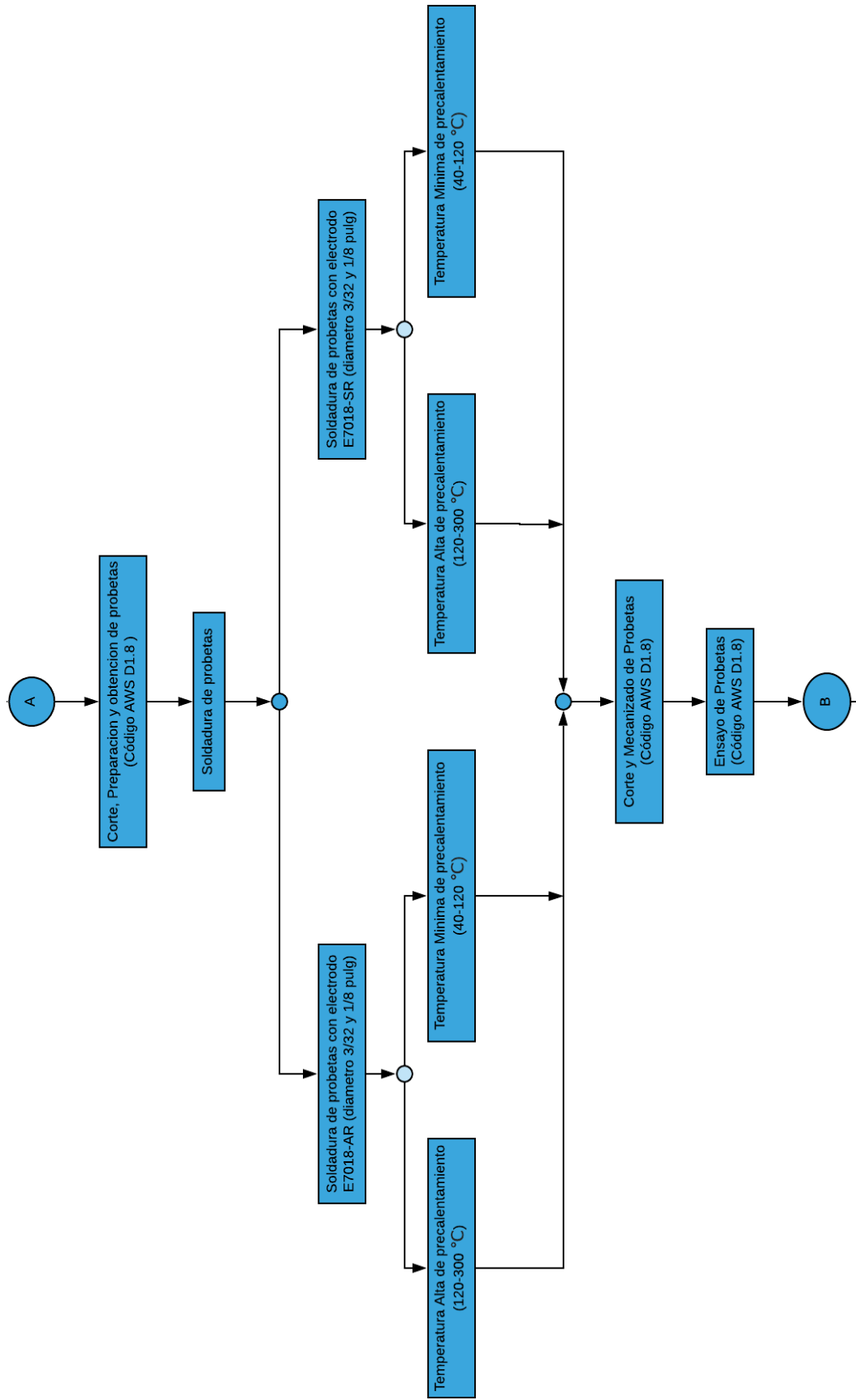
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1.1. PROCESO DE OBTENCIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

En el presente estudio se ha considerado el siguiente diagrama de flujo para la elaboración de muestras y toma de resultados como se observa en la Figura 4.1, el cual está adaptado según el desarrollo del estudio de las propiedades mecánicas de una junta sismo resistente utilizando materiales de aporte comercial E7018-AR Y E7018-SR sobre un acero ASTM A 36, aplicando el código AWS D1.8.





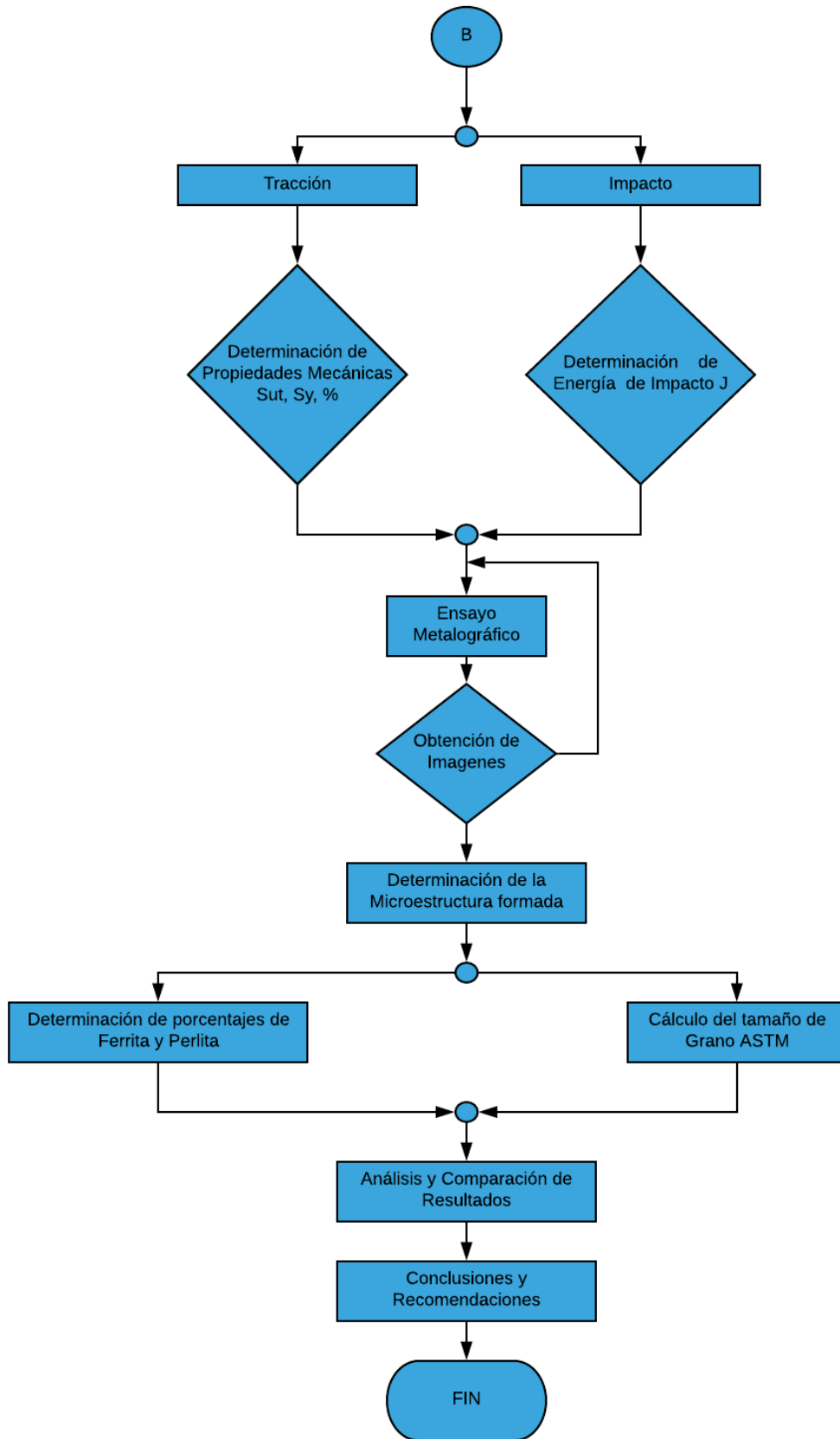


Figura 4.1 Diagrama de proceso de análisis de resultado. Fuente: Autor

En la Tabla 4.1, se detalla la indentificación de las probetas y las diferentes temperaturas de precalentamiento aplicadas para el proceso de soldadura.

Tabla 4.1 Identificación de probetas. Fuente: Autor

N	TIPO	ID	NUMERACIÓN		
			1	2	3
1	MA:E7018-AR_TAP_D:3/32	P1ARTA3/32	1	2	3
2	MA:E7018-AR_TBP_D:3/32	P2ARTB3/32	1	2	3
3	MA:E7018-AR_TAP_D:1/8	P3ARTA1/8	1	2	3
4	MA:E7018-AR_TBP_D:1/8	P4ARTB1/8	1	2	3
5	MA:E7018-SR_TAP_D:3/32	P5SRTA3/32	1	2	3
6	MA:E7018-SR_TBP_D:3/32	P6SRTB3/32	1	2	3
7	MA:E7018-SR_TAP_D:1/8	P7SRTA1/8	1	2	3
8	MA:E7018-SR_TBP_D:1/8	P8SRTB1/8	1	2	3

MA: Material de aporte

TAP: Temperatura alta de precalentamiento

TBP: Temperatura baja de precalentamiento

D: Diámetro

4.1.2. DETERMINACIÓN DE MATERIALES

4.2.1.1. MATERIAL BASE

Se emplea como parte principal el material base el acero ASTM A 36; ya que en la actualidad el uso del acero al carbono en el area de la industria ecuatoriana es amplio debido a que este material tiene un comportamiento lineal y elastico hasta la fluencia, por lo cual se hace predecible utilizar en construcciones estructurales, ademas cabe mencionar que este acero es susceptible a la interperie y al fuego , también tiene una gran disponibilidad en el mercado.

De acuerdo al código AWS D1.8, requisitos para las propiedades mecánicas y composicion quimicas de un acero A 36 se ajustara basandose en la norma ASTM A 36.

Tabla 4.2 Requisito químico del Acero A 36 [40].

Elemento	Composición max-min%
Carbón	0,25-0,29
Manganeso	0,8-1,2
Fosforo	0,04 max
Azufre	0,05 max
Silicio	0,4 max
Cobre	0,20 max

En la Tabla 4.3 se realiza un comparación del análisis del requerimiento químico para el Acero ASTM A 36 para utilizar como material base.

Tabla 4.3 Composición química del material base. Fuente: Autor

ELEMENTOS	REQUERIMIENTO	ACERO ASTM A 36 (Anexo A-1)
Carbon	0,25-0,29	0.25 máx
Manganeso	0,8-1,2	0.85-1.35 máx
Fosforo	0,04 max	0.04 máx
Azufre	0,05 max	0.05 max
Silicio	0,4 max	0.40 máx
Cobre	0,20 max	0.20 mín
Molibdemo	-	-
Niquel	-	-
Vanadio	-	-

En la Tabla 4.4 se observa las propiedades mecánicas del acero ASTM A-36 como relación para su análisis.

Tabla 4.4 Propiedades mecánicas ASTM A 36. Fuente: Autor

PROPIEDADES	MATERIAL BASE(Anexo A-1)
Esfuerzo ultimo a la traccion (ksi-Mpa)	58-80 (400-550)
Esfuerzo a la fluencia (Ksi-Mpa)	32-36 (250-280)
Elongación %	20 min

De este modo, el Acero ASTM A 36 (Anexo A-1) satisface con la composición química y propiedades mecánicas para el acero de la norma ASTM A 36 y por lo tanto es aprobado para ser utilizado como metal base.

4.2.1.2. MATERIAL DE APORTE

Se consideran dos tipos de materiales de aporte comercial el cual un tipo de material de aporte se adquiere con dificultad ya que es nuevo producto en el mercado y no es muy comercial debido a su poca demanda y por ende la adquisición de este material de aporte representa costos elevados.

Convenientemente a que el material base es de aplicaciones expuestas al ambiente, descubiertas y sin pintar se necesita un material de aporte con resistencia a la corrosión atmosférica y de características similares al metal base, por lo que, es fundamental utilizar un material de aporte que cumpla las mismas propiedades y características.

Mientras tanto, para el material base ASTM A 36, el material de aporte utilizado para el proceso SMAW son los electrodos de acero al carbono bajo la denominación AWS A5.1/A5.1M.

De acuerdo a la mezcla de los materiales de soldadura se realiza el análisis de la composición química y las propiedades mecánicas entre el material base y el material de aporte utilizado en el presente estudio. Este análisis se presenta en la Tabla 4.5. En la cual se observa que los materiales de aporte cumplen con las composiciones máximas y mínimas.

Tabla 4.5 Requerimientos químico del Material Base y Aporte. Fuente: Autor

ELEMENTOS	METAL BASE	M. DE APORTE 1	M. DE APORTE 2
Carbón	0.25 máx	0,15	0,15
Manganeso	0.85-1.35 máx	1,60	1,60
Fosforo	0.04 máx	0,035	0,035
Azufre	0.05	0,035	0,035
Silicio	0.40máx	0,75	0,75
Cobre	0.20 mín	-	-
Cromo	-	0,20	0,20
Molibdeno	-	0,30	0,30
Niquel	-	0,30	0,30
Vanadio	-	0,08	0,08
Aluminio	-	-	-

METAL

BASE: Acero ASTM A 36 (Anexo A-1)

METAL DE APORTE 1: Electrodo de acero al carbono AWSA5.1 (E7018)(Anexo A-2)

METAL DE APORTE 2: Electrodo de acero al carbono AWS A5.1 (E7018)(Anexo A-2)

Así mismo, se realiza un analisis de las propiedades mecanicas (Sut, Sy y % de elongación) entre el material base y los materiales de aporte, como se indica en la Tabla 4.6. En este estudio se observa que los metales de aporte cumplen de manera satisfactoria sus propiedades mecánicas con lo solicitado por el metal base.

Tabla 4.6 Propiedades mecánicas Metal base y Aporte. Fuente: Autor

PROPIEDADES	METAL BASE	M. DE APORTE
Sut (Ksi-Mpa)	58-80 (400-550)	70-490
Sy (Ksi-Mpa)	32-36(250-280)	58-400
% Elongacion	20 min	22

METAL BASE: Acero ASTM A 36 (Anexo A-1)

METAL DE APORTE : Electrodo de acero al carbono AWSA5.1 (E7018) (Anexo A-2)

Dado que los materiales de aporte cumple con los requerimientos de composición máximos y mínimos de composición química y valores de resistencia máximos a la tracción, límite a la fluencia y resistencia a la elongación para el metal base (ASTM A 36), se emplea los metales de aporte.

Metal de aporte 1: Electrodo de acero al carbono E7018-AR (AWS A5.1)

Metal de aporte 2: Electrodo de acero al carbono E7018-SR (AWS A5.1)

4.1.3. DETERMINACIÓN DE LA JUNTA DE SOLDADURA

El diseño de junta de soldadura sismo resistente se determinó de acuerdo al código AWS D1.8 véase (Anexo B-1), por lo tanto, para el proceso SMAW se utiliza una junta tope de penetración completa, con ranura en V como se indica en el (Anexo B-2). En la Figura 4.2, se indica el detalle de la junta de soldadura.

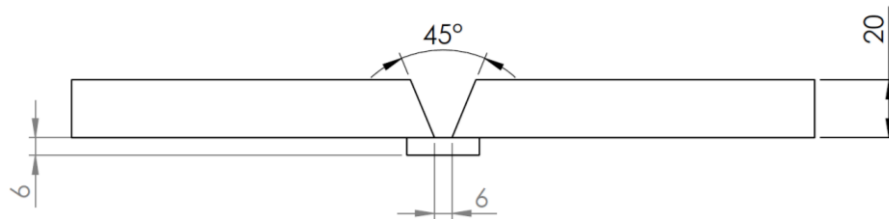


Figura 4.2 Diseño de junta de soldadura. Fuente: Autor

4.1.4. PREPARACIÓN DE PROBETAS PARA LA SOLDADURA

Con respecto a la preparación de las probetas para el proceso de soldadura se elabora bajo el siguiente procedimiento:

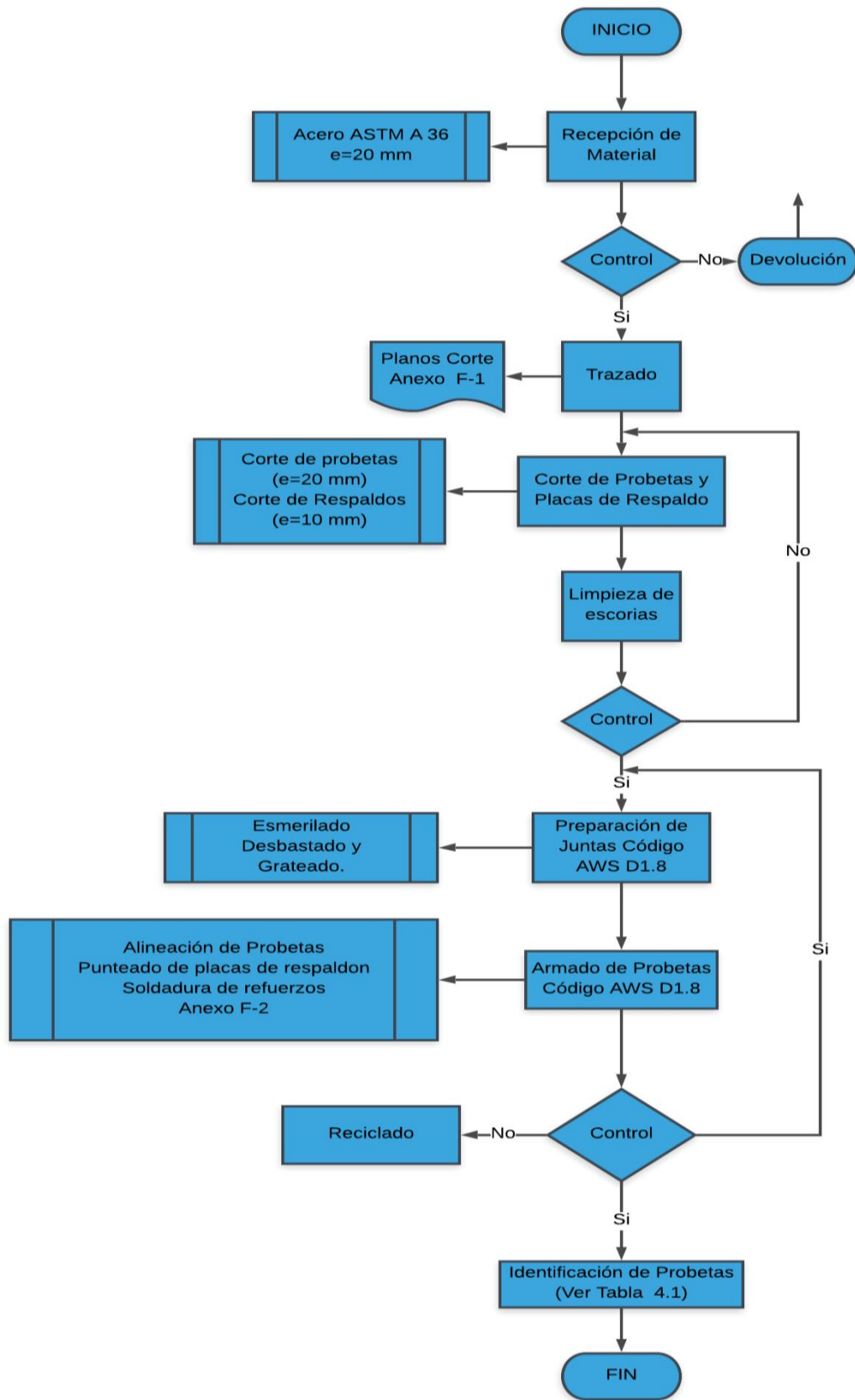


Figura 4.3 Diagrama de preparación de probetas. Fuente: Autor

4.1.5. SOLDADURA DE PROBETAS

4.1.5.1. PARÁMETROS DE SOLDADURA

Para determinar los parámetros del proceso de soldadura se analiza el código AWS D1.8(Anexo B-1) y se utiliza como referencia WPS CP-002-PLACA ((Anexo C-1), con esto se define los parámetros generales para el proceso de soldadura y se observa en la Tabla 4.7.

Tabla 4.7 Parámetros de soldadura. Fuente: Autor

PARAMETROS	DETALLE	
PROCESO	SMAW	
JUNTA	A penetración Completa y Ranura en V	
METAL BASE	ASTM A 36	
POSICIÓN	Plana 1G	
ENTRADA DE CALOR	Temperatura Baja de calor	30KJ/in(1.2KJ/mm)
	Temperatura Alta de calor	80KJ/in(3.1KJ/mm)
METAL DE APORTE	1	E7018-AR
	2	E7018-SR
N. DE PASES	Diámetro: 3/32	18
	Diámetro: 1/8	14
TEMPERATURA ALTA e=20 mm	Precalentamiento	120 °C
	Interpases	240 °C
TEMPERATURA BAJA e=20 mm	Precalentamiento	40° C
	Interpases	120° C
CARACTERISTICAS ELECTRICAS	Corriente	DC+

4.1.5.2. TÉCNICA DE SOLDADURA

Después de haber determinado los parámetros del proceso de soldadura se establece la técnica aplicada en cada uno de los materiales de aporte para sus diferentes diámetros, para ello en la Tabla 4.8 se muestra las características eléctricas, velocidad de avance y características físicas del metal de aporte para los diferentes diámetros utilizados, en

la Figura 4.4 se indica el numero de pases a realizarse en la junta a tope, detallado de una mejor manera en el (Anexo F-3).

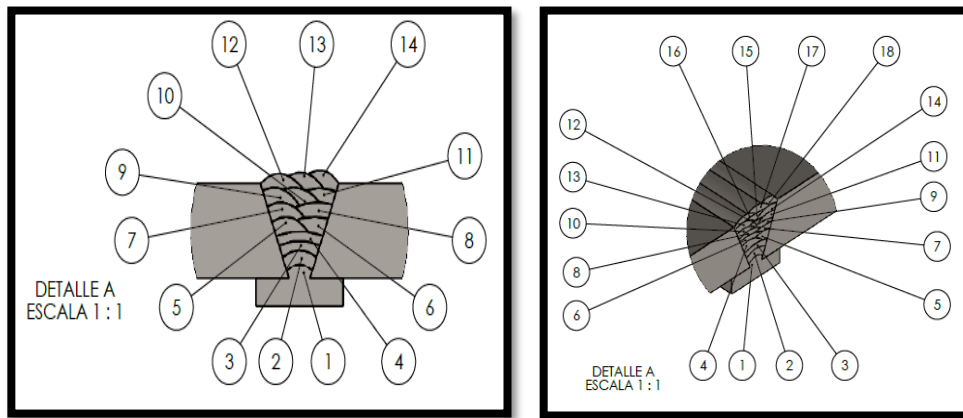


Figura 4.4 a) Número de pase diámetro 3/32. b) Número de pase diámetro 1/8.
Fuente: Autor

Tabla 4.8 Técnica del proceso de Soldadura. Fuente: Autor

TÉCNICA DE SOLDADURA CON ELECTRODO E7018-AR ALTA T °C					
AWS DESIGNACIÓN	∅ (pulg)	CORRIENTE (A)(60-110)	VOLTAJE (V)	T °C MÍNIMA PRE.	T °C MÍNIMA INTERPASS
E7018-AR	3/32	100	20-22	120	240
PASE	N°	VELOCIDAD (mm/min)	PASE	N°	VELOCIDAD (mm/min)
Raíz	1	250-2:19	Relleno	10	250-1:10
Relleno	2	250-2:35	Relleno	11	250-1:18
Relleno	3	250-2:40	Relleno	12	250-1:17
Relleno	4	250-1:25	Relleno	13	250-1:07
Relleno	5	250-1:28	Relleno	14	250-1:15
Relleno	6	250-1:40	Relleno	15	250-1:50
Relleno	7	250-1:39	Capas	16	250-1:32
Relleno	8	250-1:36	Capas	17	250-1:40
Relleno	9	250-2:01	Capas	18	250-2:08

TÉCNICA DE SOLDADURA CON ELECTRODO E7018-AR BAJA T °C					
AWS DESIGNACIÓN	∅ (pulg)	CORRIENTE (A)(60-110)	VOLTAJE (V)	T °C MÁXIMA PRE.	T °C MÁXIMA INTERPASS
E7018-AR	3/32	97	20-22	40	120
PASE	N°	VELOCIDAD (mm/min)	PASE	N°	VELOCIDAD (mm/min)
Raíz	1	250-2:35	Relleno	10	250-1:35
Relleno	2	250-2:50	Relleno	11	250-1:25
Relleno	3	250-2:59	Relleno	12	250-2:02
Relleno	4	250-1:36	Relleno	13	250-1:45
Relleno	5	250-2:20	Relleno	14	250-1:55
Relleno	6	250-2:13	Relleno	15	250-2:20
Relleno	7	250-2:28	Capas	16	250-1:55
Relleno	8	250-2:03	Capas	17	250-2:12
Relleno	9	250-2:31	Capas	18	250-2:20

TÉCNICA DE SOLDADURA CON ELECTRODO E7018-AR ALTA T °C					
AWS DESIGNACIÓN	∅ (pulg)	CORRIENTE (A)(100-160)	VOLTAJE (V)	T °C MÍNIMA PRE.	T °C MÍNIMA INTERPASS
E7018-AR	1/8	135	22-24	120	240
PASE	N°	VELOCIDAD (mm/min)	PASE	N°	VELOCIDAD (mm/min)
Raíz	1	250-2:20	Relleno	8	250-1.54
Relleno	2	250-2:24	Relleno	9	250-1:08
Relleno	3	250-2:38	Relleno	10	250-1:22
Relleno	4	250-3:02	Relleno	11	250-1:25
Relleno	5	250-1:21	Capas	12	250-1:21
Relleno	6	250-1:35	Capas	13	250-1:15
Relleno	7	250-1:37	Capas	14	250-2:00

TÉCNICA DE SOLDADURA CON ELECTRODO E7018-AR BAJA T °C					
AWS DESIGNACIÓN	Ø (pulg)	CORRIENTE (A)(100-160)	VOLTAJE (V)	T °C MÁXIMA PRE.	T °C MÁXIMA INTERPASS
E7018-AR	1/8	133	22-24	40	120
PASE	N°	VELOCIDAD (mm/min)	PASE	N°	VELOCIDAD (mm/min)
Raíz	1	250-2:30	Relleno	8	250-1:54
Relleno	2	250-2:35	Relleno	9	250-1:08
Relleno	3	250-2:58	Relleno	10	250-1:01
Relleno	4	250-3:12	Relleno	11	250-1:10
Relleno	5	250-1:31	Capas	12	250-1:35
Relleno	6	250-1:45	Capas	13	250-1:22
Relleno	7	250-1:57	Capas	14	250-1:55

TÉCNICA DE SOLDADURA CON ELECTRODO E7018-SR ALTA T °C					
AWS DESIGNACIÓN	Ø (pulg)	CORRIENTE (A)(70-120)	VOLTAJE (V)	T °C MÍNIMA PRE.	T °C MÍNIMA INTERPASS
E7018-AR	3/32	100	20-22	120	240
PASE	N°	VELOCIDAD (mm/min)	PASE	N°	VELOCIDAD (mm/min)
Raíz	1	250-2:15	Relleno	10	250-1:05
Relleno	2	250-2:27	Relleno	11	250-1:10
Relleno	3	250-2:35	Relleno	12	250-1:11
Relleno	4	250-1:20	Relleno	13	250-1:14
Relleno	5	250-1:22	Relleno	14	250-1:20
Relleno	6	250-1:34	Relleno	15	250-1:35
Relleno	7	250-1:35	Capas	16	250-1:31
Relleno	8	250-1:38	Capas	17	250-1:30
Relleno	9	250-2:00	Capas	18	250-1:58

TÉCNICA DE SOLDADURA CON ELECTRODO E7018-SR BAJA T °C					
AWS DESIGNACIÓN	∅ (pulg)	CORRIENTE (A)(70-120)	VOLTAJE (V)	T °C MÁXIMA PRE.	T °C MÁXIMA INTERPASS
E7018-AR	3/32	97	20-22	40	120
PASE	N°	VELOCIDAD (mm/min)	PASE	N°	VELOCIDAD (mm/min)
Raíz	1	250-2:28	Relleno	10	250-1:25
Relleno	2	250-2:48	Relleno	11	250-1:30
Relleno	3	250-2:55	Relleno	12	250-1:55
Relleno	4	250-1:30	Relleno	13	250-1:40
Relleno	5	250-1:58	Relleno	14	250-1:41
Relleno	6	250-2:01	Relleno	15	250-2:05
Relleno	7	250-2:15	Capas	16	250-1:53
Relleno	8	250-1:48	Capas	17	250-2:12
Relleno	9	250-2:11	Capas	18	250-2:18

TÉCNICA DE SOLDADURA CON ELECTRODO E7018-SR ALTA T °C					
AWS DESIGNACIÓN	∅ (pulg)	CORRIENTE (A)(120-150)	VOLTAJE (V)	T °C MÍNIMA PRE.	T °C MÍNIMA INTERPASS
E7018-AR	1/8	138	22-24	120	240
PASE	N°	VELOCIDAD (mm/min)	PASE	N°	VELOCIDAD (mm/min)
Raíz	1	250-2:23	Relleno	8	250-1:52
Relleno	2	250-2:22	Relleno	9	250-1:10
Relleno	3	250-2:40	Relleno	10	250-1:24
Relleno	4	250-3:03	Relleno	11	250-1:28
Relleno	5	250-1:18	Capas	12	250-1:20
Relleno	6	250-1:30	Capas	13	250-1:17
Relleno	7	250-1:40	Capas	14	250-2:08

TÉCNICA DE SOLDADURA CON ELECTRODO E7018-SR BAJA T °C					
AWS DESIGNACIÓN	∅ (pulg)	CORRIENTE (A)(120-150)	VOLTAJE (V)	T °C MÁXIMA PRE.	T °C MÁXIMA INTERPASS
E7018-AR	1/8	134	22-24	40	120
PASE	N°	VELOCIDAD (mm/min)	PASE	N°	VELOCIDAD (mm/min)
Raíz	1	250-2:33	Relleno	8	250-1:53
Relleno	2	250-2:35	Relleno	9	250-1:12
Relleno	3	250-2:56	Relleno	10	250-1:08
Relleno	4	250-3:15	Relleno	11	250-1:11
Relleno	5	250-1:33	Capas	12	250-1:40
Relleno	6	250-1:44	Capas	13	250-1:21
Relleno	7	250-1:55	Capas	14	250-1:53

4.2. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS



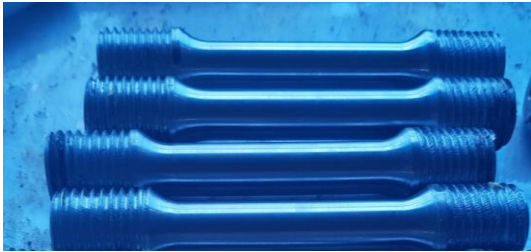

Con el propósito de obtener un educado manejo de los resultados y de la información correspondiente al proceso de soldadura de las probetas y los ensayos realizados durante el desarrollo del trabajo de investigación, se ha establecido formatos como se indica en la Tabla 4.9 para la toma de datos y resultados con el fin de conocer las propiedades mecánicas de interés en el estudio ejecutado.

Tabla 4.9 Identificación de probetas. Fuente: Autor

ID	ENSAYO DE TRACCIÓN	ENSAYO DE IMPACTO		ENSAYO MTLGRF
P1ARTA3/32	P1-1ARTA3/32	P1-1ARTA3/32	P2-1ARTA3/32	P1.1ARM
	P1-2ARTA3/32	P1-2ARTA3/32	P2-2ARTA3/32	
		P1-3ARTA3/32	P2-3ARTA3/32	
	P1-3ARTA3/32	P1-4ARTA3/32	P2-4ARTA3/32	
		P1-5ARTA3/32	P2-5ARTA3/32	
P2ARTB3/32	P2-1ARTB3/32	P3-1ARTB3/32	P4-1ARTB3/32	P2.1ARM
	P2-2ARTB3/32	P3-2ARTB3/32	P4-2ARTB3/32	
		P3-3ARTB3/32	P4-3ARTB3/32	
	P2-3ARTB3/32	P3-4ARTB3/32	P4-4ARTB3/32	
		P3-5ARTB3/32	P4-5ARTB3/32	
P3ARTA1/8	P3-1ARTA1/8	P5-1ARTA1/8	P6-1ARTA1/8	P3.1ARM

	P3-2ARTA1/8	P5-2ARTA1/8	P6-2ARTA1/8	
		P5-3ARTA1/8	P6-3ARTA1/8	
	P3-3ARTA1/8	P5-4ARTA1/8	P6-4ARTA1/8	
		P5-5ARTA1/8	P6-5ARTA1/8	
P4ARTB1/8	P4-1ARTB1/8	P7-1ARTB1/8	P8-1ARTB1/8	P4.1ARM
		P7-2ARTB1/8	P8-2ARTB1/8	
	P4-2ARTB1/8	P7-3ARTB1/8	P8-3ARTB1/8	
		P7-4ARTB1/8	P8-4ARTB1/8	
P4-3ARTB1/8	P7-5ARTB1/8	P8-5ARTB1/8		
P5SRTA3/32	P5-1SRTA3/32	P9-1SRTA3/32	P10-1SRTA3/32	P5.1SRM
		P9-2SRTA3/32	P10-2SRTA3/32	
	P5-2SRTA3/32	P9-3SRTA3/32	P10-3SRTA3/32	
		P9-4SRTA3/32	P10-4SRTA3/32	
P5-3SRTA3/32	P9-5SRTA3/32	P10-5SRTA3/32		
P6SRTB3/32	P6-1SRTA3/32	P11-1SRTB3/32	P12-1SRTB3/32	P6.1SRM
		P11-2SRTB3/32	P12-2SRTB3/32	
	P6-2SRTA3/32	P11-3SRTB3/32	P12-3SRTB3/32	
		P11-4SRTB3/32	P12-4SRTB3/32	
P6-3SRTA3/32	P11-5SRTB3/32	P12-5SRTB3/32		
P7SRTA1/8	P7-1SRTA1/8	P13-1SRTA1/8	P14-1SRTA1/8	P7.1SRM
		P13-2SRTA1/8	P14-2SRTA1/8	
	P7-2SRTA1/8	P13-3SRTA1/8	P14-3SRTA1/8	
		P13-4SRTA1/8	P14-4SRTA1/8	
P7-3SRTA1/8	P13-5SRTA1/8	P14-5SRTA1/8		
P8SRTB1/8	P8-1SRTB1/8	P15-1SRTB1/8	P16-1SRTB1/8	P8.1SRM
		P15-2SRTB1/8	P16-2SRTB1/8	
	P8-2SRTB1/8	P15-3SRTB1/8	P16-3SRTB1/8	
		P15-4SRTB1/8	P16-4SRTB1/8	
P8-3SRTB1/8	P15-5SRTB1/8	P16-5SRTB1/8		

4.2.1. ANÁLISIS DEL ACERO ASTM A 36 COMO VIENE DE FÁBRICA

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA 			
DATOS INFORMATIVOS			
Autorizado por :	Ing.Mg. Oscar Analuiza	Realizado por :	Eduardo Ronquillo
Ubicación	Ambato	Fecha Ejecución	14-03-2019
Laboratorio	Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero	Nº. de Probeta	5
ESPECIFICACIONES DEL ESPÉCIMEN			
Material Base	Acero	Tipo	ASTM A 36
Diámetro	12.5 mm	Material de aporte	NA
Longitud calibrada	50 mm	Forma	-
Tipo de Probeta	Cilíndrica	Proceso de soldadura	SMAW
ESPECIFICACIONES DEL ACERO ASTM A 36 (Anexo A-1)			
PROPIEDADES		MATERIAL BASE	
Esfuerzo ultimo a la traccion (ksi-Mpa)	58-80 (400-550)		
Esfuerzo a la fluencia (Mpa)	32-36(250-280)		
Elongación %	20 min		
GRÁFICO DE REFERENCIA DEL ESPÉCIMEN			
			
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Código aplicado	ASTM E08	Equipo	Máquina de Ensayos Universal para Metales Metro test 1500 KN
Código de referencia	-	Método	Deformación Controlada

REGISTRO DE RESULTADOS (Anexo D-1)

PROBETA	Sut (MPa)	Sy (MPa)	%Elongación	Rotura dentro de la zona calibrada
P0-1ETMB	485,60	257,291	21,44	SI
P0-2ETMB	495,71	262,949	21,96	SI
P0-3ETMB	485,04	249,794	22,58	SI
P0-4ETMB	495,24	259,177	21,8	SI
P0-5ETMB	481,92	242,972	20,44	SI
PROMEDIO	488,703	254,437	21,644	

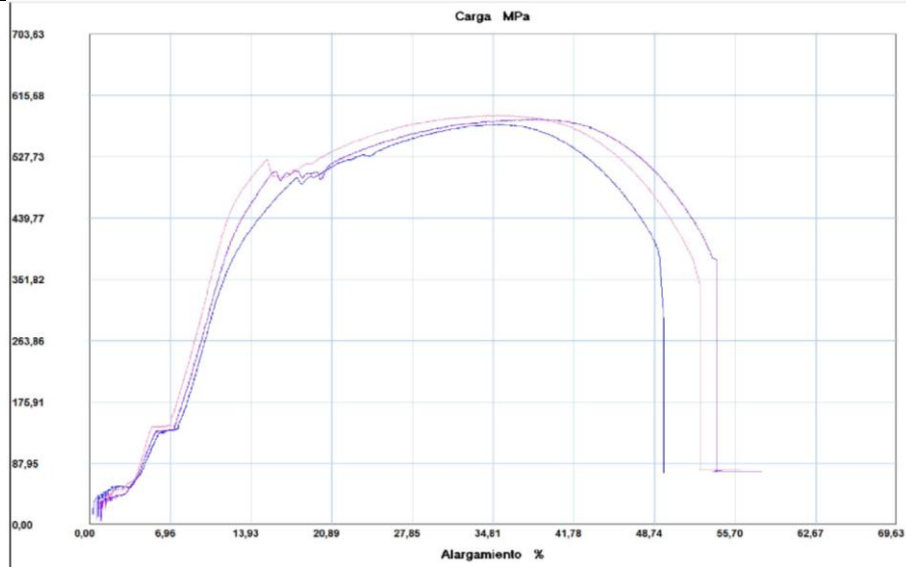
OBSERVACIÓN

- La información de los mismo fue proporcionada por CFPMC.
- Se realizó el ensayo bajo la norma ASTM E-08
- Las probetas se obtienen sin ningún material de aporte.
- Los valores obtenidos durante el ensayo están en conformidad con las especificaciones del Acero ASTM A 36.

4.2.2. ENSAYO DE TRACCIÓN DE LAS PROBETAS CON MATERIAL DE APORTE E7018-AR DIÁMETRO 3/32”.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA DE MECÁNICA			
DATOS INFORMATIVOS					
Autorizado por :	Ing. Mg. Oscar Analuiza	Realizado por :	Eduardo Ronquillo		
Ciudad:	Ambato	Fecha ejecución	26-03-2019		
Laboratorio	Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero	Nº. de Probeta	P1-1ARTA3/32 P1-2ARTA3/32 P1-3ARTA3/32		
ESPECIFICACIONES DEL ESPÉCIMEN					
Material Base	Acero	Tipo	ASTM A 36		
Diámetro	12.5	Material de aporte	ELECTRODO E7018-AR		
Longitud calibrada	50	Precarga	5000N		
Características	Cilíndrica	Proceso de soldadura	SMAW		
Humedad relativa	44%	Temperatura Ambiente	25.8 °C		
GRÁFICO DE REFERENCIA DEL ESPÉCIMEN					
					
PARÁMETROS DE ENSAYO					
Código aplicado	AWS D1.8-D1.8M	Equipo	Máquina de Ensayos Universal para Metales Metro test 1500 KN		
Código de referencia	AWS B4.0(Anexo E-1) ASTM E8M(Anexo E-2)	Método	Deformación Controlada		
OBSERVACIÓN					
<ul style="list-style-type: none"> • La probeta se obtiene de una junta soldada a tope con ranura en V, posición 1G, 18 pases con electrodo E7018-AR 3/32”, con temperatura alta de precalentamiento. • Maquinado en torno. 					
EVALUACIÓN DEL ENSAYO DE TRACCIÓN					

RESULTADOS



Probeta

- Probeta 1
- Probeta 2
- Probeta 3

CÁLCULOS

Cálculo porcentaje de alargamiento (ϵ):

$$\epsilon = \frac{l_f - l_0}{l_0} * 100 \quad \epsilon_{P1} = 26,26 \quad \epsilon_{P2} = 27,60 \quad \epsilon_{P3} = 28,80$$

Smith, William. Fundamentos de la Ciencia e Ingeniería de los Materiales, 4ta Edición (Pág. 269).

Cálculo de resistencia última tracción (S_{ut}):

$$S_{ut} = \frac{P_m}{A_0} \quad S_{ut P1} = 573,61M \quad S_{ut P2} = 586,36M \quad S_{ut P3} = 581,68M$$

Shigley (2008). Diseño de Ingeniería Mecánica, Octava Edición (Pág. 28)

Cálculo de límite de fluencia (S_y):

$$S_{\epsilon=0,2\%} \quad S_{P1}=496,86MPa \quad S_{P2}=523,03MPa \quad S_{P3}=505,65MPa$$

Shigley (2008). Diseño de Ingeniería Mecánica, Octava Edición (Pág. 29)

VERIFICACIÓN Y APROBACIÓN

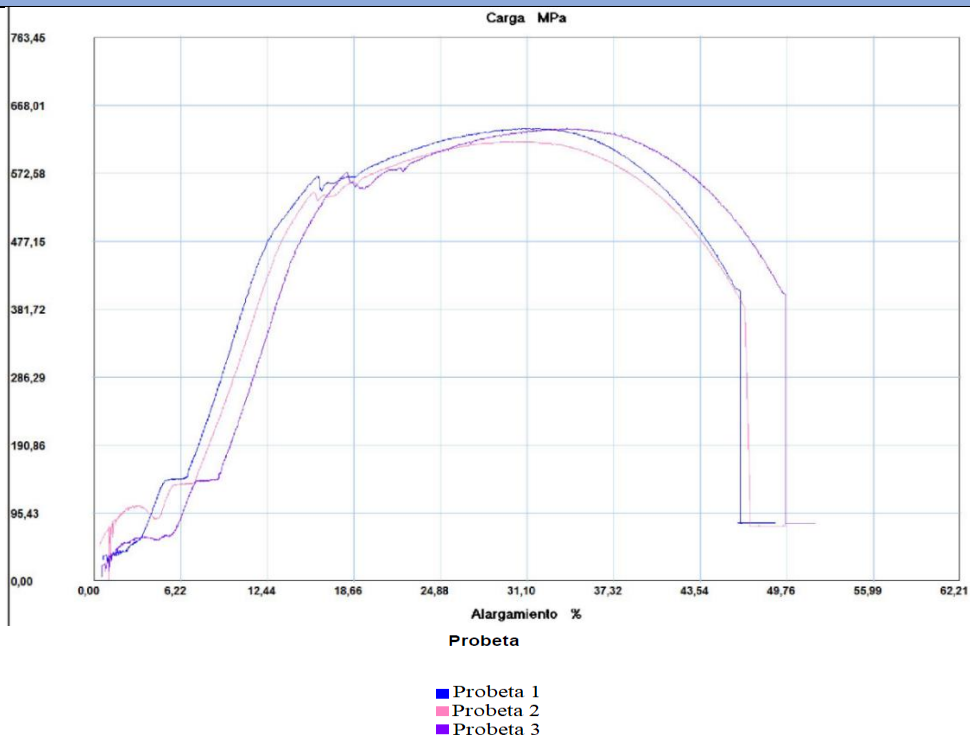
	Sut (Mpa)	Sy (Mpa)	%Elongación	Rotura dentro de la zona calibrada
Código AWS D1.8	480	400	22	
P1-1ARTA3/32	573,61	496,86	26,26	SI
P1-2ARTA3/32	586,36	523,03	27,60	SI
P1-3ARTA3/32	581,68	505,65	28,80	SI
PROMEDIO	580,551	508,514	27,553	

Los resultados obtenidos en el ensayo son superiores a los requeridos por el Código AWS D1.8, por ende, se aprueba.

4.2.3. ENSAYO DE TRACCIÓN DE LAS PROBETAS CON MATERIAL DE APORTE E7018-AR DIÁMETRO 3/32”.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA 			
DATOS INFORMATIVOS			
Autorizado por :	Ing. Mg. Oscar Analuiza	Realizado por :	Eduardo Ronquillo
Ciudad:	Ambato	Fecha ejecución	26-03-2019
Laboratorio	Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero	N° de Probeta	P2-1ARTB3/32 P2-2ARTB3/32 P2-3ARTB3/32
ESPECIFICACIONES DEL ESPÉCIMEN			
Material Base	Acero	Tipo	ASTM A 36
Diámetro	12.34	Material de aporte	ELECTRODO E7018-AR
Longitud calibrada	50	Precarga	5000N
Características	Cilíndrica	Proceso de soldadura	SMAW
Humedad relativa	45,8%	Temperatura Ambiente	24,7 °C
GRÁFICO DE REFERENCIA DEL ESPÉCIMEN			
			
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Código aplicado	AWS D1.8-D1.8M	Equipo	Máquina de Ensayos Universal para Metales Metro test 1500 KN
Código de referencia	AWS B4.0(Anexo E-1) ASTM E8M(Anexo E-2)	Método	Deformación Controlada
OBSERVACIÓN			
<ul style="list-style-type: none"> • La probeta se obtiene de una junta soldada a tope con ranura en V, posición 1G, 18 pases con electrodo E7018-AR 3/32”, con temperatura baja de precalentamiento. • Maquinado en torno. 			
EVALUACIÓN DEL ENSAYO DE TRACCIÓN			

RESULTADOS



CÁLCULOS

Cálculo porcentaje de alargamiento (ϵ):

$$\epsilon = \frac{l_f - l_0}{l_0} * 100 \quad \epsilon_{P1} = 24,48 \quad \epsilon_{P2} = 23,74 \quad \epsilon_{P3} = 26,66$$

Smith, William. Fundamentos de la Ciencia e Ingeniería de los Materiales, 4ta Edición (Pág. 269).

Cálculo de resistencia última tracción (S_{ut}):

$$S_{ut} = \frac{P_m}{A_0} \quad S_{ut P1} = 635,65M \quad S_{ut P2} = 617,33M \quad S_{ut P3} = 636,20M$$

Shigley (2008). Diseño de Ingeniería Mecánica, Octava Edición (Pág. 28)

Cálculo de límite de fluencia (S_y):

$$S_{\epsilon=0.2\%} \quad S_{P1} = 568,29 \text{ MPa} \quad S_{P2} = 545,44 \text{ MPa} \quad S_{P3} = 573,72 \text{ MPa}$$

Shigley (2008). Diseño de Ingeniería Mecánica, Octava Edición (Pág. 29)

VERIFICACIÓN Y APROBACIÓN

	Sut (Mpa)	Sy (Mpa)	%Elongación	Rotura dentro de la zona calibrada
Código AWS D1.8	480	400	22	
P2-1ARTB3/32	635,65	568,29	24,48	SI
P2-2ARTB3/32	617,33	545,44	23,74	SI
P2-3ARTB3/32	636,20	573,72	26,66	SI
PROMEDIO	629,726	562,484	24,960	

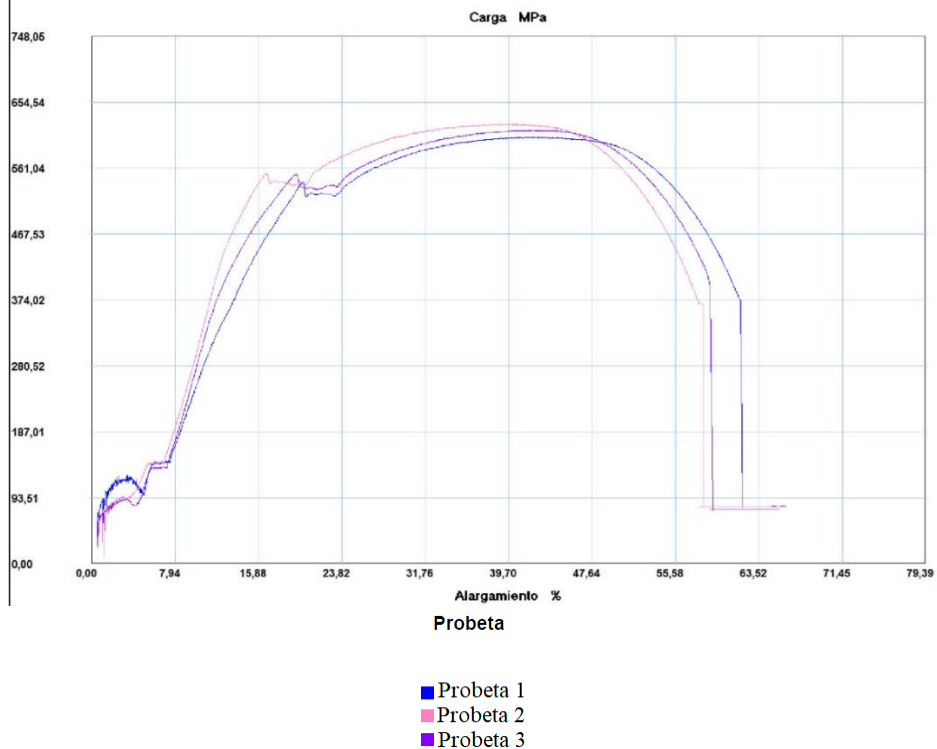
En los siguientes resultados obtenidos en el ensayo son superiores a los requeridos por el Código AWS D1.8, por ende, se aprueba.

4.2.4. ENSAYO DE TRACCIÓN DE LAS PROBETAS CON MATERIAL DE APORTE E7018-AR DIÁMETRO 1/8”.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA 			
DATOS INFORMATIVOS			
Autorizado por :	Ing. Mg. Oscar Analuiza	Realizado por :	Eduardo Ronquillo
Ciudad:	Ambato	Fecha ejecución	26-03-2019
Laboratorio	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero	N° de Probeta	P3-1ARTA1/8 P3-2ARTA1/8 P3-3ARTA1/8
ESPECIFICACIONES DEL ESPÉCIMEN			
Material Base	Acero	Tipo	ASTM A 36
Diámetro	12.32	Material de aporte	ELECTRODO E7018-AR
Longitud calibrada	50	Precarga	5000N
Características	Cilíndrica	Proceso de soldadura	SMAW
Humedad relativa	45,1%	Temperatura Ambiente	27,7 °C
GRÁFICO DE REFERENCIA DEL ESPÉCIMEN			
			
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Código aplicado	AWS D1.8-D1.8M	Equipo	Máquina de Ensayos Universal para Metales Metro test 1500 KN
Código de referencia	AWS B4.0(Anexo E-1) ASTM E8M(Anexo E-2)	Método	Deformación Controlada
OBSERVACIÓN			
<ul style="list-style-type: none"> • La probeta se obtiene de una junta soldada a tope con ranura en V, posición 1G, 14 pases con electrodo E7018-AR 1/8”, con temperatura alta de precalentamiento. • Maquinado en torno. 			

EVALUACIÓN DEL ENSAYO DE TRACCIÓN

RESULTADOS



CÁLCULOS

Cálculo porcentaje de alargamiento (ϵ):

$$\epsilon = \frac{l_f - l_0}{l_0} * 100 \quad \epsilon_{P1} = 35,60 \quad \epsilon_{P2} = 35,80 \quad \epsilon_{P3} = 33,32$$

Smith, William. Fundamentos de la Ciencia e Ingeniería de los Materiales, 4ta Edición (Pág. 269).

Cálculo de resistencia última tracción (S_{ut}):

$$S_{ut} = \frac{P_m}{A_0} \quad S_{ut P1} = 604,50M \quad S_{ut P2} = 623,37M \quad S_{ut P3} = 614,89M$$

Shigley (2008). Diseño de Ingeniería Mecánica, Octava Edición (Pág. 28)

Cálculo de límite de fluencia (S_y):

$$S_{\epsilon=0.2\%} \quad S_{P1} = 541,10MPa \quad S_{P2} = 553,26MPa \quad S_{P3} = 552,35MPa$$

Shigley (2008). Diseño de Ingeniería Mecánica, Octava Edición (Pág. 29)

VERIFICACIÓN Y APROBACIÓN

	Sut (Mpa)	Sy (Mpa)	%Elongación	Rotura dentro de la zona calibrada
Código AWS D1.8	480	400	22	
P3-1ARTA1/8	604,50	541,10	35,60	SI
P3-2ARTA1/8	623,37	553,26	35,80	SI
P3-3ARTA1/8	614,89	552,35	33,32	SI
PROMEDIO	614,256	548,901	34,907	

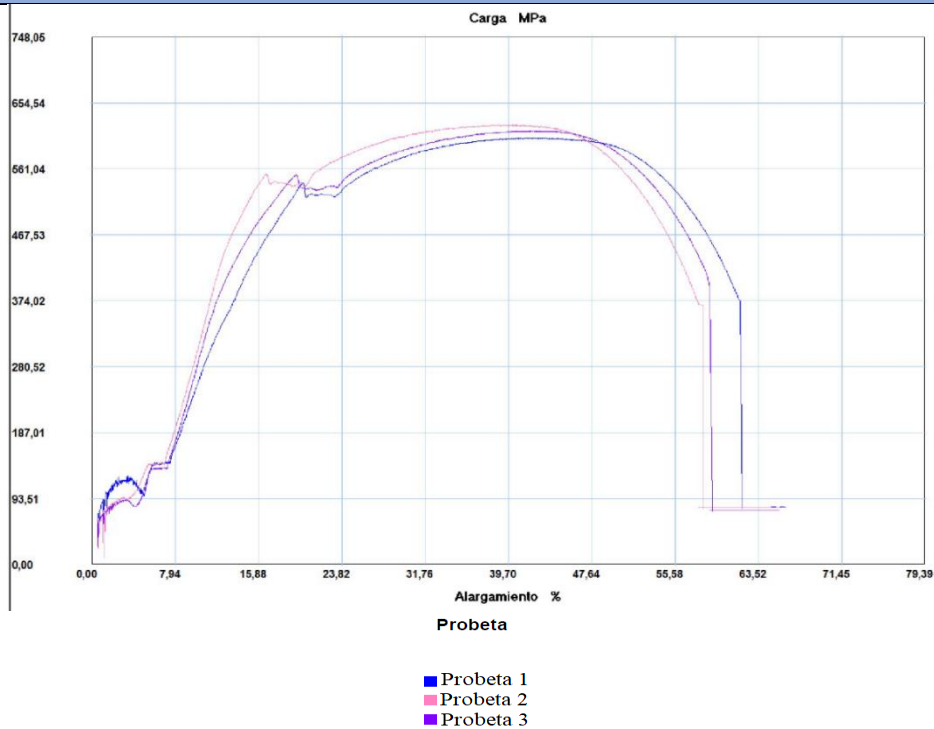
En los siguientes resultados obtenidos en el ensayo son superiores a los requeridos por el Código AWS D1.8, por ende, se aprueba.

4.2.5. ENSAYO DE TRACCIÓN DE LAS PROBETAS CON MATERIAL DE APORTE E7018-AR DIÁMETRO 1/8”.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA 			
DATOS INFORMATIVOS			
Autorizado por :	Ing. Mg. Oscar Analuiza	Realizado por :	Eduardo Ronquillo
Ciudad:	Ambato	Fecha ejecución	26-03-2019
Laboratorio	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero	N° de Probeta	P4-1ARTB1/8 P4-2ARTB1/8 P4-3ARTB1/8
ESPECIFICACIONES DEL ESPÉCIMEN			
Material Base	Acero	Tipo	ASTM A 36
Diámetro	12.32	Material de aporte	ELECTRODO E7018-AR
Longitud calibrada	50	Precarga	5000N
Características	Cilíndrica	Proceso de soldadura	SMAW
Humedad relativa	43,5%	Temperatura Ambiente	28,8 °C
GRÁFICO DE REFERENCIA DEL ESPÉCIMEN			
			
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Código aplicado	AWS D1.8-D1.8M	Equipo	Máquina de Ensayos Universal para Metales Metro test 1500 KN
Código de referencia	AWS B4.0(Anexo E-1) ASTM E8M(Anexo E-2)	Método	Deformación Controlada
OBSERVACIÓN			
<ul style="list-style-type: none"> • La probeta se obtiene de una junta soldada a tope con ranura en V, posición 1G, 14 pases con electrodo E7018-AR 1/8”, con temperatura baja de precalentamiento. • Maquinado en torno. 			

EVALUACIÓN DEL ENSAYO DE TRACCIÓN

RESULTADOS



CÁLCULOS

Cálculo porcentaje de alargamiento (ϵ):

$$\epsilon = \frac{l_f - l_0}{l_0} * 100 \quad \epsilon_{P1} = 23,62 \quad \epsilon_{P2} = 20,38 \quad \epsilon_{P3} = 25,82$$

Smith, William. Fundamentos de la Ciencia e Ingeniería de los Materiales, 4ta Edición (Pág. 269).

Cálculo de resistencia última tracción (S_{ut}):

$$S_{ut} = \frac{P_m}{A_0} \quad S_{ut P1} = 664,68M \quad S_{ut P2} = 656,84M \quad S_{ut P3} = 655,45M$$

Shigley (2008). Diseño de Ingeniería Mecánica, Octava Edición (Pág. 28)

Cálculo de límite de fluencia (S_y):

$$S_{\epsilon=0.2\%} \quad S_{P1}=571,93MPa \quad S_{P2}=584,95MPa \quad S_{P3}=581,53MPa$$

Shigley (2008). Diseño de Ingeniería Mecánica, Octava Edición (Pág. 29)

VERIFICACIÓN Y APROBACIÓN

	Sut (Mpa)	Sy (Mpa)	%Elongación	Rotura dentro de la zona calibrada
Código AWS D1.8	480	400	22	
P4-1ARTB1/8	664,68	571,93	23,62	SI
P4-2ARTB1/8	656,84	584,95	20,38	SI
P4-3ARTB1/8	655,45	581,53	25,82	SI
PROMEDIO	658,992	579,468	23,273	

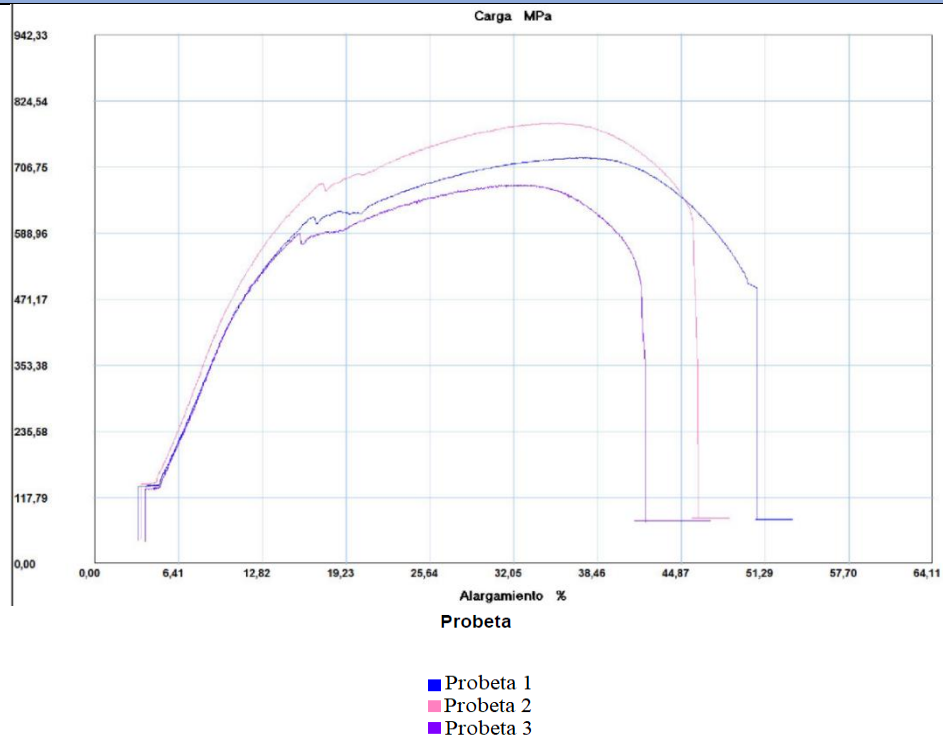
En los siguientes resultados obtenidos en el ensayo nos indica que % de elongación de la probeta P4-2ARTB1/8 no cumplen con lo requerido por el Código AWS D1.8, por ende, esta probeta no se aprueba.

4.2.6. ENSAYO DE TRACCIÓN DE LAS PROBETAS CON MATERIAL DE APORTE E7018-SR DIÁMETRO 3/32”.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA 			
DATOS INFORMATIVOS			
Autorizado por :	Ing. Mg. Oscar Analuiza	Realizado por :	Eduardo Ronquillo
Ciudad:	Ambato	Fecha ejecución	26-03-2019
Laboratorio	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero	N° de Probeta	P5-1SRTA3/32 P5-2SRTA3/32 P5-3SRTA3/32
ESPECIFICACIONES DEL ESPÉCIMEN			
Material Base	Acero	Tipo	ASTM A 36
Diámetro	12.41	Material de aporte	ELECTRODO E7018-SR
Longitud calibrada	50	Precarga	5000N
Características	Cilíndrica	Proceso de soldadura	SMAW
Humedad relativa	43,5%	Temperatura Ambiente	28,4 °C
GRÁFICO DE REFERENCIA DEL ESPÉCIMEN			
			
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Código aplicado	AWS D1.8-D1.8M	Equipo	Máquina de Ensayos Universal para Metales Metro test 1500 KN
Código de referencia	AWS B4.0(Anexo E-1) ASTM E8M(Anexo E-2)	Método	Deformación Controlada
OBSERVACIÓN			
<ul style="list-style-type: none"> • La probeta se obtiene de una junta soldada a tope con ranura en V, posición 1G, 18 pases con electrodo E7018-SR 3/32”, con temperatura alta de precalentamiento. • Maquinado en torno. 			

EVALUACIÓN DEL ENSAYO DE TRACCIÓN

RESULTADOS



CÁLCULOS

Cálculo porcentaje de alargamiento (ϵ):

$$\epsilon = \frac{l_f - l_0}{l_0} * 100 \quad \epsilon_{P1} = 20,46 \quad \epsilon_{P2} = 22,66 \quad \epsilon_{P3} = 22,48$$

Smith, William. Fundamentos de la Ciencia e Ingeniería de los Materiales, 4ta Edición (Pág. 269).

Cálculo de resistencia última tracción (S_{ut}):

$$S_{ut} = \frac{P_m}{A_0} \quad S_{ut P1} = 723,58M \quad S_{ut P2} = 785,28M \quad S_{ut P3} = 675,66M$$

Shigley (2008). Diseño de Ingeniería Mecánica, Octava Edición (Pág. 28)

Cálculo de límite de fluencia (S_y):

$$S_{\epsilon=0.2\%} \quad S_{P1}=617,66MPa \quad S_{P2}=677,17MPa \quad S_{P3}=589,06MPa$$

Shigley (2008). Diseño de Ingeniería Mecánica, Octava Edición (Pág. 29)

VERIFICACIÓN Y APROBACIÓN

	Sut (Mpa)	Sy (Mpa)	%Elongación	Rotura dentro de la zona calibrada
Código AWS D1.8	480	400	22	
P5-1SRTA3/32	723,58	617,66	20,46	SI
P5-2SRTA3/32	785,28	677,17	22,66	SI
P5-3SRTB3/32	675,66	589,06	22,48	SI
PROMEDIO	728,174	627,964	21,867	

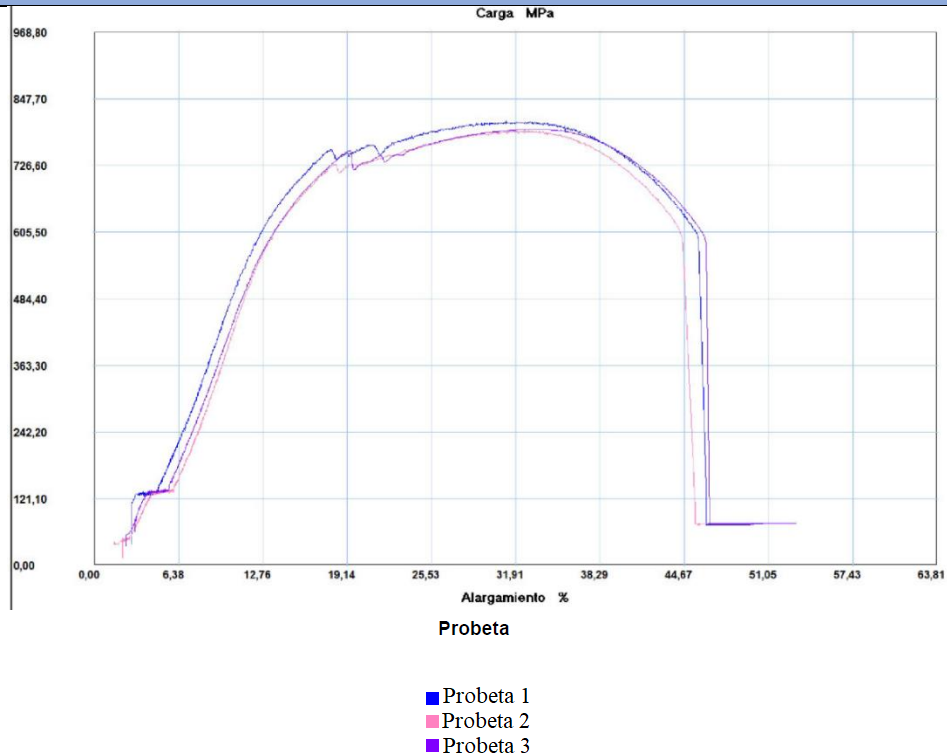
En los siguientes resultados obtenidos en el ensayo nos indica que % de elongación de la probeta P5-1SRTA3/32 no cumplen con lo requerido por el Código AWS D1.8, por ende, esta probeta no se aprueba.

4.2.7. ENSAYO DE TRACCIÓN DE LAS PROBETAS CON MATERIAL DE APORTE E7018-SR DIÁMETRO 3/32”.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA 			
DATOS INFORMATIVOS			
Autorizado por :	Ing. Mg. Oscar Analuiza	Realizado por :	Eduardo Ronquillo
Ciudad:	Ambato	Fecha ejecución	26-03-2019
Laboratorio	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero	N° de Probeta	P6-1SRTB3/32 P6-2SRTB3/32 P6-3SRTB3/32
ESPECIFICACIONES DEL ESPÉCIMEN			
Material Base	Acero	Tipo	ASTM A 36
Diámetro	12.6	Material de aporte	ELECTRODO E7018-SR
Longitud calibrada	50	Precarga	5000N
Características	Cilíndrica	Proceso de soldadura	SMAW
Humedad relativa	47,8%	Temperatura Ambiente	28,3 °C
GRÁFICO DE REFERENCIA DEL ESPÉCIMEN			
			
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Código aplicado	AWS D1.8-D1.8M	Equipo	Máquina de Ensayos Universal para Metales Metro test 1500 KN
Código de referencia	AWS B4.0(Anexo E-1) ASTM E8M(Anexo E-2)	Método	Deformación Controlada
OBSERVACIÓN			
<ul style="list-style-type: none"> • La probeta se obtiene de una junta soldada a tope con ranura en V, posición 1G, 18 pases con electrodo E7018-SR 3/32”, con temperatura baja de precalentamiento. • Maquinado en torno. 			

EVALUACIÓN DEL ENSAYO DE TRACCIÓN

RESULTADOS



CÁLCULOS

Cálculo porcentaje de alargamiento (ϵ):

$$\epsilon = \frac{l_f - l_0}{l_0} * 100 \quad \epsilon_{P1} = 26,94 \quad \epsilon_{P2} = 24,68 \quad \epsilon_{P3} = 24,44$$

Smith, William. Fundamentos de la Ciencia e Ingeniería de los Materiales, 4ta Edición (Pág. 269).

Cálculo de resistencia última tracción (S_{ut}):

$$S_{ut} = \frac{P_m}{A_0} \quad S_{ut P1} = 807,34M \quad S_{ut P2} = 789,75M \quad S_{ut P3} = 792,14M$$

Shigley (2008). Diseño de Ingeniería Mecánica, Octava Edición (Pág. 28)

Cálculo de límite de fluencia (S_y):

$$S_{\epsilon=0.2\%} \quad S_{P1} = 755,74MPa \quad S_{P2} = 729,58MPa \quad S_{P3} = 753,49MPa$$

Shigley (2008). Diseño de Ingeniería Mecánica, Octava Edición (Pág. 29)

VERIFICACIÓN Y APROBACIÓN

	Sut (Mpa)	Sy (Mpa)	%Elongación	Rotura dentro de la zona calibrada
Código AWS D1.8	480	400	22	
P6-1SRTB3/32	807,34	755,74	26,94	SI
P6-2SRTB3/32	789,75	729,58	24,68	SI
P6-3SRTB3/32	792,14	753,49	24,44	SI
PROMEDIO	796,409	746,270	25,353	

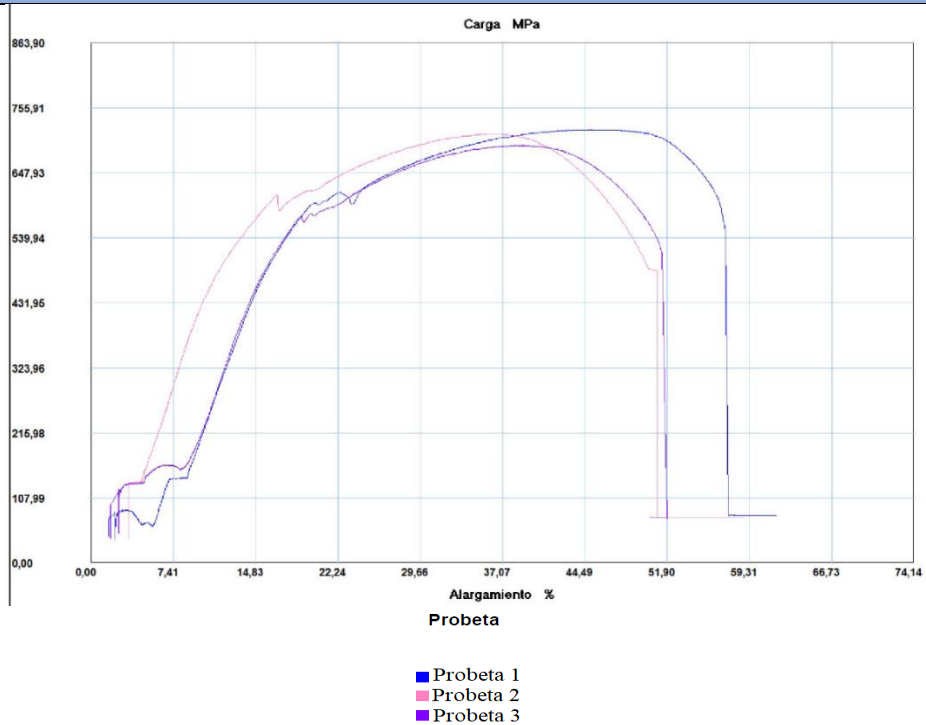
En los siguientes resultados obtenidos en el ensayo tienden hacer superiores a los requeridos por el Código AWS D1.8, por ende, se aprueba.

4.2.8. ENSAYO DE TRACCIÓN DE LAS PROBETAS CON MATERIAL DE APORTE E7018-SR DIÁMETRO 1/8”.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
DATOS INFORMATIVOS					
Autorizado por :		Ing. Mg. Oscar Analuiza		Realizado por :	
Ciudad:		Ambato		Fecha ejecución	
Laboratorio		Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero		N° de Probeta	
				P7-1SRTA1/8 P7-2SRTA1/8 P7-3SRTA1/8	
ESPECIFICACIONES DEL ESPÉCIMEN					
Material Base		Acero		Tipo	
Diámetro		12,54		Material de aporte	
Longitud calibrada		50		Precarga	
Características		Cilíndrica		Proceso de soldadura	
Humedad relativa		55,1%		Temperatura Ambiente	
				ASTM A 36 ELECTRODO E7018-SR 5000N SMAW 23,4 °C	
GRÁFICO DE REFERENCIA DEL ESPÉCIMEN					
					
PARÁMETROS DE ENSAYO					
Código aplicado		AWS D1.8-D1.8M		Equipo	
Código de referencia		AWS B4.0(Anexo E-1) ASTM E8M(Anexo E-2)		Método	
				Máquina de Ensayos Universal para Metales Metro test 1500 KN Deformación Controlada	
OBSERVACIÓN					
<ul style="list-style-type: none"> • La probeta se obtiene de una junta soldada a tope con ranura en V, posición 1G, 14 pases con electrodo E7018-SR 1/8”, con temperatura alta de precalentamiento. • Maquinado en torno. 					

EVALUACIÓN DEL ENSAYO DE TRACCIÓN

RESULTADOS



CÁLCULOS

Cálculo porcentaje de alargamiento (ϵ):

$$\epsilon = \frac{l_f - l_0}{l_0} * 100 \quad \epsilon_{P1} = 27,82 \quad \epsilon_{P2} = 25,78 \quad \epsilon_{P3} = 27,86$$

Smith, William. Fundamentos de la Ciencia e Ingeniería de los Materiales, 4ta Edición (Pág. 269).

Cálculo de resistencia última tracción (S_{ut}):

$$S_{ut} = \frac{P_m}{A_0} \quad S_{ut P1} = 719,92M \quad S_{ut P2} = 712,82M \quad S_{ut P3} = 693,68M$$

Shigley (2008). Diseño de Ingeniería Mecánica, Octava Edición (Pág. 28)

Cálculo de límite de fluencia (S_y):

$$S_{\epsilon=0.2\%} \quad S_{P1}=598,26MPa \quad S_{P2}=611,45MPa \quad S_{P3}=575,25MPa$$

Shigley (2008). Diseño de Ingeniería Mecánica, Octava Edición (Pág. 29)

VERIFICACIÓN Y APROBACIÓN

	Sut (MPa)	Sy (MPa)	%Elongación	Rotura dentro de la zona calibrada
Código AWS D1.8	480	400	22	
P7-1SRTA1/8	719,92	598,26	27,82	SI
P7-2SRTA1/8	712,82	611,45	25,78	SI
P7-3SRTA1/8	693,68	575,25	27,86	SI
PROMEDIO	708,807	594,986	27,153	

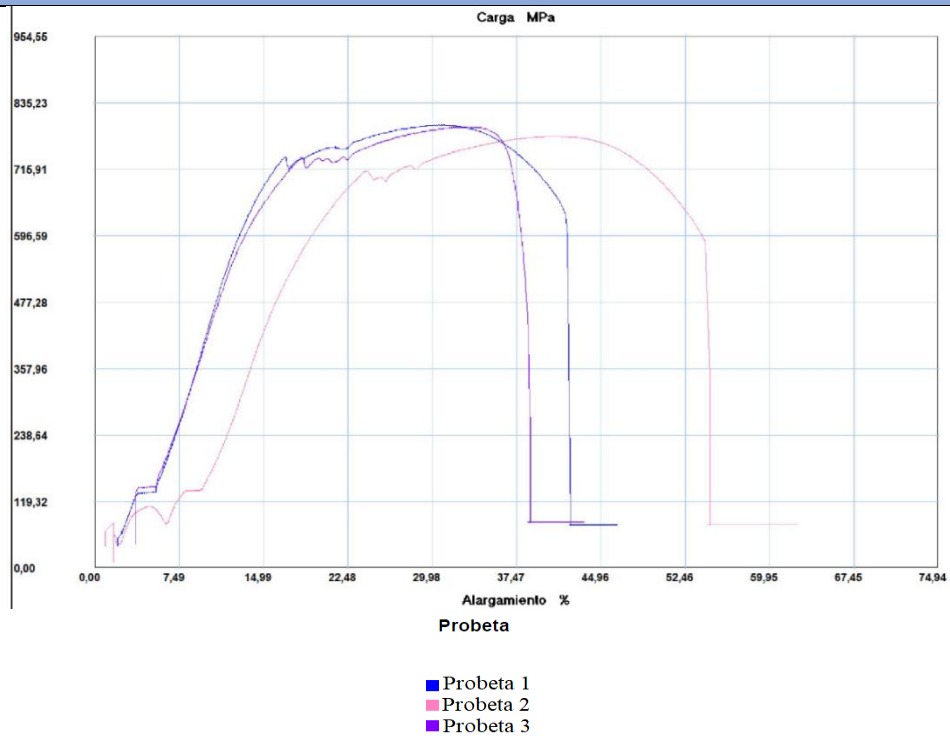
En los siguientes resultados obtenidos en el ensayo tienden hacer superiores a los requeridos por el Código AWS D1.8, por ende, se aprueba.

4.2.9. ENSAYO DE TRACCIÓN DE LAS PROBETAS CON MATERIAL DE APORTE E7018-SR DIÁMETRO 1/8”.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA 			
DATOS INFORMATIVOS			
Autorizado por :	Ing. Mg. Oscar Analuiza	Realizado por :	Eduardo Ronquillo
Ciudad:	Ambato	Fecha ejecución	26-03-2019
Laboratorio	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero	N° de Probeta	P8-1SRTB1/8 P8-2SRTB1/8 P8-3SRTB1/8
ESPECIFICACIONES DEL ESPÉCIMEN			
Material Base	Acero	Tipo	ASTM A 36
Diámetro	12,38	Material de aporte	ELECTRODO E7018-SR
Longitud calibrada	50	Precarga	5000N
Características	Cilíndrica	Proceso de soldadura	SMAW
Humedad relativa	52,5%	Temperatura Ambiente	23,8 °C
GRÁFICO DE REFERENCIA DEL ESPÉCIMEN			
			
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Código aplicado	AWS D1.8-D1.8M	Equipo	Máquina de Ensayos Universal para Metales Metro test 1500 KN
Código de referencia	AWS B4.0(Anexo E-1) ASTM E8M(Anexo E-2)	Método	Deformación Controlada
OBSERVACIÓN			
<ul style="list-style-type: none"> • La probeta se obtiene de una junta soldada a tope con ranura en V, posición 1G, 14 pases con electrodo E7018-SR 1/8”, con temperatura baja de precalentamiento. • Maquinado en torno. 			

EVALUACIÓN DEL ENSAYO DE TRACCIÓN

RESULTADOS



CÁLCULOS

Cálculo porcentaje de alargamiento (ϵ):

$$\epsilon = \frac{l_f - l_0}{l_0} * 100 \quad \epsilon_{P1} = 22,72 \quad \epsilon_{P2} = 25,84 \quad \epsilon_{P3} = 12,94$$

Smith, William. Fundamentos de la Ciencia e Ingeniería de los Materiales, 4ta Edición (Pág. 269).

Cálculo de resistencia última tracción (S_{ut}):

$$S_{ut} = \frac{P_m}{A_0} \quad S_{ut P1} = 795,46M \quad S_{ut P2} = 775,01M \quad S_{ut P3} = 792,21M$$

Shigley (2008). Diseño de Ingeniería Mecánica, Octava Edición (Pág. 28)

Cálculo de límite de fluencia (S_y):

$$S_{\epsilon=0.2\%} \quad S_{P1} = 738,06MPa \quad S_{P2} = 713,09MPa \quad S_{P3} = 736,49MPa$$

Shigley (2008). Diseño de Ingeniería Mecánica, Octava Edición (Pág. 29)

VERIFICACIÓN Y APROBACIÓN

	Sut (Mpa)	Sy (Mpa)	%Elongación	Rotura dentro de la zona calibrada
Código AWS D1.8	480	400	22	
P8-1SRTB1/8	795,46	738,06	22,72	SI
P8-2SRTB1/8	775,01	713,09	25,84	SI
P8-3SRTB1/8	792,21	736,49	12,94	NO
PROMEDIO	787,560	729,214	20,500	

En los siguientes resultados obtenidos en el ensayo nos indica que el valor del % de elongación de la probeta P8-3SRTB1/8 no cumple con lo requerido por el Código AWS D1.8, por ende, esta probeta no se aprueba.

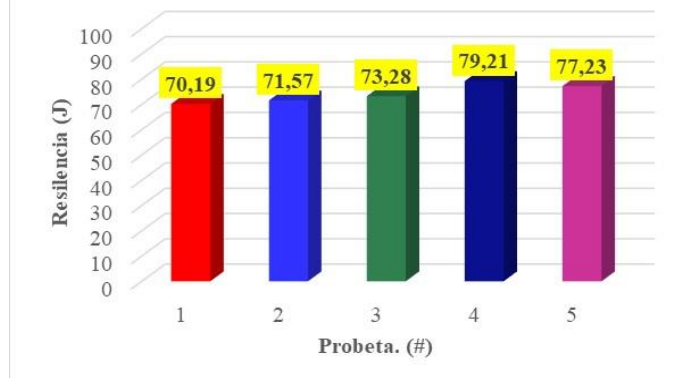
4.2.10. ENSAYO DE IMPACTO DE ACERO ASTM A 36 COMO VIENE DE FÁBRICA

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> <p>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</p> </div>  </div>			
DATOS INFORMATIVOS			
Autorizado por	Ing. Mg. Oscar Analuiza	Realizado por :	Eduardo Ronquillo
Ubicación	Ambato	Fecha ejecución	04-04-2019
Laboratorio	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero	Nº de Probeta	5
ESPECIFICACIONES DEL ESPÉCIMEN			
Material Base	Acero	Tipo	ASTM A 36
Dimensiones	10x10x55 (mm)	Material de aporte	NA
Numero de ensayos	5 probetas	Temperatura A:	23.6 °C
Entalla	Tipo en V (2mm)	Proceso de soldadura	SMAW
GRÁFICO DE REFERENCIA DEL ESPÉCIMEN			
 			
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Código aplicado	ASTM E-23 (Anexo E-3)	Equipo	Máquina Ensayo Charpy. PIC 450 J
Código de referencia	AWS B4.0 (Anexo E-1)	Tiempo de ensayo	4 min
OBSERVACIÓN			
<ul style="list-style-type: none"> Las probetas se obtienen sin ningún material de aporte Maquinada en torno y fresa. 			

EVALUACIÓN ENSAYO DE IMPACTO (Anexo D-3)

RESULTADOS

N PROBETA	ENERGÍA IMPACTO (J)
P 1	70,19
P 2	71,57
P 3	73,28
P 4	79,21
P 5	77,23
PROMEDIO	74,296



INTERPRETACION DE RESULTADOS

Las probetas sin ningún material de aporte registra un promedio de 74,296 Joules, la energía mínima es de 70,19 Joules y la máxima de 79,21 Joules.

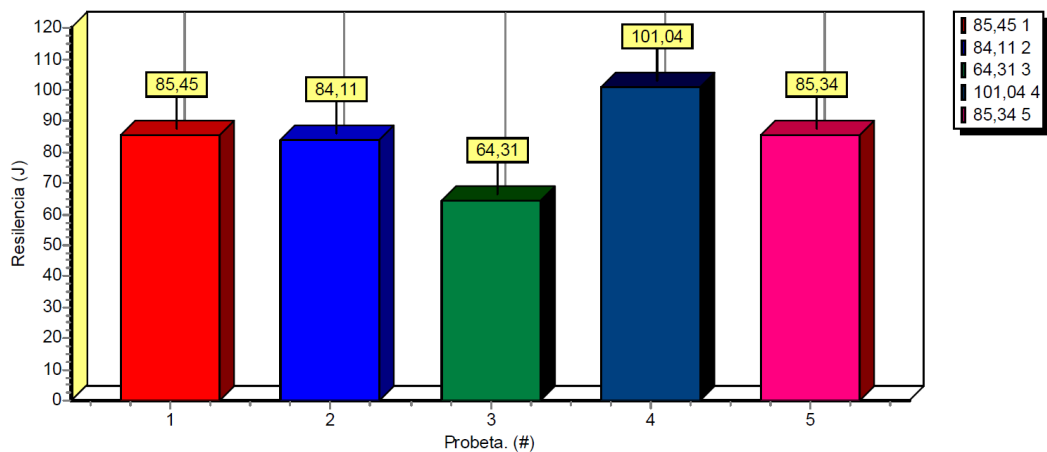
4.2.11. ENSAYO DE IMPACTO DE LAS PROBETAS CON MATERIAL DE APORTE E7018-AR DIÁMETRO 3/32”.

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
DATOS INFORMATIVOS			
Autorizado por	Ing. Mg. Oscar Analuiza	Realizado por :	Eduardo Ronquillo
Ubicación	Ambato	Fecha ejecución	04-04-2019
Laboratorio	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero	N° de Probeta	P1-1ARTA3/32 P1-2ARTA3/32 P1-3ARTA3/32 P1-4ARTA3/32 P1-5ARTA3/32
ESPECIFICACIONES DEL ESPÉCIMEN			
Material Base	Acero	Tipo	ASTM A 36
Dimensiones (mm)	10x10x55	Material de aporte	ELECTRODO E7018-AR
Numero de ensayos	5 probetas	Acondicionamiento de la T° (probeta)	-18 ° C
Entalla	Tipo en V (2mm) 45°	Proceso de soldadura	SMAW
Humedad relativa	54,1%	Temperatura Ambiente	24,9 ° C
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Código aplicado	AWS D1.8-D1.8M	Equipo	Máquina Ensayo Charpy. PIC 450 J
Código de referencia	AWS B4.0 (Anexo E-1) ASTM E23 (Anexo E-3)	N° de placa de ensayo	1
GRÁFICO REFERENCIAL DEL ESPÉCIMEN			
			

EVALUACIÓN ENSAYO DE IMPACTO

REGISTRO DE RESULTADOS

N Probeta	Ubicación de Entalla	T °C	Altura (cm)	Energía absorbida (J)	Resistencia al impacto (KCU) (J/cm ²)	Aspecto de la fractura (% de cizallamiento)	Fractura de la probeta
P1-1ARTA3/32	Cordón	-18	9,52	85,45	1,149	40	SI
P1-2ARTA3/32	Cordón	-18	9,55	84,11	1,170	40	SI
P1-3ARTA3/32	Cordón	-18	9,41	64,31	0,880	40	SI
P1-4ARTA3/32	Cordón	-18	9,39	101,04	1,337	40	SI
P1-5ARTA3/32	Cordón	-18	9,3	85,34	1,173	50	SI
Promedio				84,050	1,142	42	



INTERPRETACION DE RESULTADOS

- Los resultados en las probetas ensayadas se observan que tienen un promedio de energía absorbida de 84,050 J, por lo cual, cumple con lo requerido por el Código AWS D1.8 de 27 J a -18 °C.
- El mayor valor registrado es de 101,04 J, el menor valor es 64,31 J, los mismos que no se tomarán en cuenta, según lo que nos indica el Código AWS D1.8.
- Se procedió a descartar el mayor y menor valor anteriormente mencionados, teniendo así un nuevo promedio de 84,96 J, por lo cual, cumple con lo requerido por el Código AWS D1.8 de 27 J a -18 °C
- En las probetas ensayadas el promedio de la fractura de cizallamiento es 42%.



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



DATOS INFORMATIVOS

Autorizado por	Ing. Mg. Oscar Analuiza	Realizado por :	Eduardo Ronquillo
Ubicación	Ambato	Fecha ejecución	04-04-2019
Laboratorio	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero	N° de Probeta	P2-1ARTA3/32 P2-2ARTA3/32 P2-3ARTA3/32 P2-4ARTA3/32 P2-5ARTA3/32

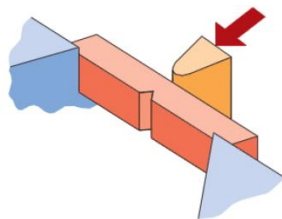
ESPECIFICACIONES DEL ESPÉCIMEN

Material Base	Acero	Tipo	ASTM A 36
Dimensiones (mm)	10x10x55	Material de aporte	ELECTRODO E7018-AR
Numero de ensayos	5 probetas	Acondicionamiento de la T° (probeta)	-18 ° C
Entalla	Tipo en V (2mm) 45°	Proceso de soldadura	SMAW
Humedad relativa	52,1%	Temperatura Ambiente	24,9 ° C

PARÁMETROS DE ENSAYO

Código aplicado	AWS D1.8-D1.8M	Equipo	Máquina Ensayo Charpy. PIC 450 J
Código de referencia	AWS B4.0 (Anexo E-1) ASTM E23 (Anexo E-3)	N° de placa de ensayo	3

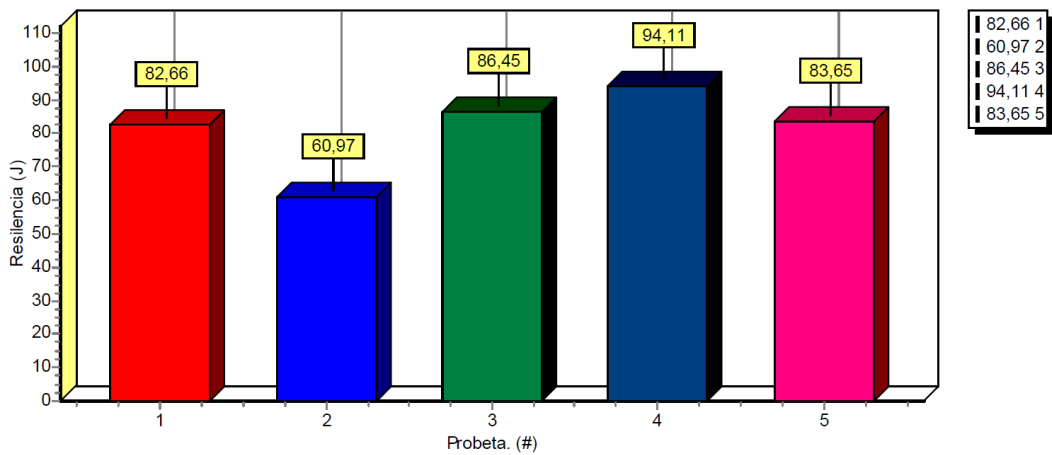
GRÁFICO REFERENCIAL DEL ESPÉCIMEN



EVALUACIÓN ENSAYO DE IMPACTO

REGISTRO DE RESULTADOS

N Probeta	Ubicación de Entalla	T °C	Altura (cm)	Energía absorbida (J)	Resistencia al impacto (KCU) (J/cm ²)	Aspecto de la fractura (% de cizallamiento)	Fractura de la probeta
P2-1ARTA3/32	Cordón	-18	9,75	82,66	1,068	40	SI
P2-2ARTA3/32	Cordón	-18	9,75	60,97	0,777	40	SI
P2-3ARTA3/32	Cordón	-18	9,7	86,45	1,173	40	SI
P2-4ARTA3/32	Cordón	-18	9,75	94,11	1,290	40	SI
P2-5ARTA3/32	Cordón	-18	9,82	83,65	1,077	50	SI
Promedio				81,568	1,077	42	



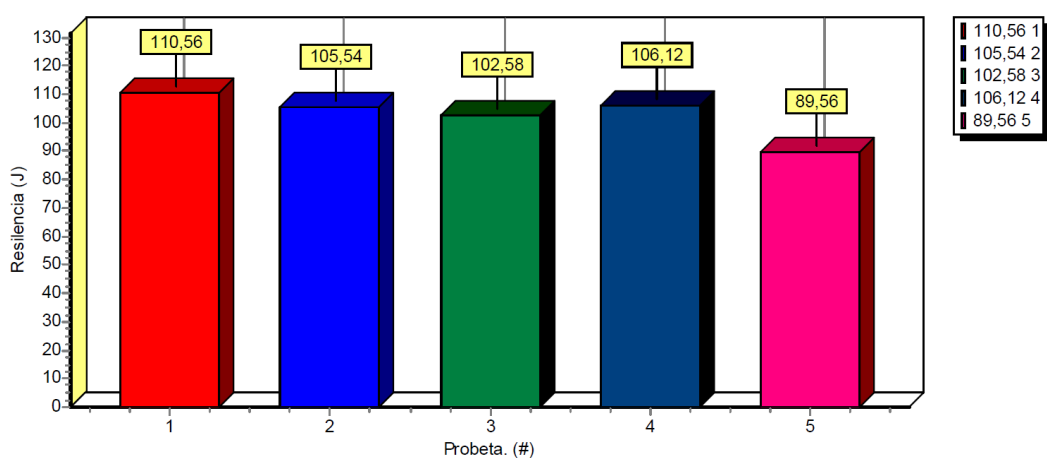
INTERPRETACION DE RESULTADOS

- Los resultados en las probetas ensayadas se observan que tienen un promedio de energía absorbida de 81,568 J, por lo cual, cumple con lo requerido por el Código AWS D1.8 de 27 J a -18 °C.
- El mayor valor registrado es de 94,11 J, el menor valor es 60,97 J, los mismos que no se tomarán en cuenta, según lo que nos indica el Código AWS D1.8.
- Se procedió a descartar el mayor y menor valor anteriormente mencionados, teniendo así un nuevo promedio de 84,25 J, por lo cual, cumple con lo requerido por el Código AWS D1.8 de 27 J a -18 °C.
- En las probetas ensayadas el promedio de la fractura de cizallamiento es 42%.

4.2.12. ENSAYO DE IMPACTO DE LAS PROBETAS CON MATERIAL DE APORTE E7018-AR DIÁMETRO 3/32”.

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
DATOS INFORMATIVOS			
Autorizado por	Ing. Mg. Oscar Analuiza	Realizado por :	Eduardo Ronquillo
Ubicación	Ambato	Fecha ejecución	04-04-2019
Laboratorio	Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero	N° de Probeta	P3-1ARTB3/32 P3-2ARTB3/32 P3-3ARTB3/32 P3-4ARTB3/32 P3-5ARTB3/32
ESPECIFICACIONES DEL ESPÉCIMEN			
Material Base	Acero	Tipo	ASTM A 36
Dimensiones (mm)	10x10x55	Material de aporte	ELECTRODO E7018-AR
Numero de ensayos	5 probetas	Acondicionamiento de la T° (probeta)	-18 ° C
Entalla	Tipo en V (2mm) 45°	Proceso de soldadura	SMAW
Humedad relativa	52,1%	Temperatura Ambiente	25,1 ° C
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Código aplicado	AWS D1.8-D1.8M	Equipo	Máquina Ensayo Charpy. PIC 450 J
Código de referencia	AWS B4.0 (Anexo E-1) ASTM E23 (Anexo E-3)	N° de placa de ensayo	1
GRÁFICO REFERENCIAL DEL ESPÉCIMEN			
			
EVALUACIÓN ENSAYO DE IMPACTO			
REGISTRO DE RESULTADOS			

N Probeta	Ubicación de Entalla	T °C	Altura (cm)	Energía absorbida (J)	Resistencia al impacto (KCU) (J/cm ²)	Aspecto de la fractura (% de cizallamiento)	Fractura de la probeta
P3-1ARTB3/32	Cordón	-18	9,33	110,56	1,531	50	SI
P3-2ARTB3/32	Cordón	-18	9,53	105,54	1,400	40	SI
P3-3ARTB3/32	Cordón	-18	9,78	102,58	1,393	40	SI
P3-4ARTB3/32	Cordón	-18	9,82	106,12	1,359	40	SI
P3-5ARTB3/32	Cordón	-18	10	89,56	1,129	40	SI
Promedio				102,872	1,363	42	



INTERPRETACION DE RESULTADOS

- Los resultados en las probetas ensayadas se observan que tienen un promedio de energía absorbida de 102,87 J, por lo cual, cumple con lo requerido por el Código AWS D1.8 de 27 J a -18 °C.
- El mayor valor registrado es de 110,56 J, el menor valor es 89,56 J, los mismos que no se tomarán en cuenta, según lo que nos indica el Código AWS D1.8.
- Se procedió a descartar el mayor y menor valor anteriormente mencionados, teniendo así un nuevo promedio de 104,75 J, por lo cual, cumple con lo requerido por el Código AWS D1.8 de 27 J a -18 °C.
- En las probetas ensayadas el promedio de la fractura de cizallamiento es 42%.



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



DATOS INFORMATIVOS

Autorizado por	Ing. Mg. Oscar Analuiza	Realizado por :	Eduardo Ronquillo
Ubicación	Ambato	Fecha ejecución	04-04-2019
Laboratorio	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero	N° de Probeta	P4-1ARTB3/32 P4-2ARTB3/32 P4-3ARTB3/32 P4-4ARTB3/32 P4-5ARTB3/32

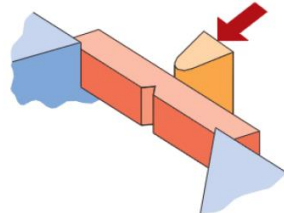
ESPECIFICACIONES DEL ESPÉCIMEN

Material Base	Acero	Tipo	ASTM A 36
Dimensiones (mm)	10x10x55	Material de aporte	ELECTRODO E7018-AR
Numero de ensayos	5 probetas	Acondicionamiento de la T° (probeta)	-18 ° C
Entalla	Tipo en V (2mm) 45°	Proceso de soldadura	SMAW
Humedad relativa	51,7%	Temperatura Ambiente	25,2 ° C

PARÁMETROS DE ENSAYO

Código aplicado	AWS D1.8-D1.8M	Equipo	Máquina Ensayo Charpy. PIC 450 J
Código de referencia	AWS B4.0 (Anexo E-1) ASTM E23 (Anexo E-3)	N° de placa de ensayo	2

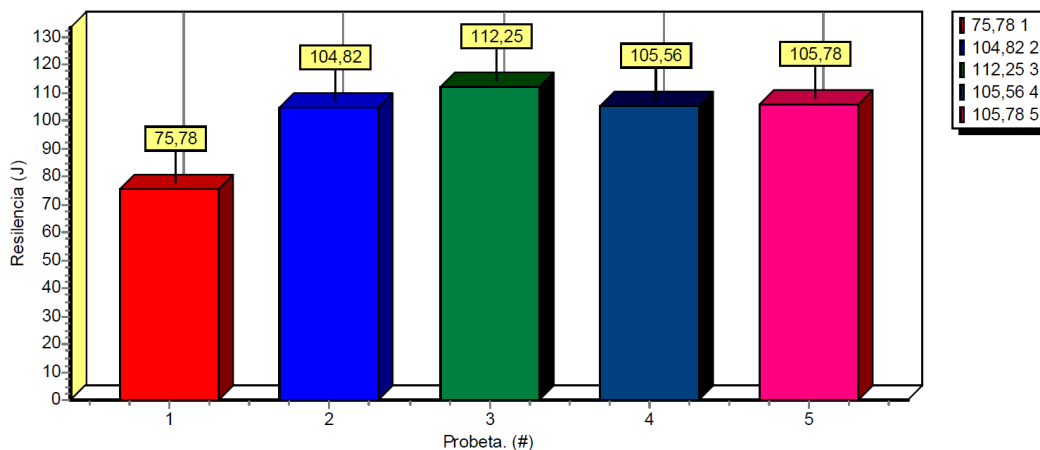
GRÁFICO REFERENCIAL DEL ESPÉCIMEN



EVALUACIÓN ENSAYO DE IMPACTO

REGISTRO DE RESULTADOS

N Probeta	Ubicación de Entalla	T °C	Altura (cm)	Energía absorbida (J)	Resistencia al impacto (KCU) (J/cm ²)	Aspecto de la fractura (% de cizallamiento)	Fractura de la probeta
P4-1ARTB3/32	Cordón	-18	9,51	75,78	1,042	40	SI
P4-2ARTB3/32	Cordón	-18	9,51	104,82	1,489	50	SI
P4-3ARTB3/32	Cordón	-18	9,58	112,25	1,556	50	SI
P4-4ARTB3/32	Cordón	-18	9,49	105,56	1,462	50	SI
P4-5ARTB3/32	Cordón	-18	9,45	105,78	1,553	50	SI
Promedio				100,838	1,420	48	



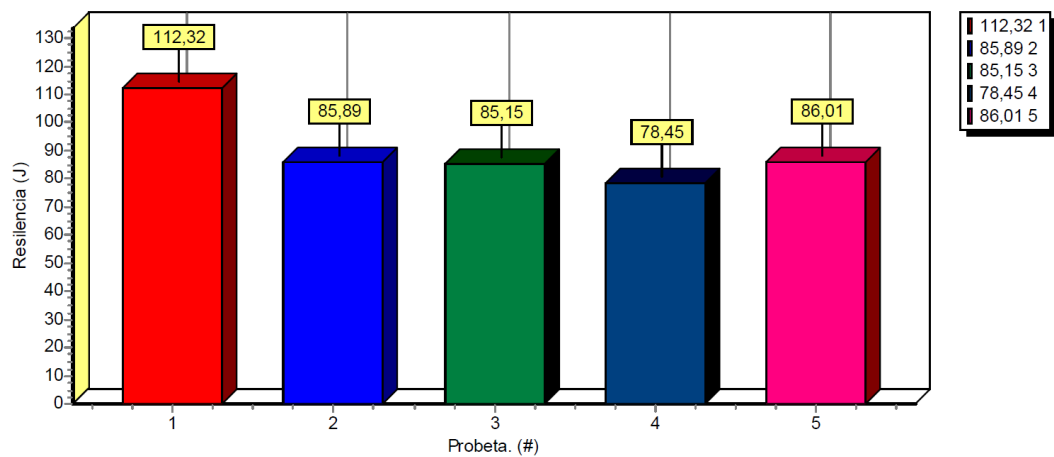
INTERPRETACION DE RESULTADOS

- Los resultados en las probetas ensayadas se observan que tienen un promedio de energía absorbida de 100,84 J, por lo cual, cumple con lo requerido por el Código AWS D1.8 de 27 J a -18 °C.
- El mayor valor registrado es de 112,25 J, el menor valor es 75,78 J, los mismos que no se tomarán en cuenta, según lo que nos indica el Código AWS D1.8.
- Se procedió a descartar el mayor y menor valor anteriormente mencionados, teniendo así un nuevo promedio de 105,39 J, por lo cual, cumple con lo requerido por el Código AWS D1.8 de 27 J a -18 °C.
- En las probetas ensayadas el promedio de la fractura de cizallamiento es 48%.

4.2.13. ENSAYO DE IMPACTO DE LAS PROBETAS CON MATERIAL DE APORTE E7018-AR DIÁMETRO 1/8”.

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
DATOS INFORMATIVOS			
Autorizado por	Ing. Mg. Oscar Analuiza	Realizado por :	Eduardo Ronquillo
Ubicación	Ambato	Fecha ejecución	04-04-2019
Laboratorio	Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero	N° de Probeta	P5-1ARTA1/8 P5-2ARTA1/8 P5-3ARTA1/8 P5-4ARTA1/8 P5-5ARTA1/8
ESPECIFICACIONES DEL ESPÉCIMEN			
Material Base	Acero	Tipo	ASTM A 36
Dimensiones (mm)	10x10x55	Material de aporte	ELECTRODO E7018-AR
Numero de ensayos	5 probetas	Acondicionamiento de la T° (probeta)	-18 ° C
Entalla	Tipo en V (2mm) 45°	Proceso de soldadura	SMAW
Humedad relativa	51,2%	Temperatura Ambiente	25,3 ° C
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Código aplicado	AWS D1.8-D1.8M	Equipo	Máquina Ensayo Charpy. PIC 450 J
Código de referencia	AWS B4.0 (Anexo E-1) ASTM E23 (Anexo E-3)	N° de placa de ensayo	1
GRÁFICO REFERENCIAL DEL ESPÉCIMEN			
			
EVALUACIÓN ENSAYO DE IMPACTO			
REGISTRO DE RESULTADOS			

N Probeta	Ubicación de Entalla	T °C	Altura (cm)	Energía absorbida (J)	Resistencia al impacto (KCU) (J/cm ²)	Aspecto de la fractura (% de cizallamiento)	Fractura de la probeta
P5-1ARTA1/8	Cordón	-18	9,72	112,32	1,481	40	SI
P5-2ARTA1/8	Cordón	-18	9,73	85,89	1,080	50	SI
P5-3ARTA1/8	Cordón	-18	9,68	85,15	1,135	40	SI
P5-4ARTA1/8	Cordón	-18	9,61	78,45	1,037	40	SI
P5-5ARTA1/8	Cordón	-18	9,47	86,01	1,173	40	SI
Promedio				89,564	1,182	42	



INTERPRETACION DE RESULTADOS

- Los resultados en las probetas ensayadas se observan que tienen un promedio de energía absorbida de 89,56 J, por lo cual, cumple con lo requerido por el Código AWS D1.8 de 27 J a -18 °C.
- El mayor valor registrado es de 112,32 J, el menor valor es 78,45 J, los mismos que no se tomarán en cuenta, según lo que nos indica el Código AWS D1.8.
- Se procedió a descartar el mayor y menor valor anteriormente mencionados, teniendo así un nuevo promedio de 85,68 J, por lo cual, cumple con lo requerido por el Código AWS D1.8 de 27 J a -18 °C.
- En las probetas ensayadas el promedio de la fractura de cizallamiento es 42%.



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



DATOS INFORMATIVOS

Autorizado por	Ing. Mg. Oscar Analuiza	Realizado por :	Eduardo Ronquillo
Ubicación	Ambato	Fecha ejecución	04-04-2019
Laboratorio	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero	N° de Probeta	P6-1ARTA1/8 P6-2ARTA1/8 P6-3ARTA1/8 P6-4ARTA1/8 P6-5ARTA1/8

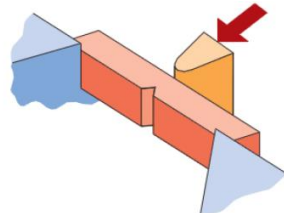
ESPECIFICACIONES DEL ESPÉCIMEN

Material Base	Acero	Tipo	ASTM A 36
Dimensiones (mm)	10x10x55	Material de aporte	ELECTRODO E7018-AR
Numero de ensayos	5 probetas	Acondicionamiento de la T° (probeta)	-18 ° C
Entalla	Tipo en V (2mm) 45°	Proceso de soldadura	SMAW
Humedad relativa	60,3%	Temperatura Ambiente	25,5 ° C

PARÁMETROS DE ENSAYO

Código aplicado	AWS D1.8-D1.8M	Equipo	Máquina Ensayo Charpy. PIC 450 J
Código de referencia	AWS B4.0 (Anexo E-1) ASTM E23 (Anexo E-3)	N° de placa de ensayo	3

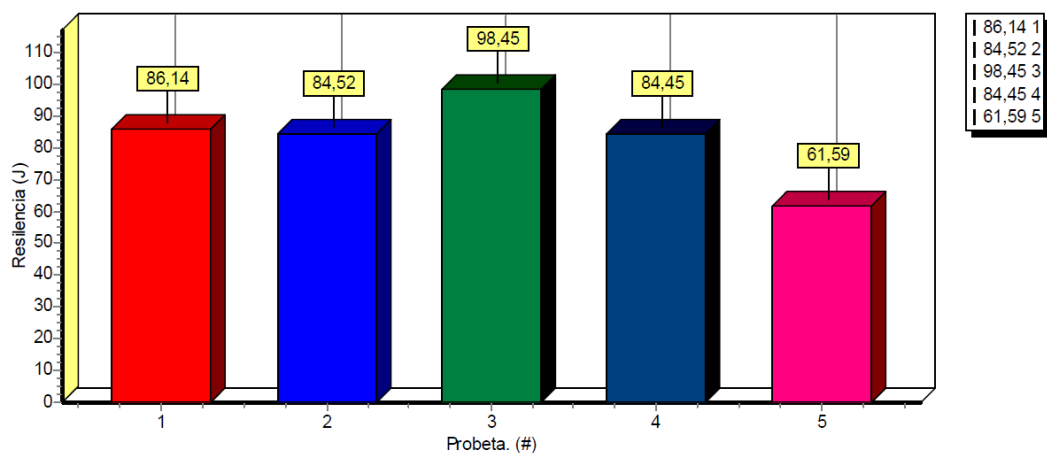
GRÁFICO REFERENCIAL DEL ESPÉCIMEN



EVALUACIÓN ENSAYO DE IMPACTO

REGISTRO DE RESULTADOS

N Probeta	Ubicación de Entalla	T °C	Altura (cm)	Energía absorbida (J)	Resistencia al impacto (KCU) (J/cm ²)	Aspecto de la fractura (% de cizallamiento)	Fractura de la probeta
P6-1ARTA1/8	Cordón	-18	9,84	86,14	1,081	50	SI
P6-2ARTA1/8	Cordón	-18	9,67	84,52	1,091	40	SI
P6-3ARTA1/8	Cordón	-18	10,08	98,45	1,241	40	SI
P6-4ARTA1/8	Cordón	-18	10,02	84,45	1,088	40	SI
P6-5ARTA1/8	Cordón	-18	9,9	61,59	0,781	40	SI
Promedio				83,030	1,056	42	



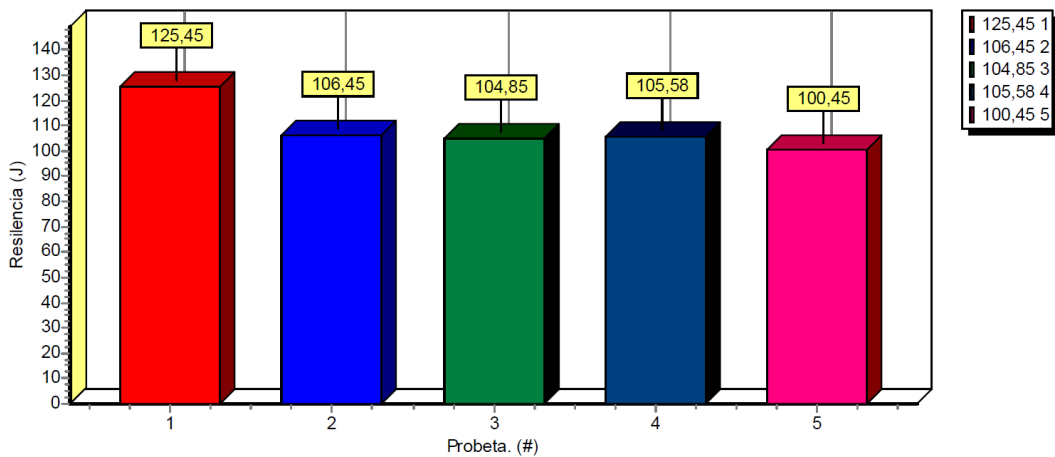
INTERPRETACION DE RESULTADOS

- Los resultados en las probetas ensayadas se observan que tienen un promedio de energía absorbida de 83,030 J, por lo cual, cumple con lo requerido por el Código AWS D1.8 de 27 J a -18 °C.
- El mayor valor registrado es de 98,45 J, el menor valor es 61,59 J, los mismos que no se tomarán en cuenta, según lo que nos indica el Código AWS D1.8.
- Se procedió a descartar el mayor y menor valor anteriormente mencionados, teniendo así un nuevo promedio de 85,04 J, por lo cual, cumple con lo requerido por el Código AWS D1.8 de 27 J a -18 °C.
- En las probetas ensayadas el promedio de la fractura de cizallamiento es 42%.

4.2.14. ENSAYO DE IMPACTO DE LAS PROBETAS CON MATERIAL DE APORTE E7018-AR DIÁMETRO 1/8”.

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
DATOS INFORMATIVOS			
Autorizado por	Ing. Mg. Oscar Analuiza	Realizado por :	Eduardo Ronquillo
Ubicación	Ambato	Fecha ejecución	04-04-2019
Laboratorio	Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero	N° de Probeta	P7-1ARTB1/8 P7-2ARTB1/8 P7-3ARTB1/8 P7-4ARTB1/8 P7-5ARTB1/8
ESPECIFICACIONES DEL ESPÉCIMEN			
Material Base	Acero	Tipo	ASTM A 36
Dimensiones (mm)	10x10x55	Material de aporte	ELECTRODO E7018-AR
Numero de ensayos	5 probetas	Acondicionamiento de la T° (probeta)	-18 ° C
Entalla	Tipo en V (2mm) 45°	Proceso de soldadura	SMAW
Humedad relativa	51,2%	Temperatura Ambiente	25,7 ° C
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Código aplicado	AWS D1.8-D1.8M	Equipo	Máquina Ensayo Charpy. PIC 450 J
Código de referencia	AWS B4.0 (Anexo E-1) ASTM E23 (Anexo E-3)	N° de placa de ensayo	1
GRÁFICO REFERENCIAL DEL ESPÉCIMEN			
			
EVALUACIÓN ENSAYO DE IMPACTO			
REGISTRO DE RESULTADOS			

N Probeta	Ubicación de Entalla	T °C	Altura (cm)	Energía absorbida (J)	Resistencia al impacto (KCU) (J/cm ²)	Aspecto de la fractura (% de cizallamiento)	Fractura de la probeta
P7-1ARTB1/8	Cordón	-18	10,4	125,45	1,585	50	SI
P7-2ARTB1/8	Cordón	-18	10,39	106,45	1,339	40	SI
P7-3ARTB1/8	Cordón	-18	10,47	104,85	1,321	50	SI
P7-4ARTB1/8	Cordón	-18	10,55	105,58	1,272	50	SI
P7-5ARTB1/8	Cordón	-18	10,15	100,45	1,251	50	SI
Promedio				108,556	1,354	48	



INTERPRETACION DE RESULTADOS

- Los resultados en las probetas ensayadas se observan que tienen un promedio de energía absorbida de 108,55 J, por lo cual, cumple con lo requerido por el Código AWS D1.8 de 27 J a -18 °C.
- El mayor valor registrado es de 125,45 J, el menor valor es 100,45 J, los mismos que no se tomarán en cuenta, según lo que nos indica el Código AWS D1.8.
- Se procedió a descartar el mayor y menor valor anteriormente mencionados, teniendo así un nuevo promedio de 105,63 J, por lo cual, cumple con lo requerido por el Código AWS D1.8 de 27 J a -18 °C.
- En las probetas ensayadas el promedio de la fractura de cizallamiento es 48%.



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



DATOS INFORMATIVOS

Autorizado por	Ing. Mg. Oscar Analuiza	Realizado por :	Eduardo Ronquillo
Ubicación	Ambato	Fecha ejecución	04-04-2019
Laboratorio	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero	N° de Probeta	P8-1ARTB1/8 P8-2ARTB1/8 P8-3ARTB1/8 P8-4ARTB1/8 P8-5ARTB1/8

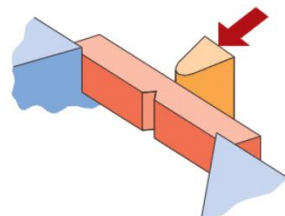
ESPECIFICACIONES DEL ESPÉCIMEN

Material Base	Acero	Tipo	ASTM A 36
Dimensiones (mm)	10x10x55	Material de aporte	ELECTRODO E7018-AR
Numero de ensayos	5 probetas	Acondicionamiento de la T° (probeta)	-18 ° C
Entalla	Tipo en V (2mm) 45°	Proceso de soldadura	SMAW
Humedad relativa	50,3%	Temperatura Ambiente	25,9 ° C

PARÁMETROS DE ENSAYO

Código aplicado	AWS D1.8-D1.8M	Equipo	Máquina Ensayo Charpy. PIC 450 J
Código de referencia	AWS B4.0 (Anexo E-1) ASTM E23 (Anexo E-3)	N° de placa de ensayo	2

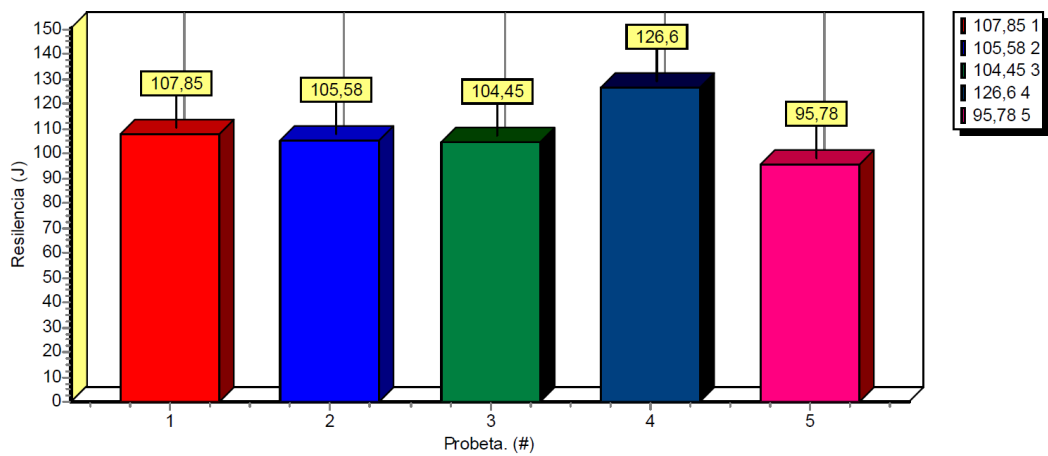
GRÁFICO REFERENCIAL DEL ESPÉCIMEN



EVALUACIÓN ENSAYO DE IMPACTO

REGISTRO DE RESULTADOS

N Probeta	Ubicación de Entalla	T °C	Altura (cm)	Energía absorbida (J)	Resistencia al impacto (KCU) (J/cm ²)	Aspecto de la fractura (% de cizallamiento)	Fractura de la probeta
P8-1ARTB1/8	Cordón	-18	10,34	107,85	1,330	50	SI
P8-2ARTB1/8	Cordón	-18	10,33	105,58	1,286	50	SI
P8-3ARTB1/8	Cordón	-18	10,34	104,45	1,285	60	SI
P8-4ARTB1/8	Cordón	-18	10,29	126,60	1,575	50	SI
P8-5ARTB1/8	Cordón	-18	10,17	95,78	1,176	60	SI
Promedio				108,052	1,330	54	



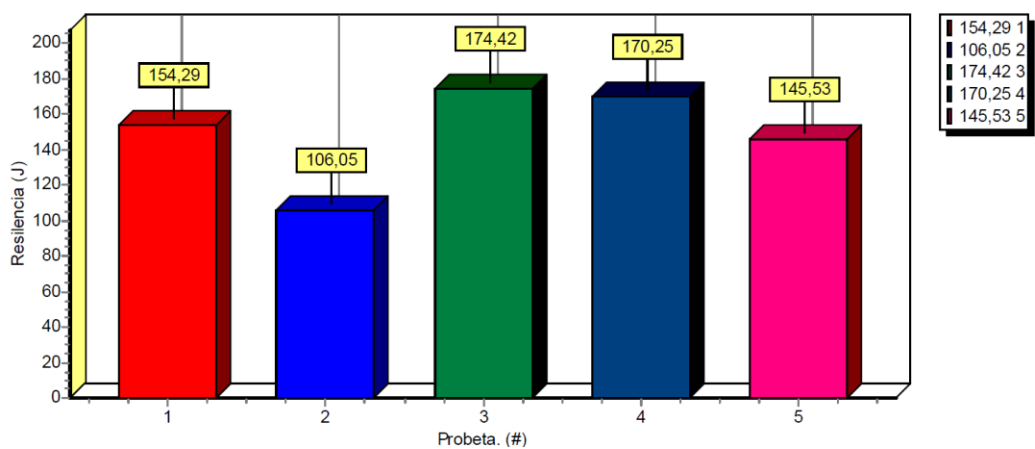
INTERPRETACION DE RESULTADOS

- Los resultados en las probetas ensayadas se observan que tienen un promedio de energía absorbida de 108,052 J, por lo cual, cumple con lo requerido por el Código AWS D1.8 de 27 J a -18°C .
- El mayor valor registrado es de 126,60 J, el menor valor es 95,78 J, los mismos que no se tomarán en cuenta, según lo que nos indica el Código AWS D1.8.
- Se procedió a descartar el mayor y menor valor anteriormente mencionados, teniendo así un nuevo promedio de 105,96 J, por lo cual, cumple con lo requerido por el Código AWS D1.8 de 27 J a -18°C .
- En las probetas ensayadas el promedio de la fractura de cizallamiento es 54%.

4.2.15. ENSAYO DE IMPACTO DE LAS PROBETAS CON MATERIAL DE APORTE E7018-SR DIÁMETRO 3/32”.

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
	DATOS INFORMATIVOS		
Autorizado por	Ing. Mg. Oscar Analuiza	Realizado por :	Eduardo Ronquillo
Ubicación	Ambato	Fecha ejecución	04-04-2019
Laboratorio	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero	N° de Probeta	P9-1SRTA3/32 P9-2SRTA3/32 P9-3SRTA3/32 P9-4SRTA3/32 P9-5SRTA3/32
ESPECIFICACIONES DEL ESPÉCIMEN			
Material Base	Acero	Tipo	ASTM A 36
Dimensiones (mm)	10x10x55	Material de aporte	ELECTRODO E7018-SR
Numero de ensayos	5 probetas	Acondicionamiento de la T° (probeta)	-18 ° C
Entalla	Tipo en V (2mm) 45°	Proceso de soldadura	SMAW
Humedad relativa	55,5 %	Temperatura Ambiente	23,5 ° C
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Código aplicado	AWS D1.8-D1.8M	Equipo	Máquina Ensayo Charpy. PIC 450 J
Código de referencia	AWS B4.0 (Anexo E-1) ASTM E23 (Anexo-3)	N° de placa de ensayo	1
GRÁFICO REFERENCIAL DEL ESPÉCIMEN			
EVALUACIÓN ENSAYO DE IMPACTO			
REGISTRO DE RESULTADOS			

N Probeta	Ubicación de Entalla	T °C	Altura (cm)	Energía absorbida (J)	Resistencia al impacto (KCU) (J/cm ²)	Aspecto de la fractura (% de cizallamiento)	Fractura de la probeta
P9-1SRTA3/32	Cordón	-18	9,62	154,29	2,083	50	SI
P9-2SRTA3/32	Cordón	-18	9,61	106,05	1,374	60	SI
P9-3SRTA3/32	Cordón	-18	9,73	174,42	2,34	50	SI
P9-4SRTA3/32	Cordón	-18	9,57	170,25	2,224	50	SI
P9-5SRTA3/32	Cordón	-18	9,6	145,53	1,982	40	SI
Promedio				150,108	2,001	50	



INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

- Los resultados en las probetas ensayadas se observan que tienen un promedio de energía absorbida de 150,108 J, por lo cual, cumple con lo requerido por el Código AWS D1.8 de 27 J a -18 °C.
- El mayor valor registrado es de 174,42 J, el menor valor es 106,05 J, los mismos que no se tomarán en cuenta, según lo que nos indica el Código AWS D1.8.
- Se procedió a descartar el mayor y menor valor anteriormente mencionados, teniendo así un nuevo promedio de 156,69 J, por lo cual, cumple con lo requerido por el Código AWS D1.8 de 27 J a -18 °C.
- En las probetas ensayadas el promedio de la fractura de cizallamiento es 50%



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



DATOS INFORMATIVOS

Autorizado por	Ing. Mg. Oscar Analuiza	Realizado por :	Eduardo Ronquillo
Ubicación	Ambato	Fecha ejecución	04-04-2019
Laboratorio	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero	N° de Probeta	P10-1SRTA3/32 P10-2SRTA3/32 P10-3SRTA3/32 P10-4SRTA3/32 P10-5SRTA3/32

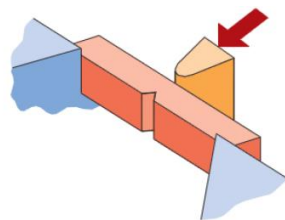
ESPECIFICACIONES DEL ESPÉCIMEN

Material Base	Acero	Tipo	ASTM A 36
Dimensiones (mm)	10x10x55	Material de aporte	ELECTRODO E7018-SR
Numero de ensayos	5 probetas	Acondicionamiento de la T° (probeta)	-18 ° C
Entalla	Tipo en V (2mm) 45°	Proceso de soldadura	SMAW
Humedad relativa	54,2%	Temperatura Ambiente	22,7 ° C

PARÁMETROS DE ENSAYO

Código aplicado	AWS D1.8-D1.8M	Equipo	Máquina Ensayo Charpy. PIC 450 J
Código de referencia	AWS B4.0 (Anexo E-1) ASTM E23 (Anexo E-3)	N° de placa de ensayo	3

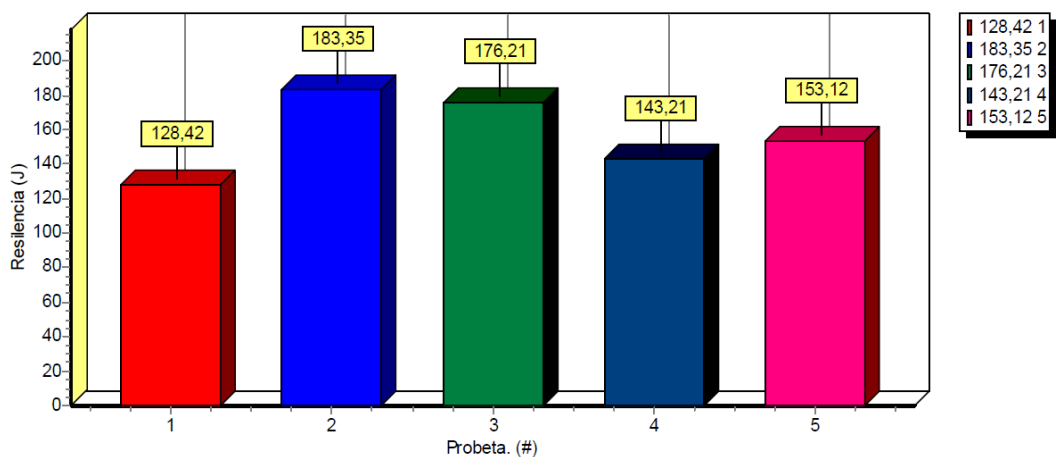
GRÁFICO REFERENCIAL DEL ESPÉCIMEN



EVALUACIÓN ENSAYO DE IMPACTO

REGISTRO DE RESULTADOS

N Probeta	Ubicación de Entalla	T °C	Altura (cm)	Energía absorbida (J)	Resistencia al impacto (KCU) (J/cm ²)	Aspecto de la fractura (% de cizallamiento)	Fractura de la probeta
P10-1SRTA3/32	Cordón	-18	9,89	128,42	1,706	50	SI
P10-2SRTA3/32	Cordón	-18	9,87	183,35	2,477	60	SI
P10-3SRTA3/32	Cordón	-18	10	176,21	2,322	50	SI
P10-4SRTA3/32	Cordón	-18	9,93	143,21	1,826	60	SI
P10-5SRTA3/32	Cordón	-18	10,06	153,12	2,057	70	SI
Promedio				156,862	2,077	58	



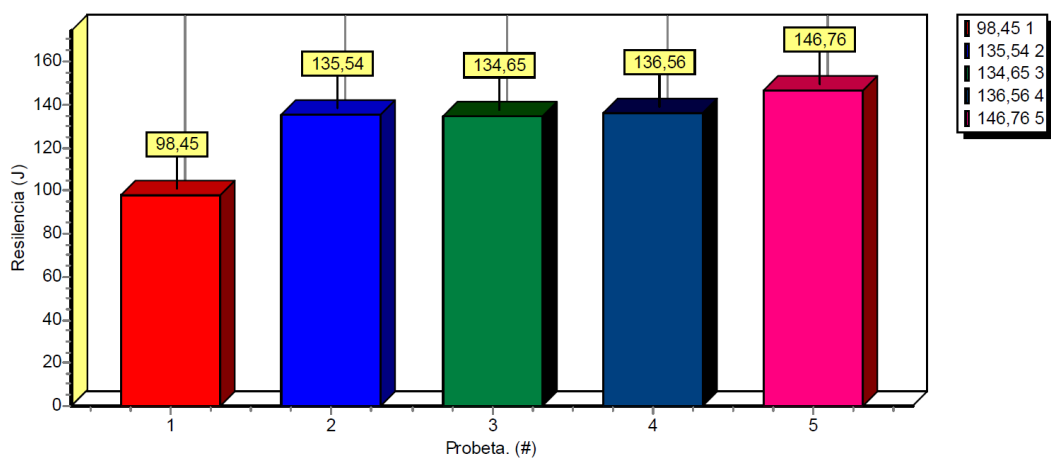
INTERPRETACION DE RESULTADOS

- Los resultados en las probetas ensayadas se observan que tienen un promedio de energía absorbida de 15,6,862 J, por lo cual, cumple con lo requerido por el Código AWS D1.8 de 27 J a -18 °C.
- El mayor valor registrado es de 183,35 J, el menor valor es 128,42 J, los mismos que no se tomaran en cuenta, según lo que nos indica el Código AWS D1.8.
- Se procedió a descartar el mayor y menor valor anteriormente mencionados, teniendo así un nuevo promedio de 157,13 J, por lo cual, cumple con lo requerido por el Código AWS D1.8 de 27 J a -18 °C
- En las probetas ensayadas el promedio de la fractura de cizallamiento es 58%

4.2.16. ENSAYO DE IMPACTO DE LAS PROBETAS CON MATERIAL DE APORTE E7018-SR DIÁMETRO 3/32”.

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
DATOS INFORMATIVOS			
Autorizado por	Ing. Mg. Oscar Analuiza	Realizado por :	Eduardo Ronquillo
Ubicación	Ambato	Fecha ejecución	04-04-2019
Laboratorio	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero	N° de Probeta	P11-1SRTB3/32 P11-2SRTB3/32 P11-3SRTB3/32 P11-4SRTB3/32 P11-5SRTB3/32
ESPECIFICACIONES DEL ESPÉCIMEN			
Material Base	Acero	Tipo	ASTM A 36
Dimensiones (mm)	10x10x55	Material de aporte	ELECTRODO E7018-SR
Numero de ensayos	5 probetas	Acondicionamiento de la T° (probeta)	-18 ° C
Entalla	Tipo en V (2mm) 45°	Proceso de soldadura	SMAW
Humedad relativa	52,8%	Temperatura Ambiente	23,2 ° C
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Código aplicado	AWS D1.8-D1.8M	Equipo	Máquina Ensayo Charpy. PIC 450 J
Código de referencia	AWS B4.0 (Anexo E-1) ASTM E23 (Anexo E-3)	N° de placa de ensayo	1
GRÁFICO REFERENCIAL DEL ESPÉCIMEN			
			
EVALUACIÓN ENSAYO DE IMPACTO			
REGISTRO DE RESULTADOS			

N Probeta	Ubicación de Entalla	T °C	Altura (cm)	Energía absorbida (J)	Resistencia al impacto (KCU) (J/cm ²)	Aspecto de la fractura (% de cizallamiento)	Fractura de la probeta
P11-1SRTB3/32	Cordón	-18	9,82	98,45	1,227	30	SI
P11-2SRTB3/32	Cordón	-18	10,15	135,54	1,655	20	SI
P11-3SRTB3/32	Cordón	-18	10,09	134,65	1,674	30	SI
P11-4SRTB3/32	Cordón	-18	10,14	136,56	1,686	40	SI
P11-5SRTB3/32	Cordón	-18	10,19	146,76	1,818	30	SI
Promedio				130,392	1,612	30	



INTERPRETACION DE RESULTADOS

- Los resultados en las probetas ensayadas se observan que tienen un promedio de energía absorbida de 130,39 J, por lo cual, cumple con lo requerido por el Código AWS D1.8 de 27 J a -18 °C.
- El mayor valor registrado es de 146,76 J, el menor valor es 98,45 J, los mismos que no se tomarán en cuenta, según lo que nos indica el Código AWS D1.8.
- Se procedió a descartar el mayor y menor valor anteriormente mencionados, teniendo así un nuevo promedio de 135,58 J, por lo cual, cumple con lo requerido por el Código AWS D1.8 de 27 J a -18 °C
- En las probetas ensayadas el promedio de la fractura de cizallamiento es 30%



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



DATOS INFORMATIVOS

Autorizado por	Ing. Mg. Oscar Analuiza	Realizado por :	Eduardo Ronquillo
Ubicación	Ambato	Fecha ejecución	04-04-2019
Laboratorio	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero	N° de Probeta	P12-1SRTB3/32 P12-2SRTB3/32 P12-3SRTB3/32 P12-4SRTB3/32 P12-5SRTB3/32

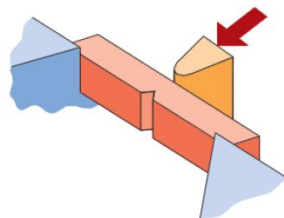
ESPECIFICACIONES DEL ESPÉCIMEN

Material Base	Acero	Tipo	ASTM A 36
Dimensiones (mm)	10x10x55	Material de aporte	ELECTRODO E7018-SR
Numero de ensayos	5 probetas	Acondicionamiento de la T° (probeta)	-18 ° C
Entalla	Tipo en V (2mm) 45°	Proceso de soldadura	SMAW
Humedad relativa	55,4%	Temperatura Ambiente	25,6 ° C

PARÁMETROS DE ENSAYO

Código aplicado	AWS D1.8-D1.8M	Equipo	Máquina Ensayo Charpy. PIC 450 J
Código de referencia	AWS B4.0 (Anexo E-1) ASTM E23 (Anexo E-3)	N° de placa de ensayo	3

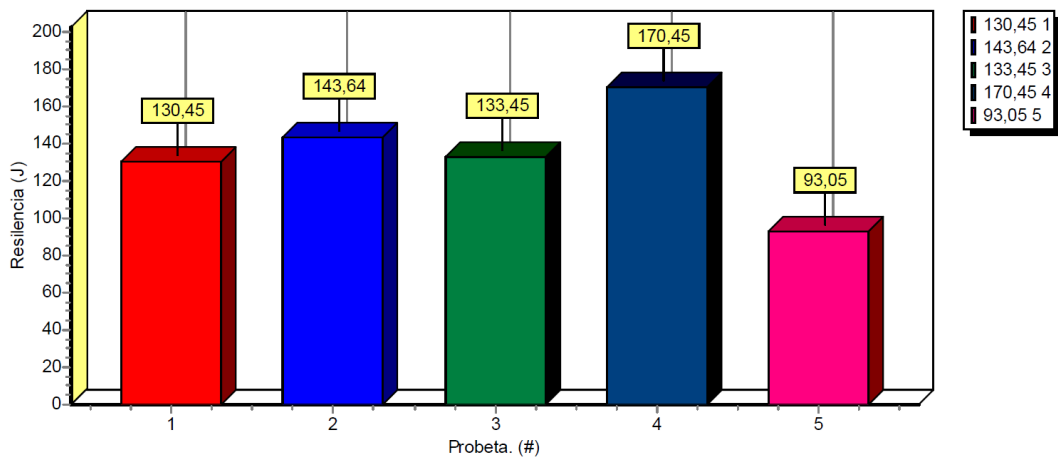
GRÁFICO REFERENCIAL DEL ESPÉCIMEN



EVALUACIÓN ENSAYO DE IMPACTO

REGISTRO DE RESULTADOS

N Probeta	Ubicación de Entalla	T °C	Altura (cm)	Energía absorbida (J)	Resistencia al impacto (KCU) (J/cm ²)	Aspecto de la fractura (% de cizallamiento)	Fractura de la probeta
P12-1SRTB3/32	Cordón	-18	9,83	130,45	1,686	30	SI
P12-2SRTB3/32	Cordón	-18	10,19	143,64	1,793	40	SI
P12-3SRTB3/32	Cordón	-18	10,36	133,45	1,656	30	SI
P12-4SRTB3/32	Cordón	-18	9,99	170,45	2,152	70	SI
P12-5SRTB3/32	Cordón	-18	10,54	93,05	1,093	40	SI
Promedio				134,208	1,676	42	



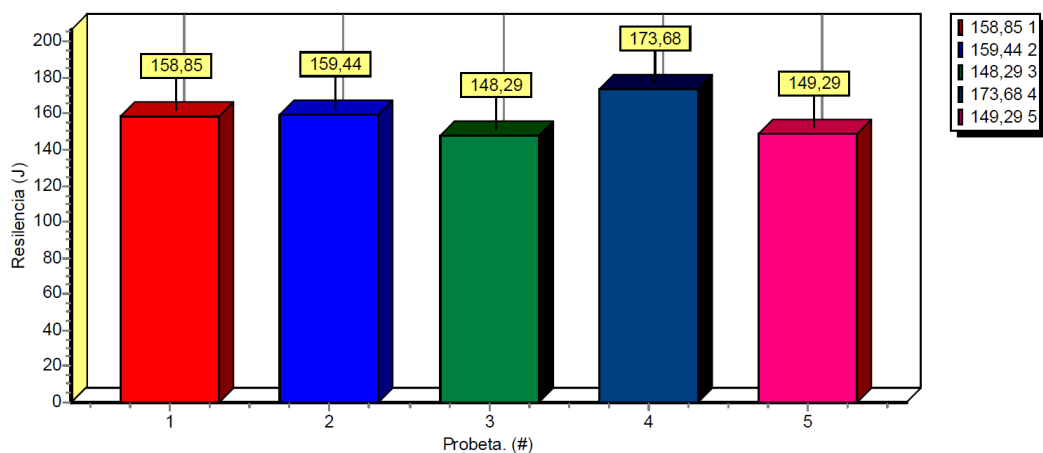
INTERPRETACION DE RESULTADOS

- Los resultados en las probetas ensayadas se observan que tienen un promedio de energía absorbida de 134,21 J, por lo cual, cumple con lo requerido por el Código AWS D1.8 de 27 J a -18 °C.
- El mayor valor registrado es de 170,45 J, el menor valor es 93,05 J, los mismos que no se tomarán en cuenta, según lo que nos indica el Código AWS D1.8.
- Se procedió a descartar el mayor y menor valor anteriormente mencionados, teniendo así un nuevo promedio de 136,96 J, por lo cual, cumple con lo requerido por el Código AWS D1.8 de 27 J a -18 °C.
- En las probetas ensayadas el promedio de la fractura de cizallamiento es 42%.

4.2.17. ENSAYO DE IMPACTO DE LAS PROBETAS CON MATERIAL DE APORTE E7018-SR DIÁMETRO 1/8”.

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
DATOS INFORMATIVOS			
Autorizado por	Ing. Mg. Oscar Analuiza	Realizado por :	Eduardo Ronquillo
Ubicación	Ambato	Fecha ejecución	04-04-2019
Laboratorio	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero	N° de Probeta	P13-1SRTA1/8 P13-2SRTA1/8 P13-3SRTA1/8 P13-4SRTA1/8 P13-5SRTA1/8
ESPECIFICACIONES DEL ESPÉCIMEN			
Material Base	Acero	Tipo	ASTM A 36
Dimensiones (mm)	10x10x55	Material de aporte	ELECTRODO E7018-SR
Numero de ensayos	5 probetas	Acondicionamiento de la T° (probeta)	-18 ° C
Entalla	Tipo en V (2mm) 45°	Proceso de soldadura	SMAW
Humedad relativa	57,2%	Temperatura Ambiente	24 ° C
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Código aplicado	AWS D1.8-D1.8M	Equipo	Máquina Ensayo Charpy. PIC 450 J
Código de referencia	AWS B4.0 (Anexo E-1) ASTM E23 (Anexo E-3)	N° de placa de ensayo	1
GRÁFICO REFERENCIAL DEL ESPÉCIMEN			
			
EVALUACIÓN ENSAYO DE IMPACTO			
REGISTRO DE RESULTADOS			

N Probeta	Ubicación de Entalla	T °C	Altura (cm)	Energía absorbida (J)	Resistencia al impacto (KCU) (J/cm ²)	Aspecto de la fractura (% de cizallamiento)	Fractura de la probeta
P13-1SRTA1/8	Cordón	-18	9,94	158,85	2,025	40	SI
P13-2SRTA1/8	Cordón	-18	9,95	159,44	1,993	40	SI
P13-3SRTA1/8	Cordón	-18	10,4	148,29	1,857	30	SI
P13-4SRTA1/8	Cordón	-18	10,1	173,68	2,219	30	SI
P13-5SRTA1/8	Cordón	-18	10,05	149,29	1,836	30	SI
Promedio				157,910	1,986	34	



INTERPRETACION DE RESULTADOS

- Los resultados en las probetas ensayadas se observan que tienen un promedio de energía absorbida de 157,91 J, por lo cual, cumple con lo requerido por el Código AWS D1.8 de 27 J a -18 °C.
- El mayor valor registrado es de 173,68 J, el menor valor es 148,29 J, los mismos que no se tomarán en cuenta, según lo que nos indica el Código AWS D1.8.
- Se procedió a descartar el mayor y menor valor anteriormente mencionados, teniendo así un nuevo promedio de 155,86 J, por lo cual, cumple con lo requerido por el Código AWS D1.8 de 27 J a -18 °C.
- En las probetas ensayadas el promedio de la fractura de cizallamiento es 34%.



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



DATOS INFORMATIVOS

Autorizado por	Ing. Mg. Oscar Analuiza	Realizado por :	Eduardo Ronquillo
Ubicación	Ambato	Fecha ejecución	04-04-2019
Laboratorio	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero	N° de Probeta	P14-1SRTA1/8 P14-2SRTA1/8 P14-3SRTA1/8 P14-4SRTA1/8 P14-5SRTA1/8

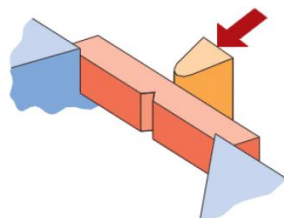
ESPECIFICACIONES DEL ESPÉCIMEN

Material Base	Acero	Tipo	ASTM A 36
Dimensiones (mm)	10x10x55	Material de aporte	ELECTRODO E7018-SR
Numero de ensayos	5 probetas	Acondicionamiento de la T° (probeta)	-18 ° C
Entalla	Tipo en V (2mm) 45°	Proceso de soldadura	SMAW
Humedad relativa	54,8%	Temperatura Ambiente	24,1 ° C

PARÁMETROS DE ENSAYO

Código aplicado	AWS D1.8-D1.8M	Equipo	Máquina Ensayo Charpy. PIC 450 J
Código de referencia	AWS B4.0 (Anexo E-1) ASTM E23 (Anexo E-3)	N° de placa de ensayo	2

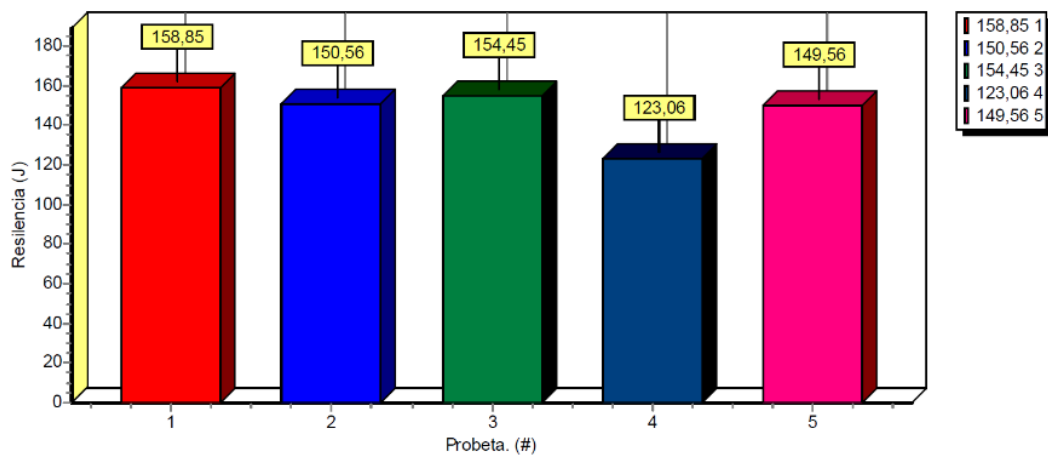
GRÁFICO REFERENCIAL DEL ESPÉCIMEN



EVALUACIÓN ENSAYO DE IMPACTO

REGISTRO DE RESULTADOS

N Probeta	Ubicación de Entalla	T °C	Altura (cm)	Energía absorbida (J)	Resistencia al impacto (KCU) (J/cm ²)	Aspecto de la fractura (% de cizallamiento)	Fractura de la probeta
P14-1SRTA1/8	Cordón	-18	10,13	158,85	2,142	50	SI
P14-2SRTA1/8	Cordón	-18	9,88	150,56	1,956	30	SI
P14-3SRTA1/8	Cordón	-18	9,76	154,45	2,050	30	SI
P14-4SRTA1/8	Cordón	-18	9,95	123,06	1,739	30	SI
P14-5SRTA1/8	Cordón	-18	9,97	149,56	1,933	20	SI
Promedio				147,296	1,964	32	



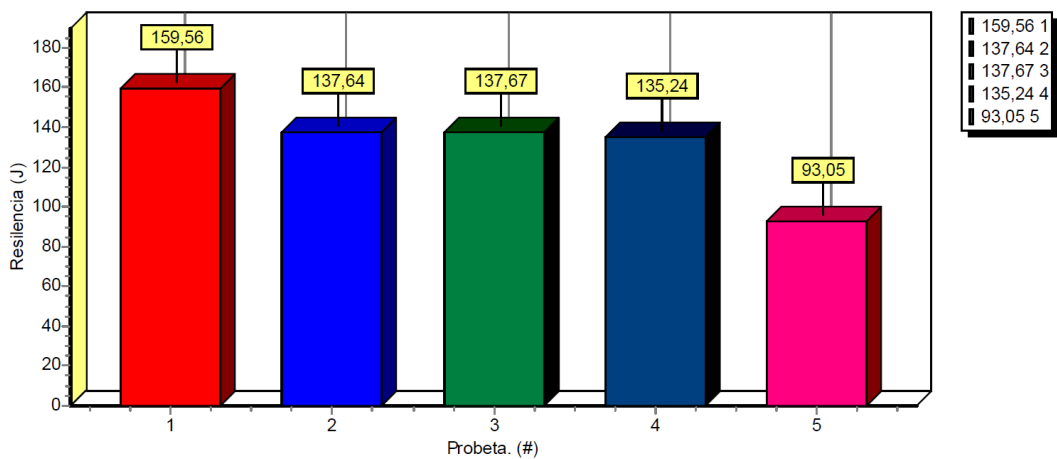
INTERPRETACION DE RESULTADOS

- Los resultados en las probetas ensayadas se observan que tienen un promedio de energía absorbida de 147,29 J, por lo cual, cumple con lo requerido por el Código AWS D1.8 de 27 J a -18 °C.
- El mayor valor registrado es de 158,85 J, el menor valor es 123,06 J, los mismos que no se tomaran en cuenta, según lo que nos indica el Código AWS D1.8.
- Se procedió a descartar el mayor y menor valor anteriormente mencionados, teniendo así un nuevo promedio de 151,52 J, por lo cual, cumple con lo requerido por el Código AWS D1.8 de 27 J a -18 °C.
- En las probetas ensayadas el promedio de la fractura de cizallamiento es 32%.

4.2.18. ENSAYO DE IMPACTO DE LAS PROBETAS CON MATERIAL DE APORTE E7018-SR DIÁMETRO 1/8”.

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
DATOS INFORMATIVOS			
Autorizado por	Ing. Mg. Oscar Analuiza	Realizado por :	Eduardo Ronquillo
Ubicación	Ambato	Fecha ejecución	04-04-2019
Laboratorio	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero	N° de Probeta	P15-1SRTB1/8 P15-2SRTB1/8 P15-3SRTB1/8 P15-4SRTB1/8 P15-5SRTB1/8
ESPECIFICACIONES DEL ESPÉCIMEN			
Material Base	Acero	Tipo	ASTM A 36
Dimensiones (mm)	10x10x55	Material de aporte	ELECTRODO E7018-SR
Numero de ensayos	5 probetas	Acondicionamiento de la T° (probeta)	-18 ° C
Entalla	Tipo en V (2mm) 45°	Proceso de soldadura	SMAW
Humedad relativa	55,1%	Temperatura Ambiente	24,2 ° C
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Código aplicado	AWS D1.8-D1.8M	Equipo	Máquina Ensayo Charpy. PIC 450 J
Código de referencia	AWS B4.0 (Anexo E-1) ASTM E23 (Anexo E-3)	N° de placa de ensayo	1
GRÁFICO REFERENCIAL DEL ESPÉCIMEN			
			
EVALUACIÓN ENSAYO DE IMPACTO			
REGISTRO DE RESULTADOS			

N Probeta	Ubicación de Entalla	T °C	Altura (cm)	Energía absorbida (J)	Resistencia al impacto (KCU) (J/cm ²)	Aspecto de la fractura (% de cizallamiento)	Fractura de la probeta
P15-1SRTB1/8	Cordón	-18	9,92	159,56	2,108	40	SI
P15-2SRTB1/8	Cordón	-18	9,95	137,64	1,771	40	SI
P15-3SRTB1/8	Cordón	-18	9,96	137,67	1,750	40	SI
P15-4SRTB1/8	Cordón	-18	10,07	135,24	1,746	50	SI
P15-5SRTB1/8	Cordón	-18	10,08	93,05	1,275	30	SI
Promedio				132,632	1,730	40	



INTERPRETACION DE RESULTADOS

- Los resultados en las probetas ensayadas se observan que tienen un promedio de energía absorbida de 132,63 J, por lo cual, cumple con lo requerido por el Código AWS D1.8 de 27 J a -18 °C.
- El mayor valor registrado es de 159,56 J, el menor valor es 93,05 J, los mismos que no se tomarán en cuenta, según lo que nos indica el Código AWS D1.8.
- Se procedió a descartar el mayor y menor valor anteriormente mencionados, teniendo así un nuevo promedio de 136,85 J, por lo cual, cumple con lo requerido por el Código AWS D1.8 de 27 J a -18 °C.
- En las probetas ensayadas el promedio de la fractura de cizallamiento es 40%.



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



DATOS INFORMATIVOS

Autorizado por	Ing. Mg. Oscar Analuiza	Realizado por :	Eduardo Ronquillo
Ubicación	Ambato	Fecha ejecución	04-04-2019
Laboratorio	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero	N° de Probeta	P16-1SRTB1/8 P16-2SRTB1/8 P16-3SRTB1/8 P16-4SRTB1/8 P16-5SRTB1/8

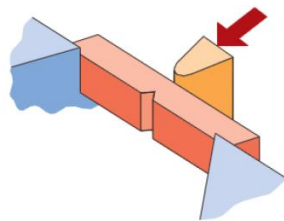
ESPECIFICACIONES DEL ESPÉCIMEN

Material Base	Acero	Tipo	ASTM A 36
Dimensiones (mm)	10x10x55	Material de aporte	ELECTRODO E7018-SR
Numero de ensayos	5 probetas	Acondicionamiento de la T° (probeta)	-18 ° C
Entalla	Tipo en V (2mm) 45°	Proceso de soldadura	SMAW
Humedad relativa	53,1%	Temperatura Ambiente	24,7 ° C

PARÁMETROS DE ENSAYO

Código aplicado	AWS D1.8-D1.8M	Equipo	Máquina Ensayo Charpy. PIC 450 J
Código de referencia	AWS B4.0 (Anexo E-1) ASTM E23 (Anexo E-3)	N° de placa de ensayo	2

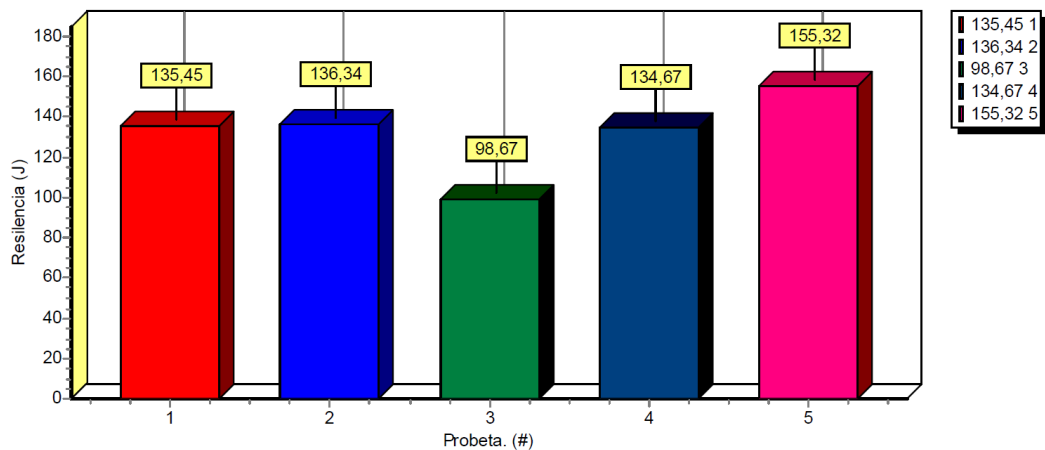
GRÁFICO REFERENCIAL DEL ESPÉCIMEN



EVALUACIÓN ENSAYO DE IMPACTO

REGISTRO DE RESULTADOS




N Probeta	Ubicación de Entalla	T °C	Altura (cm)	Energía absorbida (J)	Resistencia al impacto (KCU) (J/cm ²)	Aspecto de la fractura (% de cizallamiento)	Fractura de la probeta
P16-1SRTB1/8	Cordón	-18	9,62	135,45	1,903	40	SI
P16-2SRTB1/8	Cordón	-18	9,65	136,34	1,859	40	SI
P16-3SRTB1/8	Cordón	-18	9,53	98,67	1,312	30	SI
P16-4SRTB1/8	Cordón	-18	9,57	134,67	1,804	40	SI
P16-5SRTB1/8	Cordón	-18	9,47	155,32	2,161	30	SI
Promedio				132,090	1,808	36	



INTERPRETACION DE RESULTADOS

- Los resultados en las probetas ensayadas se observan que tienen un promedio de energía absorbida de 132,09 J, por lo cual, cumple con lo requerido por el Código AWS D1.8 de 27 J a -18 °C.
- El mayor valor registrado es de 155,32 J, el menor valor es 98,67 J, los mismos que no se tomaran en cuenta, según lo que nos indica el Código AWS D1.8.
- Se procedió a descartar el mayor y menor valor anteriormente mencionados, teniendo así un nuevo promedio de 135,48 J, por lo cual, cumple con lo requerido por el Código AWS D1.8 de 27 J a -18 °C.
- En las probetas ensayadas el promedio de la fractura de cizallamiento es 36%.

4.2.19. ANÁLISIS DEL ACERO ASTM A 36 COMO VIENE DE FÁBRICA.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA 			
DATOS INFORMATIVOS			
Autorizado por :	Ing.Mg. Oscar Analuiza	Realizado por :	Eduardo Ronquillo
Ubicación	Ambato	Fecha Ejecución	15-04-2019
Laboratorio	Laboratorio de Materiales Universidad Técnica de Ambato FICM.	N° de Probeta.	A1
Temperatura ambiente	18 °C	Flujo de aire del medio	Estático
DENOMINACIONES DEL ACERO UTILIZADO			
Material Base	Acero	Tipo	ASTM A 36
Espesor	10 mm	Características	Plancha
ESPECIFICACIONES DEL ACERO ASTM A 36 (Anexo A-1)			
COMPOSICIÓN QUÍMICA		REQUERIMIENTOS MECÁNICOS	
ELEMENTO	COMPOSICIÓN%		
C	0.25	Esfuerzo ultimo a la traccion ksi(Mpa)	58-80 (400-550)
Mn	0.8-1.35		
P	0.04	Esfuerzo a la fluencia Ksi(Mpa)	32-36 (250-280)
S	0.05		
Si	0.40	Elongación %	20 min
Cu	0.20 min		
GRÁFICO DE REFERENCIAL			
			

4.2.20. ENSAYO DE METALOGRAFICO DEL ACERO ASTM A 36 COMO VIENE DE FÁBRICA.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
ENSAYO METALOGRAFÍA					
REGISTRO DE DATOS INFORMATIVOS					
Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo No:	00		
Identificación del componente de estudio:	PROBETA MB				
Solicitado por:	UTA-FICM	Fecha:	15/04/2019		
Centro de Estudio y Análisis:	Laboratorio de Metalografía - FICM				
Realizado por:	Eduardo Ronquillo	Supervisado por:	Ing.Mg. Oscar Analuiza		
PARÁMETROS AMBIENTALES DEL LUGAR DURANTE EL ENSAYO					
Lugar	Campus Universitario –UTA/ Huachi Chico				
Temperatura ambiente	21 °C				
Iluminación	Buena				
PARÁMETROS DEL ENSAYO METALOGRAFICO					
Acondicionamiento de la superficie:	Pulido Mecánico				
Temperatura durante el pulido:	24 °C	Superficie preparada en:	Lijas: 240, 320, 400, 600,1500		
Ataque Químico de la superficie con:	Nital 4	Durante:	8 segundos		
RESULTADO:					
FOTOGRAFÍAS DE LA MICROESTRUCTURA DELACERO ASTM A 36					
					
Acero ASTM A 36 como viene de fábrica 100x (Nital 4, 8 segundos)					

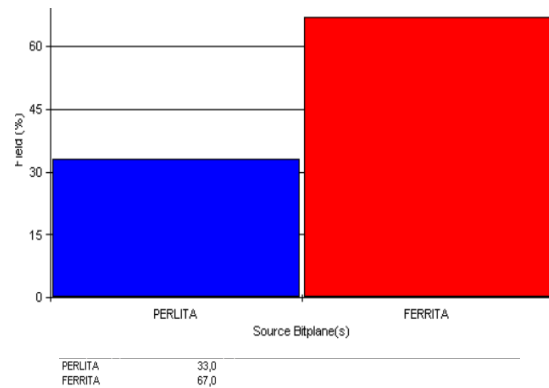
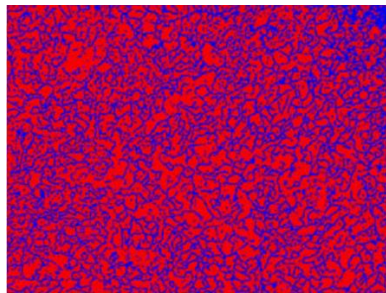


EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA ACERO ASTM A 36

Componentes: Ferrita y perlita

Componentes microestructurales: 100x

Porcentajes:



DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DEL GRANO



Tamaño de grano: 10

Método: ASTM E112

CÁLCULO DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN

$$R.T.A = \frac{28 * (\%Ferrita) + 84 * (\%Perlita)}{100}$$




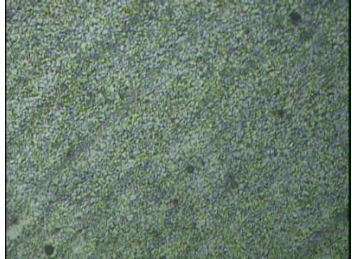
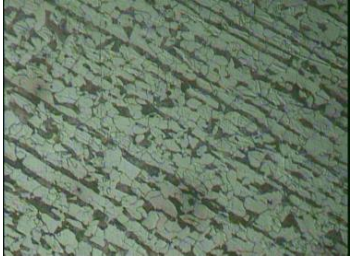
$$R.T.A = \frac{28 * (67) + 84 * (33)}{100} \quad R.T.A = 46,48 \frac{Kgf}{mm^2} = 455,81 MPa = 66,1 Kpsi$$

$$\%C = \% \frac{Perlita}{130} = \frac{33}{130} = 0,254\%$$

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

El porcentaje de Carbono corresponde al de un acero ASTM A 36. La resistencia a la tracción calculada mediante la fórmula mostrada anteriormente da un valor de 455.81 MPa, con lo que este cumple con el rango de un acero ASTM A 36 (Anexo A-1). El tamaño del grano es 10,12=10.

4.2.21. ENSAYO DE METALOGRAFICO DE LAPROBETA CON MATERIAL DE APORTE E7018-AR DIÁMETRO 3/32”.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
ENSAYO METALOGRAFÍA					
REGISTRO DE DATOS INFORMATIVOS					
Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo No:	01		
Identificación del componente de estudio:	PROBETA P1.1.ARM	Probeta Soldada Temperatura Alta de Precalentamiento 300 °C Max			
Solicitado por:	UTA-FICM	Fecha:	15/04/2019		
Centro de Estudio y Análisis:	Laboratorio de Metalografía - FICM				
Realizado por:	Eduardo Ronquillo	Supervisado por:	Ing.Mg. Oscar Analuiza		
PARAMETROS AMBIENTALES DEL LUGAR DURANTE EL ENSAYO					
Lugar	Campus Universitario –UTA/ Huachi Chico				
Temperatura ambiente	17 °C				
Iluminación	Buena				
PARÁMETROS DEL ENSAYO METALOGRAFICO					
Acondicionamiento de la superficie:	Pulido Mecánico				
Temperatura durante el pulido:	24 °C	Superficie preparada	Lijas: 240, 320, 400, 600,1500		
Ataque Químico de la superficie con:	Nital 4	Durante:	8 segundos		
RESULTADO:					
FOTOGRAFÍAS DE LA MICROESTRUCTURA DE LA SOLDADURA DEL ACERO ASTM A 36 CON ELECTRODO E7018 AR 3/32 (100X)					
					
Soldadura (100X, Nital 4, 8s)		ZAT (100X, Nital4, 5s)			
					
Material Base (100X, Nital4, 5s)					

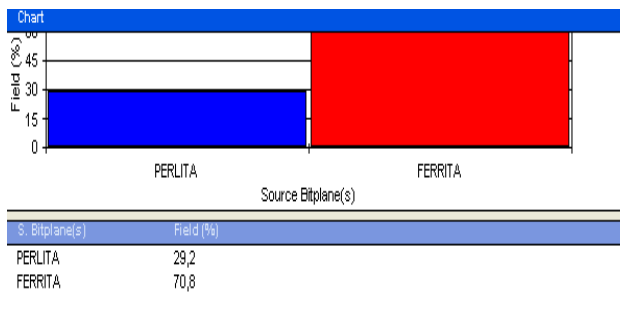
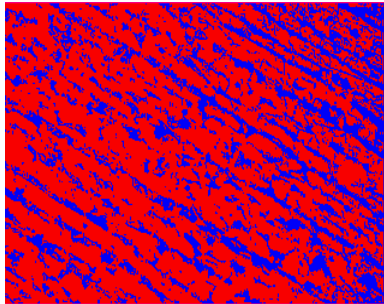


EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA: METAL BASE

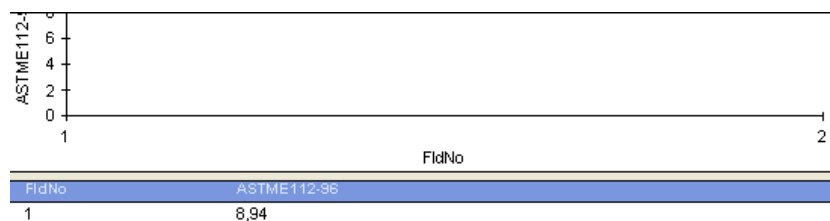
Componentes: Ferrita y perlita

Magnificación: 100x

Porcentajes:



DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DEL GRANO



Tamaño de grano: 9

Método: ASTM E112

CÁLCULO DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN

$$R.T.A = \frac{28 * (\%Ferrita) + 84 * (\%Perlita)}{100}$$

$$R.T.A = \frac{28 * (70,8) + 84 * (29,2)}{100} \quad R.T.A = 44,35 \frac{Kgf}{mm^2} = 434,92 MPa = 63,1 Kpsi$$

$$\%C = \% \frac{Perlita}{130} = \frac{29,2}{130} = 0,23\%$$

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Los porcentajes de la microestructura está compuesta por un 29,2 % de Perlita y 70,8% de Ferrita, con un tamaño de grano de 9. La resistencia a la tracción da un valor de 434,92 MPa, por lo cual no se ha visto afectada en mayor grado, puesto que cumple con el rango de un acero ASTM A 36 (Anexo A-1).

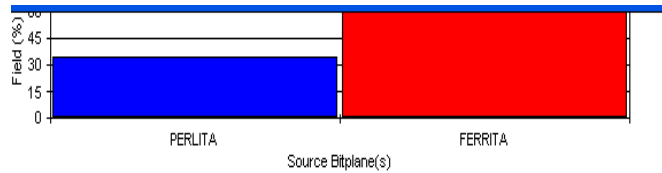
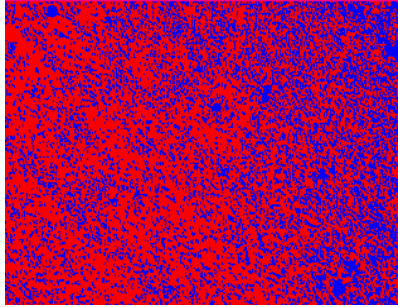


EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA: ZAT

Componentes: Ferrita y perlita

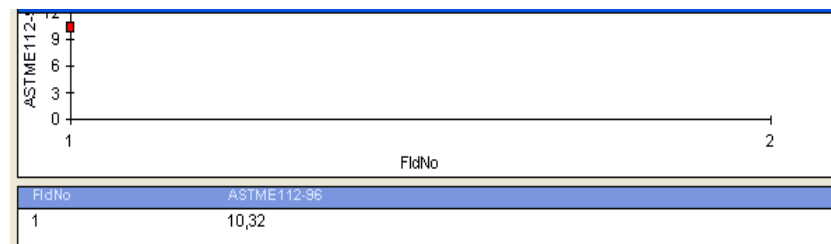
Magnificación: 100x

Porcentajes:



S. Bitplane(s)	Field (%)
PERLITA	34,2
FERRITA	65,8

DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DEL GRANO



Tamaño de grano: 10

Método: ASTM E112

CÁLCULO DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN

$$R.T.A = \frac{28 * (\%Ferrita) + 84 * (\%Perlita)}{100}$$

$$R.T.A = \frac{28 * (65,8) + 84 * (34,2)}{100} \quad R.T.A = 47,15 \frac{Kgf}{mm^2} = 462,38 MPa = 67 Kpsi$$

$$\%C = \% \frac{Perlita}{130} = \frac{34,2}{130} = 0,27\%$$

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Los porcentajes de la microestructura está compuesta por un 34,2 % de Perlita y 65,8% de Ferrita, con un tamaño de grano de 10. La resistencia a la tracción da un valor de 462,38 MPa, por lo cual no se ha visto afectada en mayor grado, puesto que cumple con el rango de un acero ASTM A 36 (Anexo A-1).

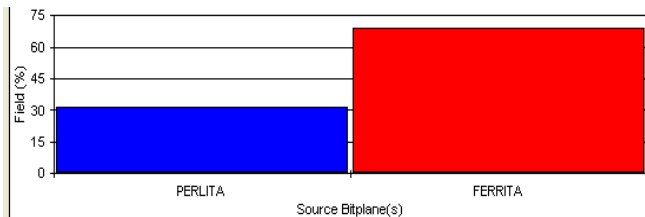
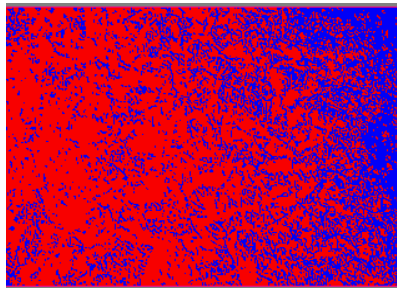


EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA: DEPÓSITO DE SOLDADURA

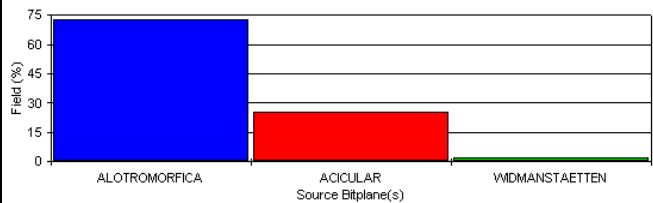
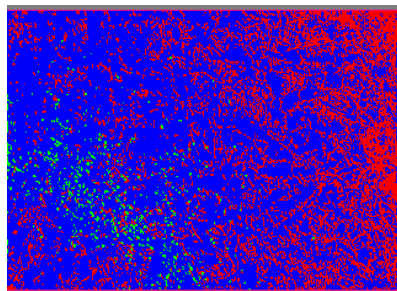
Componentes: Ferrita y perlita

Magnificación: 100x

Porcentajes:

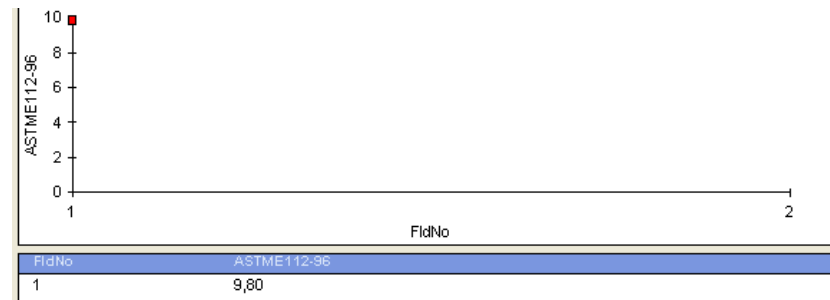


S. Bitplane(s)	Field (%)
PERLITA	31,2
FERRITA	68,8



S. Bitplane(s)	Field (%)
ALOTROMORFICA	72,7
ACICULAR	25,1
WIDMANSTAETTEN	2,2

DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DEL GRANO





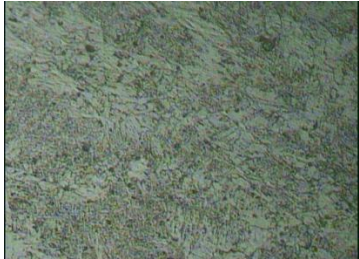
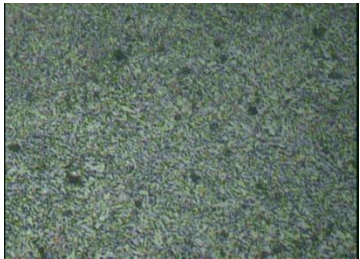
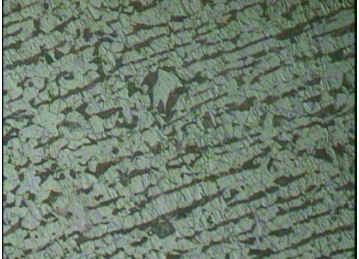
Tamaño de grano: 10

Método: ASTM E112

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Los porcentajes de la microestructura de la junta soldada del acero ASTM A 36 con electrodo E7018 con una temperatura de precalentamiento de 300 °C máxima, se puede observar que los componentes de la zona de soldadura son: 31,2% de Perlita y 68,8% de Ferrita, con un tamaño de grano de 10. Además, está compuesta por un 72,7% de Ferrita Alotriomórfica, 25,1% de Ferrita Acicular y 2,2% de Ferrita Widmanstaetten. Estos componentes son de gran importancia para el cordón de soldadura otorgando características mecánicas aceptables, pues el alto contenido de Ferrita Alotriomórfica reduce la tenacidad de la junta soldada, esta compensado con el 25,1% de Ferrita Acicular la cual provee una mejora significativamente la tenacidad y la resistencia en la junta soldada, de tal manera presentando un cordón de soldadura de tenacidad aceptable.

4.2.22. ENSAYO DE METALOGRAFICO DE LAPROBETA CON MATERIAL DE APORTE E7018-AR DIÁMETRO 3/32”.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
ENSAYO METALOGRAFÍA					
REGISTRO DE DATOS INFORMATIVOS					
Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo No:	02		
Identificación del componente de estudio:	PROBETA P2.1.ARM	Probeta Soldada Temperatura Baja de Pre calentamiento 120 °C Max			
Solicitado por:	UTA-FICM	Fecha:	15/04/2019		
Centro de Estudio y Análisis:	Laboratorio de Metalografía - FICM				
Realizado por:	Eduardo Ronquillo	Supervisado por:	Ing.Mg. Oscar Analuiza		
PARAMETROS AMBIENTALES DEL LUGAR DURANTE EL ENSAYO					
Lugar	Campus Universitario –UTA/ Huachi Chico				
Temperatura ambiente	17 °C				
Iluminación	Buena				
PARÁMETROS DEL ENSAYO METALOGRAFICO					
Acondicionamiento de la superficie:	Pulido Mecánico				
Temperatura durante el pulido:	24 °C	Superficie preparada	Lijas: 240, 320, 400, 600,1500		
Ataque Químico de la superficie con:	Nital 4	Durante:	8 segundos		
RESULTADO:					
FOTOGRAFIAS DE LA MICROESTRUCTURA DE LA SOLDADURA DEL ACERO ASTM A 36 CON ELECTRODO E7018 AR 3/32 (100X)					
					
Soldadura (100X, Nital 4, 8s)		ZAT (100X, Nital4, 5s)			
					
Material Base (100X, Nital4, 5s)					

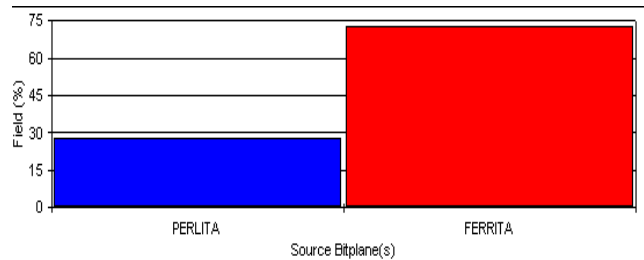
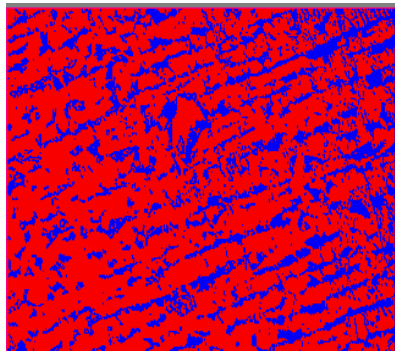


EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA: METAL BASE

Componentes: Ferrita y perlita

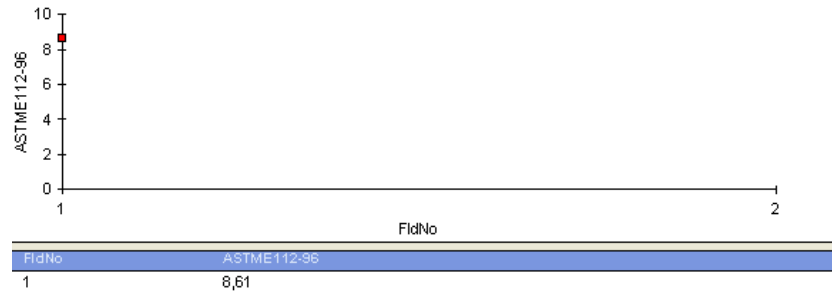
Magnificación: 100x

Porcentajes:



S. Bitplane(s)	Field (%)
PERLITA	27,5
FERRITA	72,5

DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DEL GRANO



Tamaño de grano: 9

Método: ASTM E112

CÁLCULO DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN

$$R.T.A = \frac{28 * (\%Ferrita) + 84 * (\%Perlita)}{100}$$

$$R.T.A = \frac{28 * (72,5) + 84 * (27,5)}{100} \quad R.T.A = 43,4 \frac{Kgf}{mm^2} = 426,59 MPa = 61,9 Kpsi$$

$$\%C = \% \frac{Perlita}{130} = \frac{27,5}{130} = 0,22\%$$

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Los porcentajes de la microestructura está compuesta por un 27,5 % de Perlita y 72,5% de Ferrita, con un tamaño de grano de 9. La resistencia a la tracción da un valor de 426,59 MPa, por lo cual no se ha visto afectada en mayor grado, puesto que cumple con el rango de un acero ASTM A 36 (Anexo A-1).

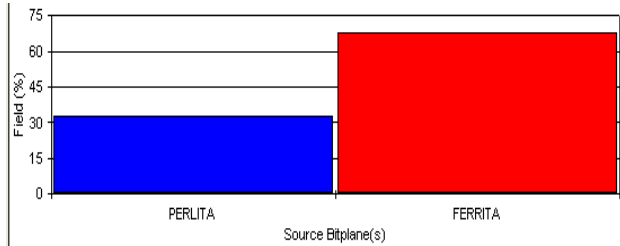
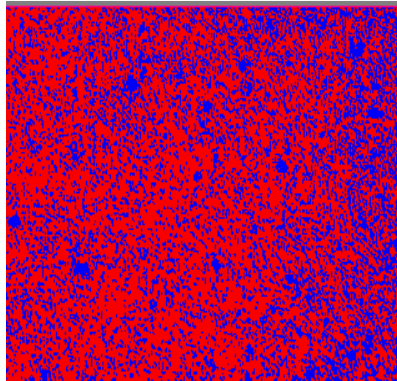


EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA: ZAT

Componentes: Ferrita y perlita

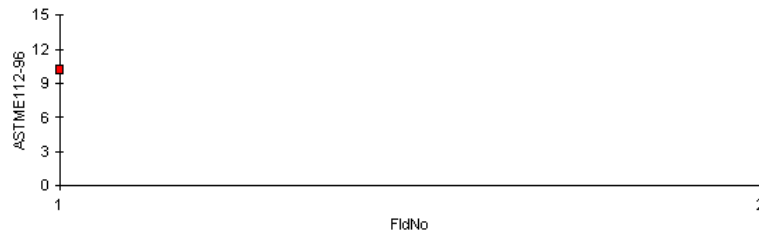
Magnificación: 100x

Porcentajes:



S. Bitplane(s)	Field (%)
PERLITA	32,6
FERRITA	67,4

DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DEL GRANO



FidNo	ASTME112-96
1	10,15

Tamaño de grano: 10

Método: ASTM E112

CÁLCULO DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN

$$R.T.A = \frac{28 * (\%Ferrita) + 84 * (\%Perlita)}{100}$$

$$R.T.A = \frac{28 * (67,4) + 84 * (32,6)}{100} \quad R.T.A = 46,23 \frac{Kgf}{mm^2} = 453,36 MPa = 65,7 Kpsi$$

$$\%C = \% \frac{Perlita}{130} = \frac{32,6}{130} = 0,26\%$$

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Los porcentajes de la microestructura está compuesta por un 32,6 % de Perlita y 67,4% de Ferrita, con un tamaño de grano de 10. La resistencia a la tracción da un valor de 453,36 MPa, por lo cual no se ha visto afectada en mayor grado, puesto que cumple con el rango de un acero ASTM A 36 (Anexo A-1).

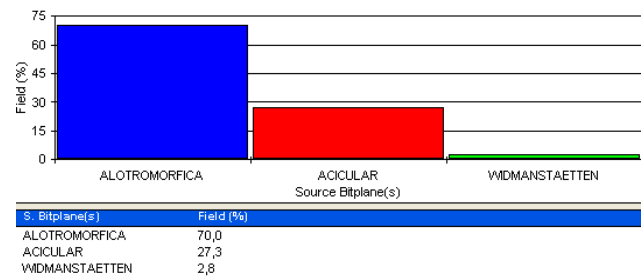
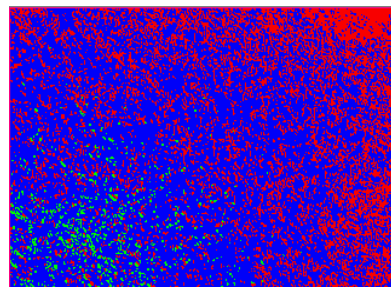
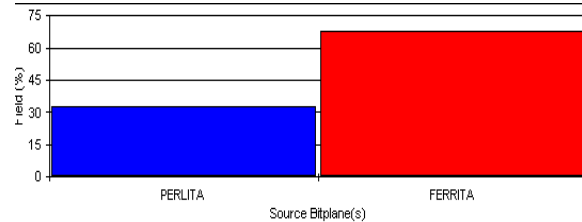
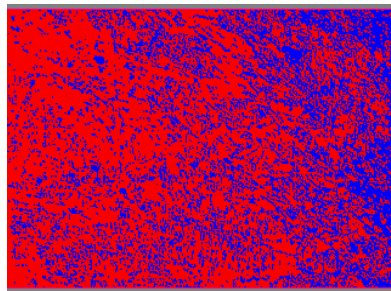


EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA: DEPÓSITO DE SOLDADURA

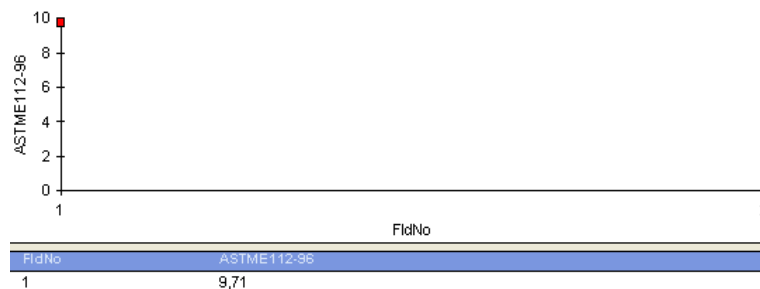
Componentes: Ferrita y perlita

Magnificación: 100x

Porcentajes:



DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DEL GRANO







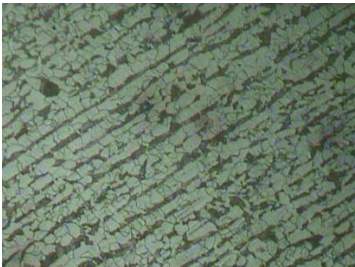
Tamaño de grano: 10

Método: ASTM E112

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Los porcentajes de la microestructura de la junta soldada del acero ASTM A 36 con electrodo E7018 con una temperatura de precalentamiento 120 °C máxima, se puede observar que los componentes de la zona de soldadura son: 32,5 % de Perlita y 67,5% de Ferrita, con un tamaño de grano de 10. Además, está compuesta por un 70% de Ferrita Alotriomórfica, 27,3% de Ferrita Acicular y 2,8% de Ferrita Widmanstaetten. Estos componentes son de gran importancia para el cordón de soldadura otorgando características mecánicas aceptables, pues el alto contenido de Ferrita Alotriomórfica reduce la tenacidad de la junta soldada, esta compensado con él 27,5% de Ferrita Acicular la cual provee una mejora significativamente la tenacidad y la resistencia en la junta soldada, de tal manera presentando un cordón de soldadura de tenacidad aceptable.

4.2.23. ENSAYO DE METALOGRAFÍA DE LAPROBETA CON MATERIAL DE APORTE E7018-AR DIÁMETRO 1/8”.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
ENSAYO METALOGRAFÍA					
REGISTRO DE DATOS INFORMATIVOS					
Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo No:	03		
Identificación del componente de estudio:	PROBETA P3.1.ARM	Probeta Soldada Temperatura Alta de Precaentamiento 300 °C Max			
Solicitado por:	UTA-FICM	Fecha:	15/04/2019		
Centro de Estudio y Análisis:	Laboratorio de Metalografía - FICM				
Realizado por:	Eduardo Ronquillo	Supervisado por:	Ing.Mg. Oscar Analuiza		
PARAMETROS AMBIENTALES DEL LUGAR DURANTE EL ENSAYO					
Lugar	Campus Universitario –UTA/ Huachi Chico				
Temperatura ambiente	17 °C				
Iluminación	Buena				
PARÁMETROS DEL ENSAYO METALOGRAFICO					
Acondicionamiento de la superficie:	Pulido Mecánico				
Temperatura durante el pulido:	24 °C	Superficie preparada	Lijas: 240, 320, 400, 600,1500		
Ataque Químico de la superficie con:	Nital 4	Durante:	8 segundos		
RESULTADO:					
FOTOGRAFÍAS DE LA MICROESTRUCTURA DE LA SOLDADURA DEL ACERO ASTM A 36 CON ELECTRODO E7018 AR 1/8 (100X)					
					
Soldadura (100X, Nital 4, 8s)		ZAT (100X, Nital4, 5s)			
					
Material Base (100X, Nital4, 5s)					

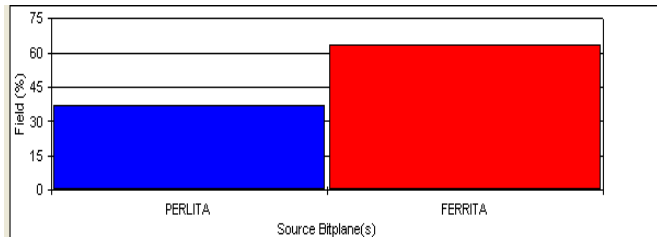
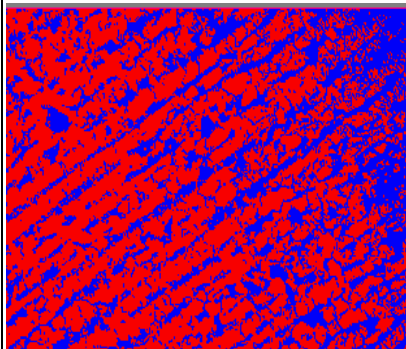


EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA: METAL BASE

Componentes: Ferrita y perlita

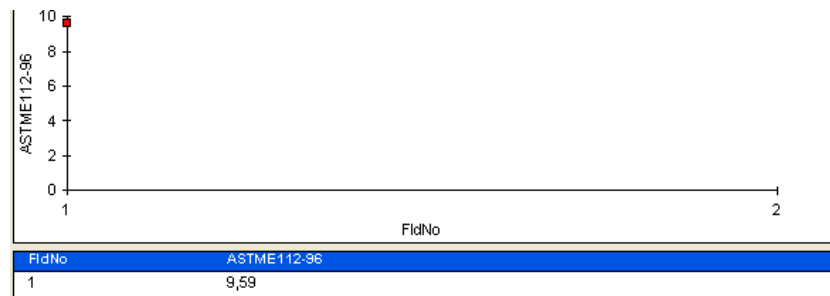
Magnificación: 100x

Porcentajes:



S. Bitplane(s)	Field (%)
PERLITA	36,9
FERRITA	63,1

DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DEL GRANO



Tamaño de grano: 10

Método: ASTM E112

CÁLCULO DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN

$$R.T.A = \frac{28 * (\%Ferrita) + 84 * (\%Perlita)}{100}$$

$$R.T.A = \frac{28 * (63,1) + 84 * (36,9)}{100} \quad R.T.A = 48,7 \frac{Kgf}{mm^2} = 477,58 MPa = 69,2 Kpsi$$

$$\%C = \% \frac{Perlita}{130} = \frac{36,9}{130} = 0,29\%$$

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Los porcentajes de la microestructura está compuesta por un 36,9 % de Perlita y 63,1% de Ferrita, con un tamaño de grano de 9. La resistencia a la tracción da un valor de 477,58 MPa, por lo cual no se ha visto afectada en mayor grado, puesto que cumple con el rango de un acero ASTM A 36 (Anexo A-1).

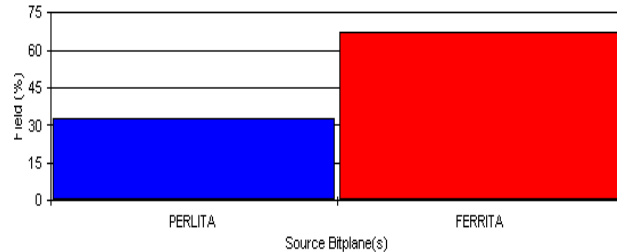
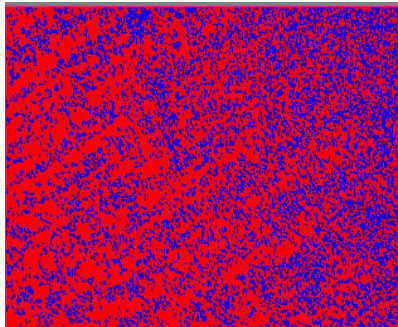


EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA: ZAT

Componentes: Ferrita y perlita

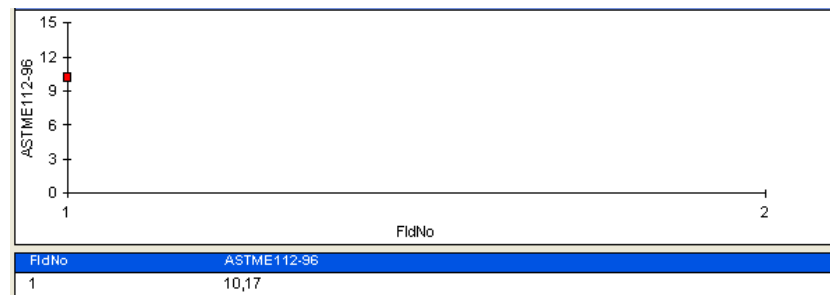
Magnificación: 100x

Porcentajes:



S. Bitplane(s)	Field (%)
PERLITA	33,0
FERRITA	67,0

DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DEL GRANO



Tamaño de grano: 10

Método: ASTM E112

CÁLCULO DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN

$$R.T.A = \frac{28 * (\%Ferrita) + 84 * (\%Perlita)}{100}$$

$$R.T.A = \frac{28 * (67) + 84 * (33)}{100} \quad R.T.A = 46,48 \frac{Kgf}{mm^2} = 455,81 MPa = 66Kpsi$$

$$\%C = \% \frac{Perlita}{130} = \frac{33}{130} = 0,26\%$$

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Los porcentajes de la microestructura está compuesta por un 33 % de Perlita y 67% de Ferrita, con un tamaño de grano de 10. La resistencia a la tracción da un valor de 455,81 MPa, por lo cual no se ha visto afectada en mayor grado, puesto que cumple con el rango de un acero ASTM A 36 (Anexo A-1).

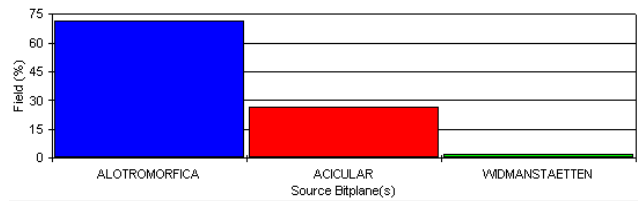
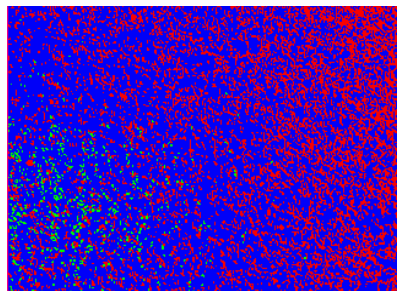
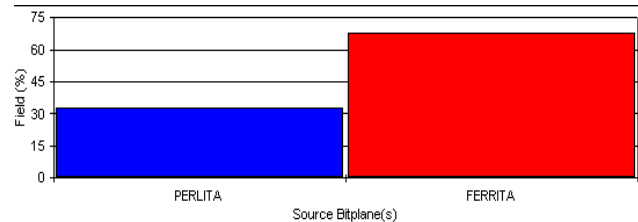
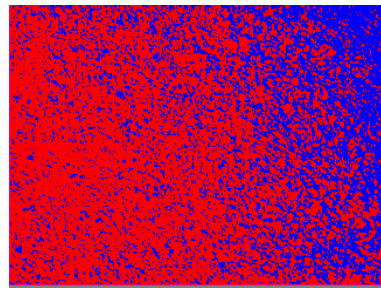


EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA: DEPÓSITO DE SOLDADURA

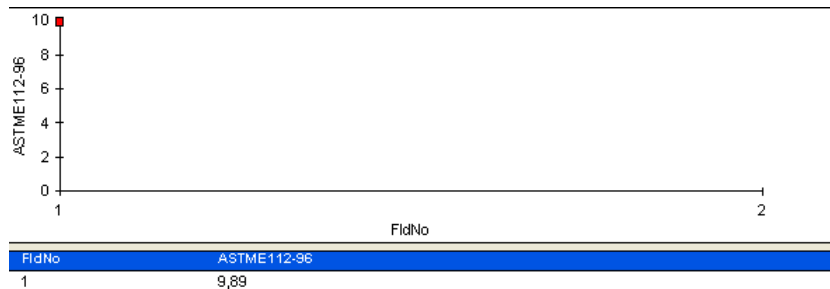
Componentes: Ferrita y perlita

Magnificación: 100x

Porcentajes:



DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DEL GRANO






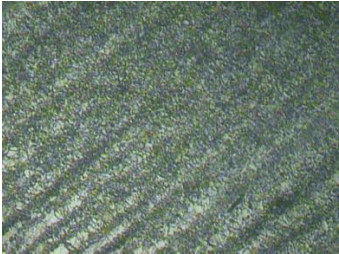
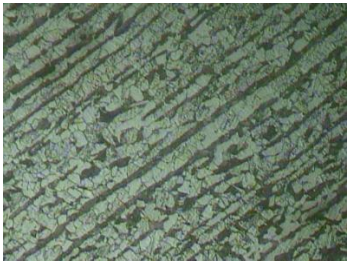
Tamaño de grano: 10

Método: ASTM E112

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Los porcentajes de la microestructura de la junta soldada del acero ASTM A 36 con electrodo E7018 con una temperatura de precalentamiento alta de 300 °C máxima, se puede observar que los componentes de la zona de soldadura son: 32,4 % de Perlita y 67,6% de Ferrita, con un tamaño de grano de 10. Además, está compuesta por un 71,4% de Ferrita Alotriomórfica, 26,4% de Ferrita Acicular y 2,2% de Ferrita Widmanstaetten. Estos componentes son de gran importancia para el cordón de soldadura otorgando características mecánicas aceptables, pues el alto contenido de Ferrita Alotriomórfica reduce la tenacidad de la junta soldada, esta compensado con él 26,4% de Ferrita Acicular la cual provee una mejora significativamente la tenacidad y la resistencia en la junta soldada, de tal manera presentando un cordón de soldadura de tenacidad aceptable.

4.2.24. ENSAYO DE METALOGRAFÍA DE LAPROBETA CON MATERIAL DE APORTE E7018-AR DIÁMETRO 1/8”.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
ENSAYO METALOGRAFÍA					
REGISTRO DE DATOS INFORMATIVOS					
Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo No:	04		
Identificación del componente de estudio:	PROBETA P4.1.ARM	Probeta Soldada Temperatura Baja de Precaentamiento 120 °C Max			
Solicitado por:	UTA-FICM	Fecha:	15/04/2019		
Centro de Estudio y Análisis:	Laboratorio de Metalografía - FICM				
Realizado por:	Eduardo Ronquillo	Supervisado por:	Ing.Mg. Oscar Analuiza		
PARAMETROS AMBIENTALES DEL LUGAR DURANTE EL ENSAYO					
Lugar	Campus Universitario –UTA/ Huachi Chico				
Temperatura ambiente	17 °C				
Iluminación	Buena				
PARÁMETROS DEL ENSAYO METALOGRAFICO					
Acondicionamiento de la superficie:	Pulido Mecánico				
Temperatura durante el pulido:	24 °C	Superficie preparada	Lijas: 240, 320, 400, 600,1500		
Ataque Químico de la superficie con:	Nital 4	Durante:	8 segundos		
RESULTADO:					
FOTOGRAFÍAS DE LA MICROESTRUCTURA DE LA SOLDADURA DEL ACERO ASTM A 36 CON ELECTRODO E7018 AR 1/8 (100X)					
					
Soldadura (100X, Nital 4, 8s)		ZAT (100X, Nital4, 5s)			
					
Material Base (100X, Nital4, 5s)					

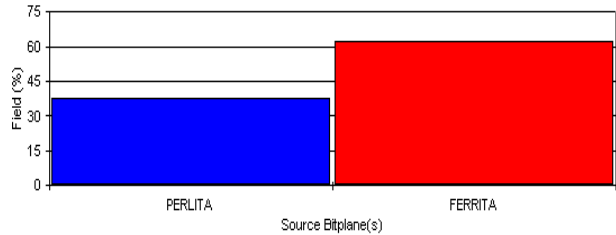
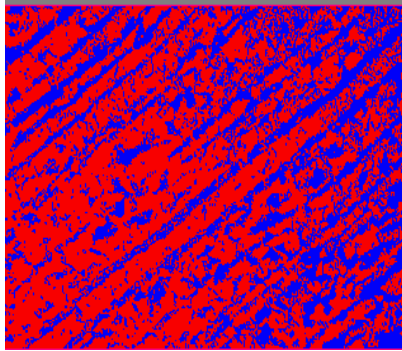


EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA: METAL BASE

Componentes: Ferrita y perlita

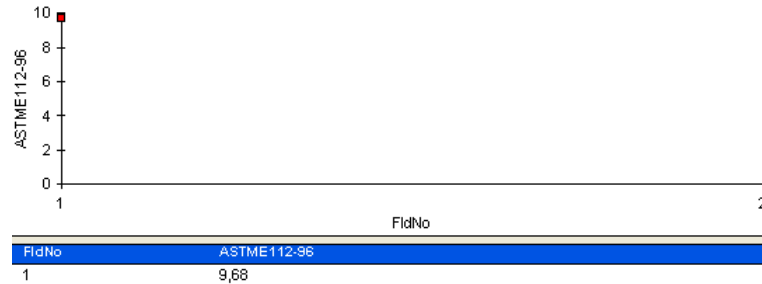
Magnificación: 100x

Porcentajes:



S. Bitplane(s)	Field (%)
PERLITA	37,5
FERRITA	62,5

DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DEL GRANO



Tamaño de grano: 10

Método: ASTM E112

CÁLCULO DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN

$$R.T.A = \frac{28 * (\%Ferrita) + 84 * (\%Perlita)}{100}$$

$$R.T.A = \frac{28 * (62,5) + 84 * (37,5)}{100} \quad R.T.A = 49 \frac{Kgf}{mm^2} = 480,52 MPa = 69,7 Kpsi$$

$$\%C = \% \frac{Perlita}{130} = \frac{37,5}{130} = 0,29\%$$

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Los porcentajes de la microestructura está compuesta por un 37,5 % de Perlita y 62,5% de Ferrita, con un tamaño de grano de 10. La resistencia a la tracción da un valor de 480,52 MPa, por lo cual no se ha visto afectada en mayor grado, puesto que cumple con el rango de un acero ASTM A 36 (Anexo A-1).

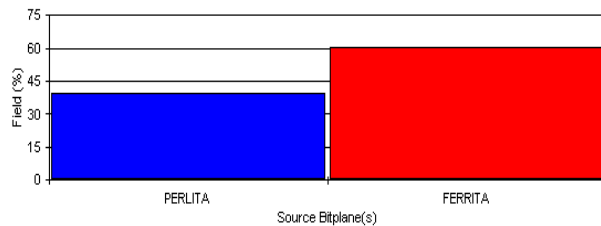
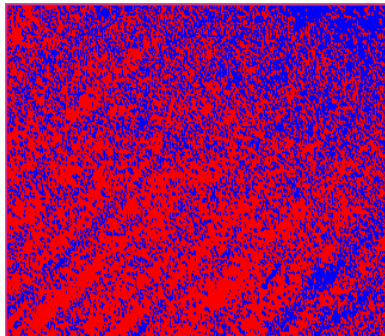


EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA: ZAT

Componentes: Ferrita y perlita

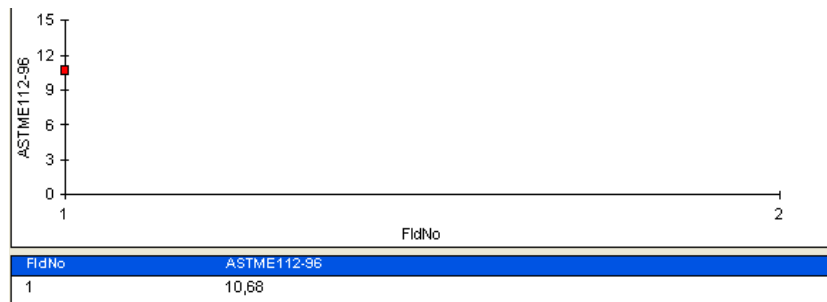
Magnificación: 100x

Porcentajes:



S. Bitplane(s)	Field (%)
PERLITA	39,5
FERRITA	60,5

DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DEL GRANO



Tamaño de grano: 11

Método: ASTM E112

CÁLCULO DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN

$$R.T.A = \frac{28 * (\%Ferrita) + 84 * (\%Perlita)}{100}$$

$$R.T.A = \frac{28 * (60,5) + 84 * (39,5)}{100} \quad R.T.A = 50,12 \frac{Kgf}{mm^2} = 491,5 MPa = 71,3 Kpsi$$

$$\%C = \% \frac{Perlita}{130} = \frac{39,5}{130} = 0,31\%$$

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Los porcentajes de la microestructura está compuesta por un 39,5 % de Perlita y 60,5% de Ferrita, con un tamaño de grano de 10. La resistencia a la tracción da un valor de 491,5 MPa, por lo cual no se ha visto afectada en mayor grado, puesto que cumple con el rango de un acero ASTM A 36 (Anexo A-1).

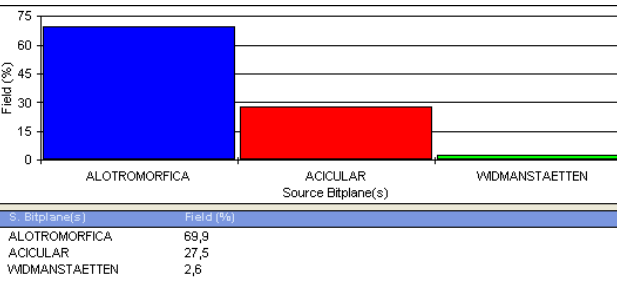
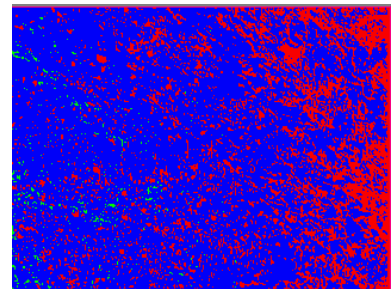
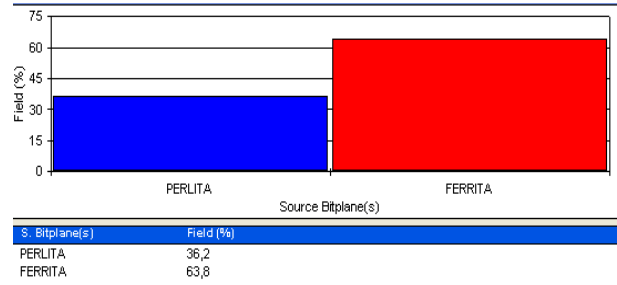
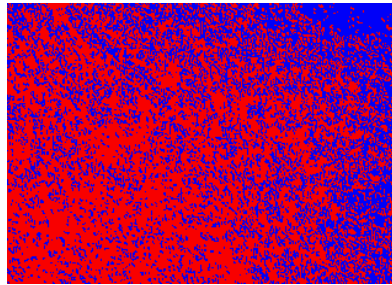


EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA: DEPÓSITO DE SOLDADURA

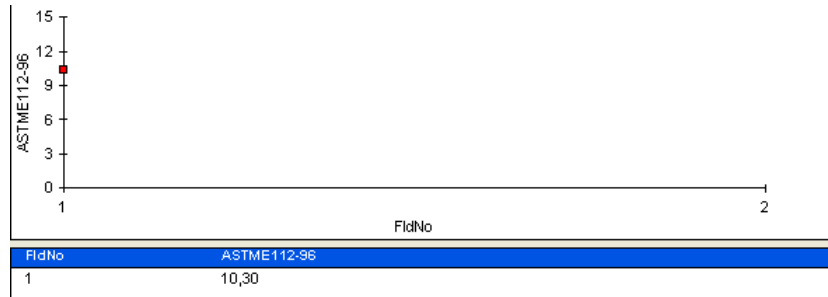
Componentes: Ferrita y perlita

Magnificación: 100x

Porcentajes:



DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DEL GRANO



Tamaño de grano: 10

Método: ASTM E112

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Los porcentajes de la microestructura de la junta soldada del acero ASTM A 36 con electrodo E7018 con una temperatura de precalentamiento alta de 120 °C máxima, se puede observar que los componentes de la zona de soldadura son: 36,2 % de Perlita y 63,8% de Ferrita, con un tamaño de grano de 10. Además, está compuesta por un 69,9% de Ferrita Alotriomórfica, 27,5% de Ferrita Acicular y 2,6% de Ferrita Widmanstaetten. Estos componentes son de gran importancia para el cordón de soldadura otorgando características mecánicas aceptables, pues el alto contenido de Ferrita Alotriomórfica reduce la tenacidad de la junta soldada, esta compensado con él 27,3% de Ferrita Acicular la cual provee una mejora significativamente la tenacidad y la resistencia en la junta soldada, de tal manera presentando un cordón de soldadura de tenacidad aceptable.

4.2.25. ENSAYO DE METALOGRAFICO DE LAPROBETA CON MATERIAL DE APORTE E7018-SR DIÁMETRO 3/32”.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
ENSAYO METALOGRAFÍA					
REGISTRO DE DATOS INFORMATIVOS					
Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo No:	05		
Identificación del componente de estudio:	PROBETA P5.1.SRM	Probeta Soldada Temperatura Alta de Precaentamiento 300 °C Max			
Solicitado por:	UTA-FICM	Fecha:	15/04/2019		
Centro de Estudio y Análisis:	Laboratorio de Metalografía - FICM				
Realizado por:	Eduardo Ronquillo	Supervisado por:	Ing.Mg. Oscar Analuiza		
PARAMETROS AMBIENTALES DEL LUGAR DURANTE EL ENSAYO					
Lugar	Campus Universitario –UTA/ Huachi Chico				
Temperatura ambiente	17 °C				
Iluminación	Buena				
PARÁMETROS DEL ENSAYO METALOGRAFICO					
Acondicionamiento de la superficie:	Pulido Mecánico				
Temperatura durante el pulido:	24 °C	Superficie preparada	Lijas: 240, 320, 400, 600,1500		
Ataque Químico de la superficie con:	Nital 4	Durante:	8 segundos		
RESULTADO:					
FOTOGRAFIAS DE LA MICROESTRUCTURA DE LA SOLDADURA DEL ACERO ASTM A 36 CON ELECTRODO E7018 SR 3/32 (100X)					
					
Soldadura (100X, Nital 4, 8s)		ZAT (100X, Nital4, 5s)			
					
Material Base (100X, Nital4, 5s)					

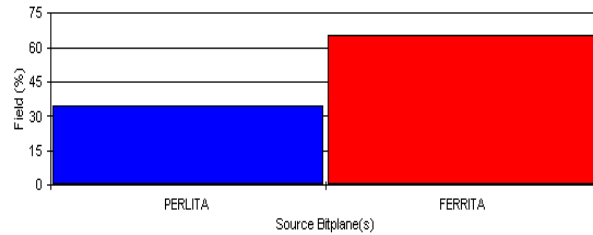
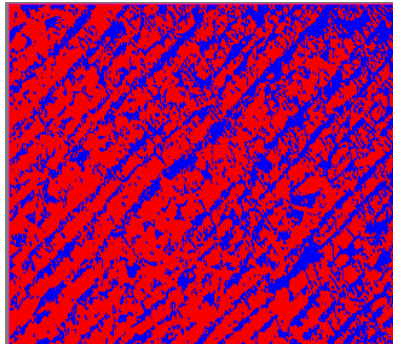


EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA: METAL BASE

Componentes: Ferrita y perlita

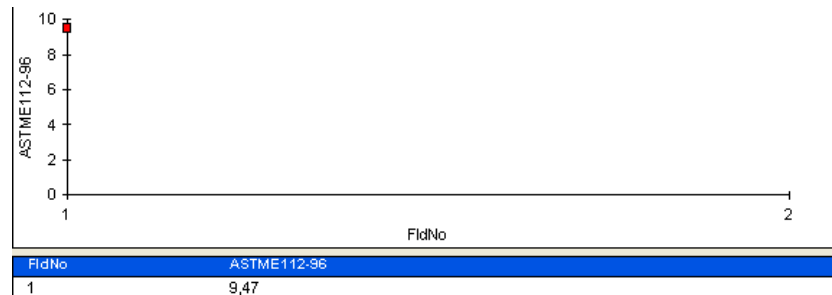
Magnificación: 100x

Porcentajes:



S. Bitplane(s)	Field (%)
PERLITA	34,8
FERRITA	65,2

DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DEL GRANO



Tamaño de grano: 9

Método: ASTM E112

CÁLCULO DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN

$$R.T.A = \frac{28 * (\%Ferrita) + 84 * (\%Perlita)}{100}$$

$$R.T.A = \frac{28 * (65,2) + 84 * (34,8)}{100} \quad R.T.A = 47,66 \frac{Kgf}{mm^2} = 467,38 MPa = 67,8Kpsi$$

$$\%C = \% \frac{Perlita}{130} = \frac{34,8}{130} = 0,27\%$$

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Los porcentajes de la microestructura está compuesta por un 34,8 % de Perlita y 65,2% de Ferrita, con un tamaño de grano de 9. La resistencia a la tracción da un valor de 467,38 MPa, por lo cual no se ha visto afectada en mayor grado, puesto que cumple con el rango de un acero ASTM A 36 (Anexo A-1).

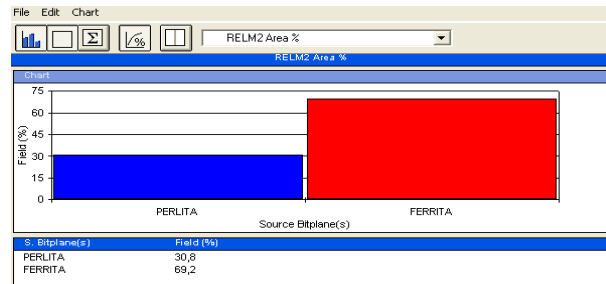
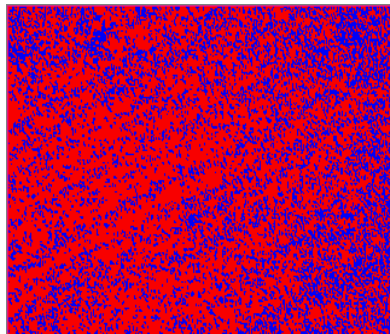


EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA: ZAT

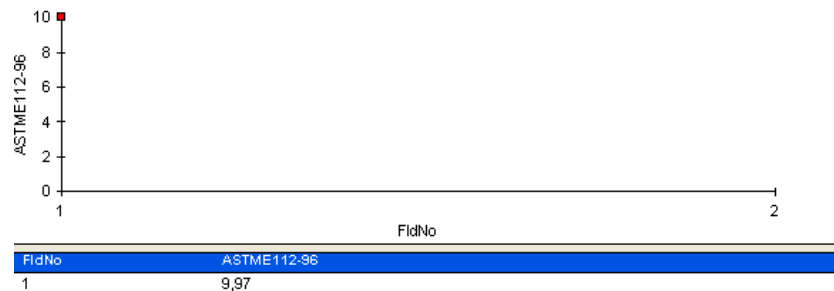
Componentes: Ferrita y perlita

Magnificación: 100x

Porcentajes:



DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DEL GRANO



Tamaño de grano: 10

Método: ASTM E112

CÁLCULO DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN

$$R.T.A = \frac{28 * (\%Ferrita) + 84 * (\%Perlita)}{100}$$

$$R.T.A = \frac{28 * (69,2) + 84 * (30,8)}{100} \quad R.T.A = 45,23 \frac{Kgf}{mm^2} = 443,55 MPa = 64,3Kpsi$$

$$\%C = \% \frac{Perlita}{130} = \frac{30,8}{130} = 0,24\%$$

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Los porcentajes de la microestructura está compuesta por un 30,8 % de Perlita y 69,2% de Ferrita, con un tamaño de grano de 10. La resistencia a la tracción da un valor de 443,55 MPa, por lo cual no se ha visto afectada en mayor grado, puesto que cumple con el rango de un acero ASTM A 36 ((Anexo A-1).

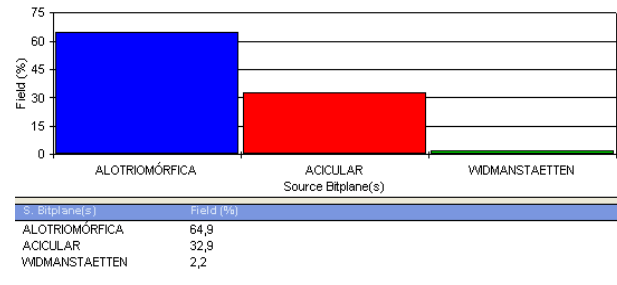
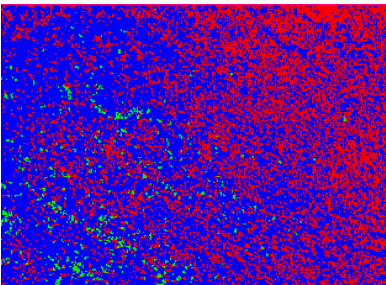
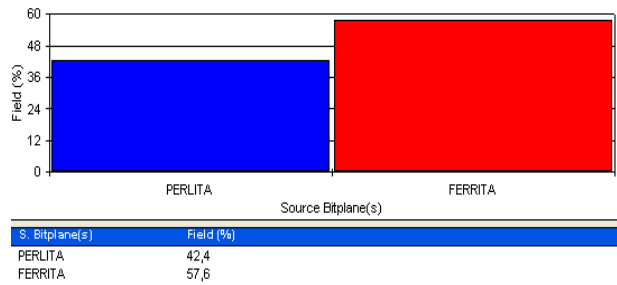
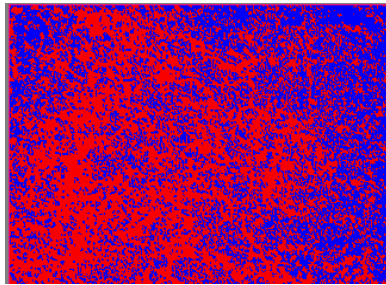


EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA: DEPÓSITO DE SOLDADURA

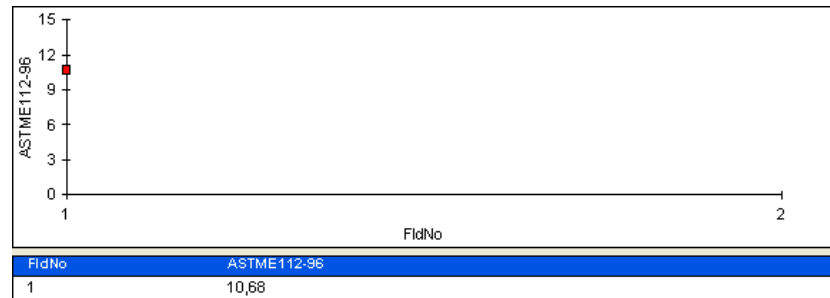
Componentes: Ferrita y perlita

Magnificación: 100x

Porcentajes:



DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DEL GRANO



Tamaño de grano: 11



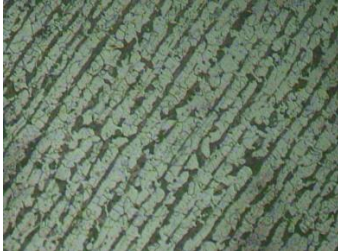
Método: ASTM E112

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Los porcentajes de la microestructura de la junta soldada del acero ASTM A 36 con electrodo E7018 con una temperatura de precalentamiento alta de 300 °C máxima, se puede observar que los componentes de la zona de soldadura son: 42,4 % de Perlita y 57,6% de Ferrita, con un tamaño de grano de 11. Además, está compuesta por un 64,9% de Ferrita Alotriomórfica, 32,9% de Ferrita Acicular y 2,2% de Ferrita Widmanstaetten. Estos componentes son de gran importancia para el cordón de soldadura otorgando características mecánicas aceptables, pues el alto contenido de Ferrita Alotriomórfica reduce la tenacidad de la junta soldada, esta compensado con él 32,9% de Ferrita Acicular la cual provee una mejora significativamente la tenacidad y la resistencia en la junta soldada, de tal manera presentando un cordón de soldadura de tenacidad aceptable.

Autor: Eduardo Ronquillo

4.2.26. ENSAYO DE METALOGRAFICO DE LAPROBETA CON MATERIAL DE APORTE E7018-SR DIÁMETRO 3/32”.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
REGISTRO DE DATOS INFORMATIVOS					
Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo No:	06		
Identificación del componente de estudio:	PROBETA P6.1.SRM	Probeta Soldada Temperatura Baja de Precalentamiento 120 °C Max			
Solicitado por:	UTA-FICM	Fecha:	15/04/2019		
Centro de Estudio y Análisis:	Laboratorio de Metalografía - FICM				
Realizado por:	Eduardo Ronquillo	Supervisado por:	Ing.Mg. Oscar Analuiza		
PARAMETROS AMBIENTALES DEL LUGAR DURANTE EL ENSAYO					
Lugar	Campus Universitario –UTA/ Huachi Chico				
Temperatura ambiente	17 °C				
Iluminación	Buena				
PARÁMETROS DEL ENSAYO METALOGRAFICO					
Acondicionamiento de la superficie:	Pulido Mecánico				
Temperatura durante el pulido:	24 °C	Superficie preparada	Lijas: 240, 320, 400, 600,1500		
Ataque Químico de la superficie con:	Nital 4	Durante:	8 segundos		
RESULTADO:					
FOTOGRAFIAS DE LA MICROESTRUCTURA DE LA SOLDADURA DEL ACERO ASTM A 36 CON ELECTRODO E7018 SR 3/32 (100X)					
					
Soldadura (100X, Nital 4, 8s)		ZAT (100X, Nital4, 5s)			
					
Material Base (100X, Nital4, 5s)					

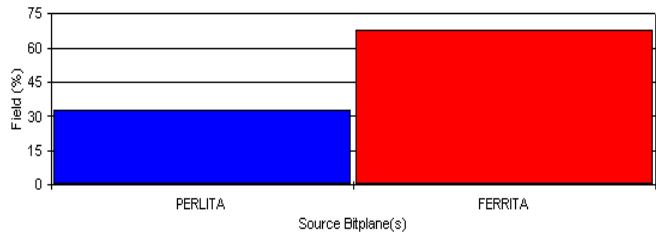
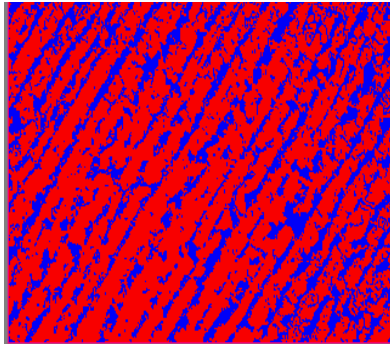


EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA: METAL BASE

Componentes: Ferrita y perlita

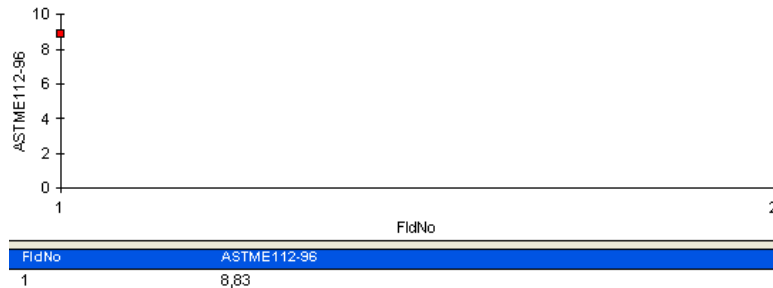
Magnificación: 100x

Porcentajes:



S. Bitplane(s)	Field (%)
PERLITA	32,5
FERRITA	67,5

DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DEL GRANO



Tamaño de grano: 9

Método: ASTM E112

CÁLCULO DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN

$$R.T.A = \frac{28 * (\%Ferrita) + 84 * (\%Perlita)}{100}$$

$$R.T.A = \frac{28 * (67,5) + 84 * (32,5)}{100} \quad R.T.A = 46,2 \frac{Kgf}{mm^2} = 453,07 MPa = 65,7 Kpsi$$

$$\%C = \% \frac{Perlita}{130} = \frac{32,5}{130} = 0,26\%$$

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Los porcentajes de la microestructura está compuesta por un 30,5 % de Perlita y 69,5% de Ferrita, con un tamaño de grano de 9. La resistencia a la tracción da un valor de 442,28 MPa, por lo cual no se ha visto afectada en mayor grado, puesto que cumple con el rango de un acero ASTM A 36 (Anexo A-1).

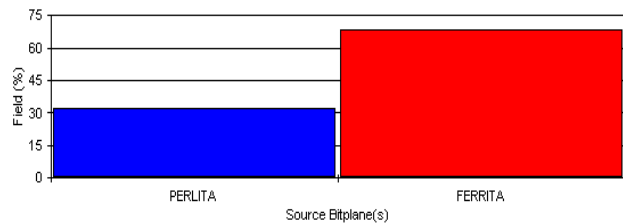
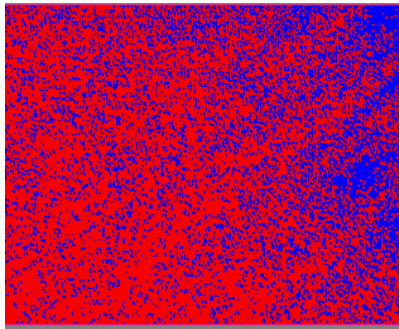


EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA: ZAT

Componentes: Ferrita y perlita

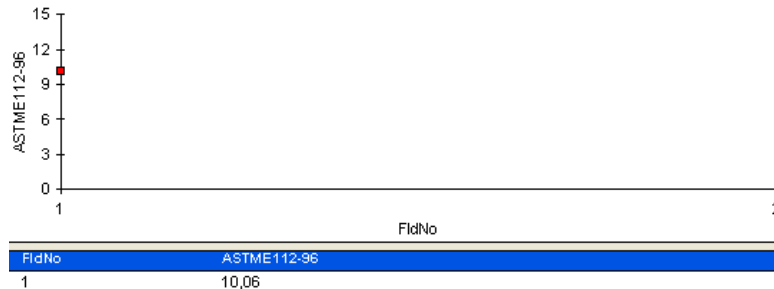
Magnificación: 100x

Porcentajes:



S. Bitplane(s)	Field (%)
PERLITA	31,9
FERRITA	68,1

DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DEL GRANO



Tamaño de grano: 10

Método: ASTM E112

CÁLCULO DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN

$$R.T.A = \frac{28 * (\%Ferrita) + 84 * (\%Perlita)}{100}$$

$$R.T.A = \frac{28 * (68,1) + 84 * (31,9)}{100} \quad R.T.A = 45,86 \frac{Kgf}{mm^2} = 449,73 MPa = 65,2 Kpsi$$

$$\%C = \% \frac{Perlita}{130} = \frac{31,9}{130} = 0,25\%$$

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Los porcentajes de la microestructura está compuesta por un 31,9 % de Perlita y 68,1% de Ferrita, con un tamaño de grano de 10. La resistencia a la tracción da un valor de 449,73 MPa, por lo cual no se ha visto afectada en mayor grado, puesto que cumple con el rango de un acero ASTM A 36 (Anexo A-1).

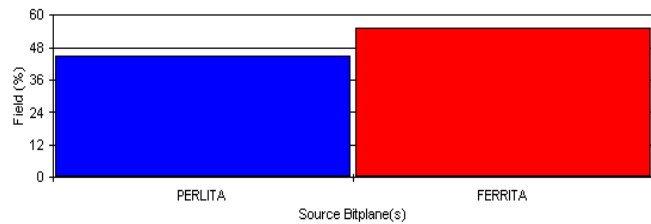
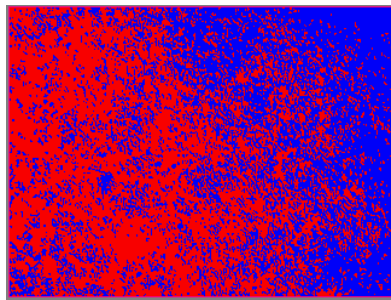


EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA: DEPÓSITO DE SOLDADURA

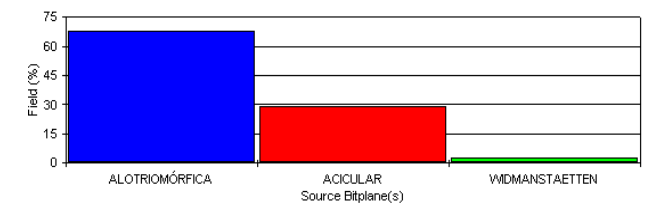
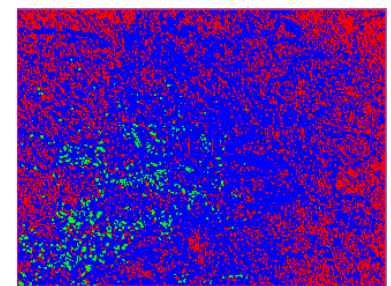
Componentes: Ferrita y perlita

Magnificación: 100x

Porcentajes:

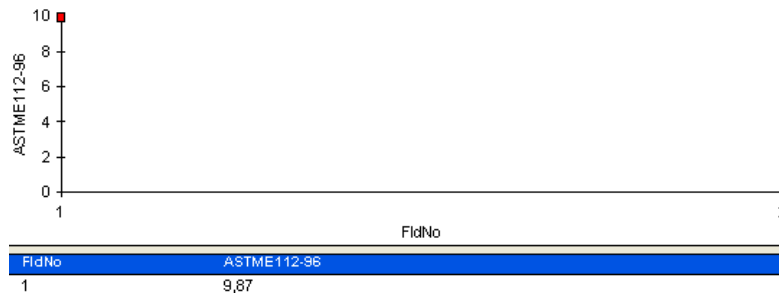


s. bitplane(s)	Field (%)
PERLITA	44,8
FERRITA	55,2



s. bitplane(s)	Field (%)
ALOTRIOMÓRFICA	67,8
ACICULAR	29,3
WIDMANSTAETTEN	2,9

DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DEL GRANO





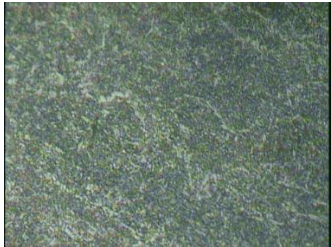

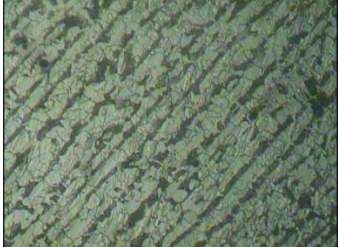
Tamaño de grano: 10

Método: ASTM E112

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Los porcentajes de la microestructura de la junta soldada del acero ASTM A 36 con electrodo E7018 con una temperatura de precalentamiento alta de 120 °C máxima, se puede observar que los componentes de la zona de soldadura son: 44,8 % de Perlita y 55,2% de Ferrita, con un tamaño de grano de 10. Además, está compuesta por un 67,8% de Ferrita Alotriomórfica, 29,3% de Ferrita Acicular y 2,9% de Ferrita Widmanstaetten. Estos componentes son de gran importancia para el cordón de soldadura otorgando características mecánicas aceptables, pues el alto contenido de Ferrita Alotriomórfica reduce la tenacidad de la junta soldada, esta compensado con él 29,3% de Ferrita Acicular la cual provee una mejora significativamente la tenacidad y la resistencia en la junta soldada, de tal manera presentando un cordón de soldadura de tenacidad aceptable.

4.2.27. ENSAYO DE METALOGRAFICO DE LAPROBETA CON MATERIAL DE APORTE E7018 SR DIÁMETRO 1/8”.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTADA DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
REGISTRO DE DATOS INFORMATIVOS					
Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo No:	07		
Identificación del componente de estudio:	PROBETA P7.1.SRM	Probeta Soldada Temperatura Alta de Precaentamiento 300 °C Max			
Solicitado por:	UTA-FICM	Fecha:	15/04/2019		
Centro de Estudio y Análisis:	Laboratorio de Metalografía - FICM				
Realizado por:	Eduardo Ronquillo	Supervisado por:	Ing.Mg. Oscar Analuiza		
PARAMETROS AMBIENTALES DEL LUGAR DURANTE EL ENSAYO					
Lugar	Campus Universitario –UTA/ Huachi Chico				
Temperatura ambiente	17 °C				
Iluminación	Buena				
PARÁMETROS DEL ENSAYO METALOGRÁFICO					
Acondicionamiento de la superficie:	Pulido Mecánico				
Temperatura durante el pulido:	24 °C	Superficie preparada	Lijas: 240, 320, 400, 600,1500		
Ataque Químico de la superficie con:	Nital 4	Durante:	8 segundos		
RESULTADO:					
FOTOGRAFIAS DE LA MICROESTRUCTURA DE LA SOLDADURA DEL ACERO ASTM A 36 CON ELECTRODO E7018 SR 1/8 (100X)					
					
Soldadura (100X, Nital 4, 8s)		ZAT (100X, Nital4, 5s)			
					
Material Base (100X, Nital4, 5s)					

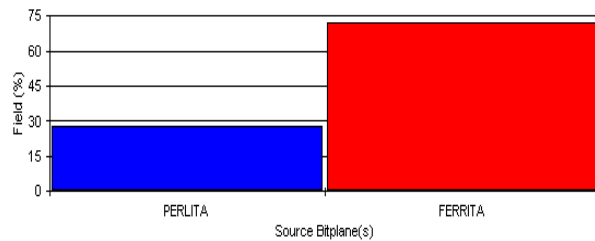
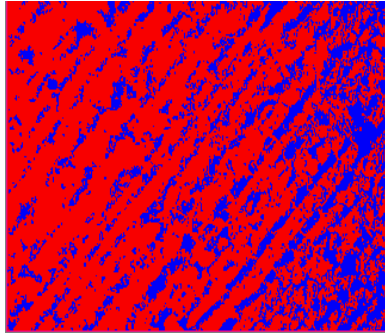


EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA: METAL BASE

Componentes: Ferrita y perlita

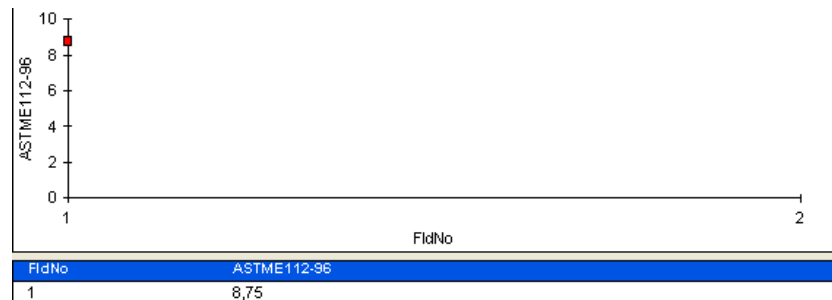
Magnificación: 100x

Porcentajes:



S. Bitplane(s)	Field (%)
PERLITA	28,0
FERRITA	72,0

DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DEL GRANO



Tamaño de grano: 9

Método: ASTM E112

CÁLCULO DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN

$$R.T.A = \frac{28 * (\%Ferrita) + 84 * (\%Perlita)}{100}$$

$$R.T.A = \frac{28 * (72) + 84 * (28)}{100} \quad R.T.A = 43,68 \frac{Kgf}{mm^2} = 428,35 MPa = 62,1Kpsi$$

$$\%C = \% \frac{Perlita}{130} = \frac{28}{130} = 0,22\%$$

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Los porcentajes de la microestructura está compuesta por un 28 % de Perlita y 72% de Ferrita, con un tamaño de grano de 9. La resistencia a la tracción da un valor de 428,35 MPa, por lo cual no se ha visto afectada en mayor grado, puesto que cumple con el rango de un acero ASTM A 36 (Anexo A-1).

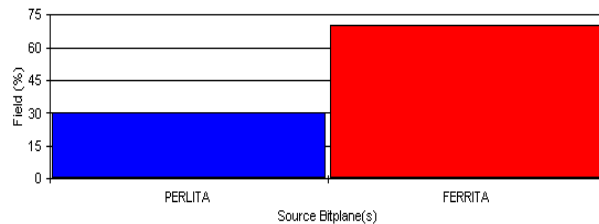
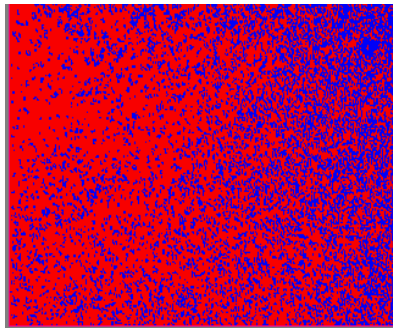


EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA: ZAT

Componentes: Ferrita y perlita

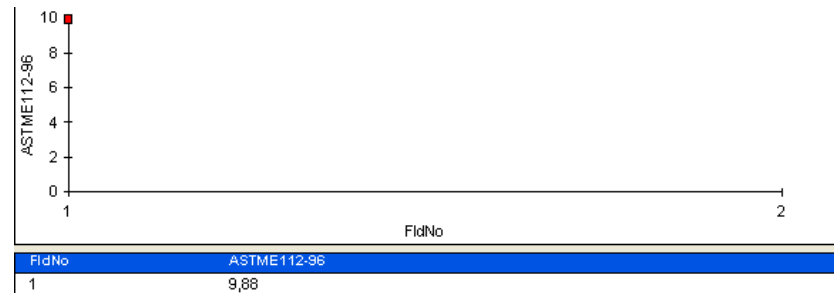
Magnificación: 100x

Porcentajes:



S. Bitplane(s)	Field (%)
PERLITA	30,0
FERRITA	70,0

DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DEL GRANO



Tamaño de grano: 10

Método: ASTM E112

CÁLCULO DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN

$$R.T.A = \frac{28 * (\%Ferrita) + 84 * (\%Perlita)}{100}$$

$$R.T.A = \frac{28 * (70) + 84 * (30)}{100} \quad R.T.A = 44,8 \frac{Kgf}{mm^2} = 439,34 MPa = 63,7Kpsi$$

$$\%C = \% \frac{Perlita}{130} = \frac{30}{130} = 0,24\%$$

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Los porcentajes de la microestructura está compuesta por un 30 % de Perlita y 70% de Ferrita, con un tamaño de grano de 10. La resistencia a la tracción da un valor de 439,34 MPa, por lo cual no se ha visto afectada en mayor grado, puesto que cumple con el rango de un acero ASTM A 36 (Anexo A-1).

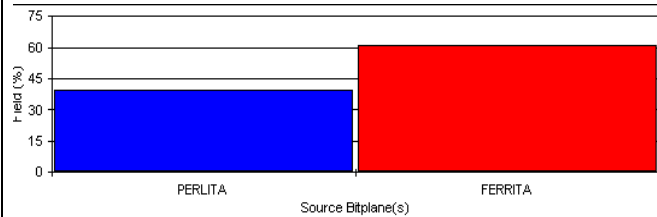
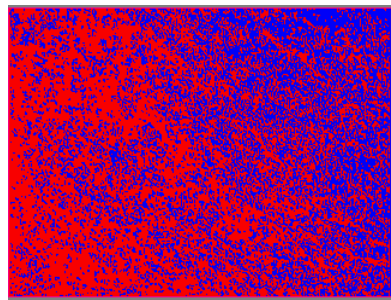


EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA: DEPÓSITO DE SOLDADURA

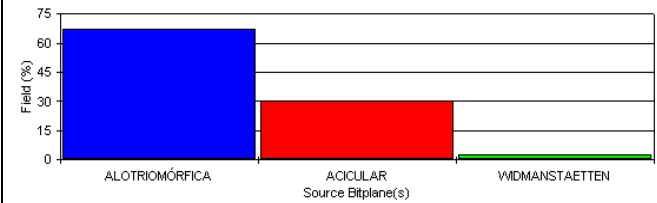
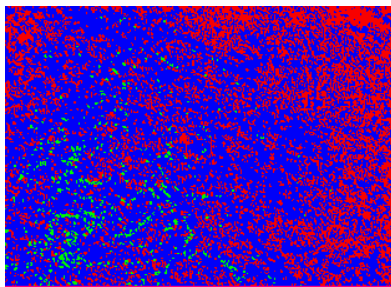
Componentes: Ferrita y perlita

Magnificación: 100x

Porcentajes:

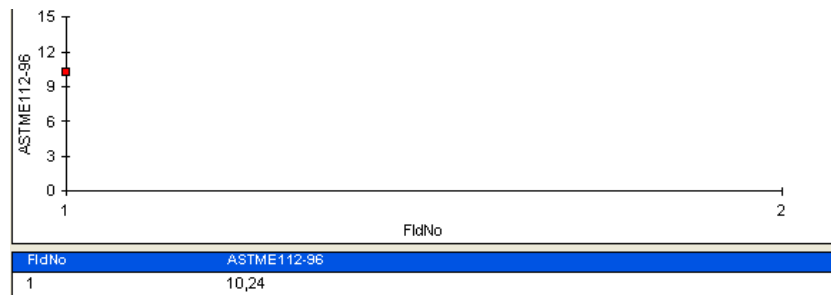


S: Bitplane(s)	Field (%)
PERLITA	39,3
FERRITA	60,7



S: Bitplane(s)	Field (%)
ALOTRIOMÓRFICA	67,2
ACICULAR	30,1
WIDMANSTAETTEN	2,6

DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DEL GRANO





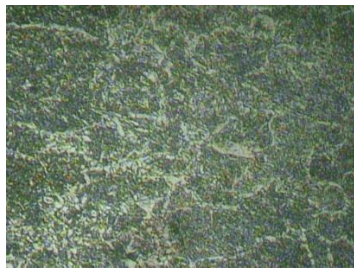

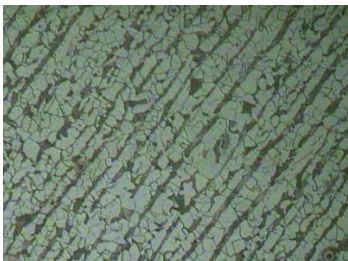
Tamaño de grano: 10

Método: ASTM E112

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Los porcentajes de la microestructura de la junta soldada del acero ASTM A 36 con electrodo E7018 con una temperatura de precalentamiento alta de 300 °C máxima, se puede observar que los componentes de la zona de soldadura son: 39,3 % de Perlita y 60,7% de Ferrita, con un tamaño de grano de 10. Además, está compuesta por un 67,2% de Ferrita Alotriomórfica, 30,1% de Ferrita Acicular y 2,6% de Ferrita Widmanstaetten. Estos componentes son de gran importancia para el cordón de soldadura otorgando características mecánicas aceptables, pues el alto contenido de Ferrita Alotriomórfica reduce la tenacidad de la junta soldada, esta compensado con él 30,1% de Ferrita Acicular la cual provee una mejora significativamente la tenacidad y la resistencia en la junta soldada, de tal manera presentando un cordón de soldadura de tenacidad aceptable.

4.2.28. ENSAYO DE METALOGRAFICO DE LAPROBETA CON MATERIAL DE APORTE E7018-SR DIÁMETRO 1/8”.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
ENSAYO METALOGRAFÍA					
REGISTRO DE DATOS INFORMATIVOS					
Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo No:	08		
Identificación del componente de estudio:	PROBETA P8.1.SRM	Probeta Soldada Temperatura Baja de Pre calentamiento 120 °C Max			
Solicitado por:	UTA-FICM	Fecha:	15/04/2019		
Centro de Estudio y Análisis:	Laboratorio de Metalografía - FICM				
Realizado por:	Eduardo Ronquillo	Supervisado por:	Ing.Mg. Oscar Analuiza		
PARAMETROS AMBIENTALES DEL LUGAR DURANTE EL ENSAYO					
Lugar	Campus Universitario –UTA/ Huachi Chico				
Temperatura ambiente	17 °C				
Iluminación	Buena				
PARÁMETROS DEL ENSAYO METALOGRAFICO					
Acondicionamiento de la superficie:	Pulido Mecánico				
Temperatura durante el pulido:	24 °C	Superficie preparada	Lijas: 240, 320, 400, 600,1500		
Ataque Químico de la superficie con:	Nital 4	Durante:	8 segundos		
RESULTADO:					
FOTOGRAFIAS DE LA MICROESTRUCTURA DE LA SOLDADURA DEL ACERO ASTM A 36 CON ELECTRODO E7018 SR 1/8 (100X)					
					
Soldadura (100X, Nital 4, 8s)		ZAT (100X, Nital4, 5s)			
					
Material Base (100X, Nital4, 5s)					

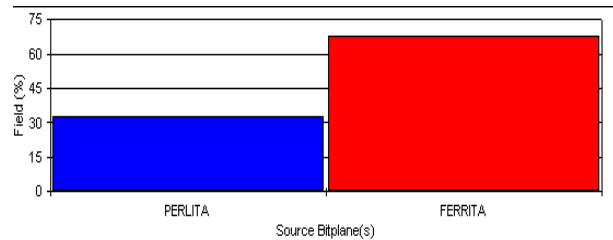
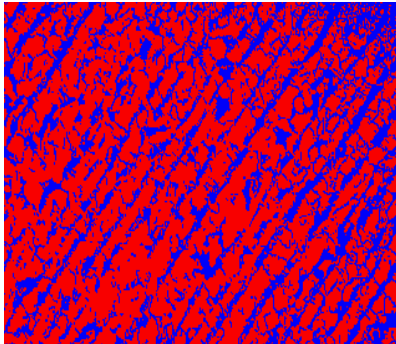


EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA: METAL BASE

Componentes: Ferrita y perlita

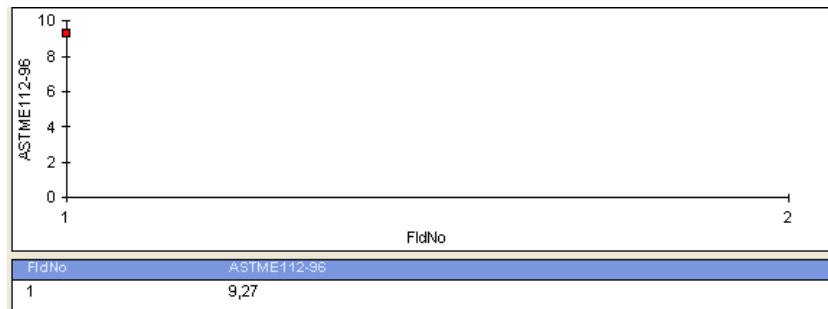
Magnificación: 100x

Porcentajes:



S. Bitplane(s)	Field (%)
PERLITA	32,5
FERRITA	67,5

DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DEL GRANO



Tamaño de grano: 9

Método: ASTM E112

CÁLCULO DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN

$$R.T.A = \frac{28 * (\%Ferrita) + 84 * (\%Perlita)}{100}$$

$$R.T.A = \frac{28 * (67,5) + 84 * (32,5)}{100} \quad R.T.A = 46,2 \frac{Kgf}{mm^2} = 453,1 MPa = 65,7 Kpsi$$

$$\%C = \% \frac{Perlita}{130} = \frac{32,5}{130} = 0,26\%$$

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Los porcentajes de la microestructura está compuesta por un 32,5 % de Perlita y 67,5% de Ferrita, con un tamaño de grano de 9. La resistencia a la tracción da un valor de 453,1 MPa, por lo cual no se ha visto afectada en mayor grado, puesto que cumple con el rango de un acero ASTM A 36 (Anexo A-1).

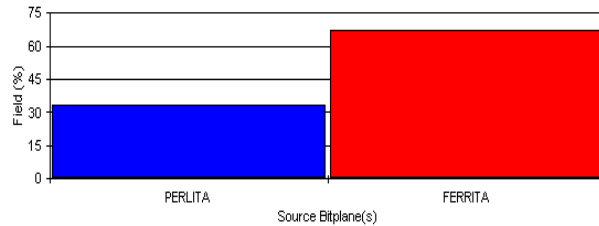
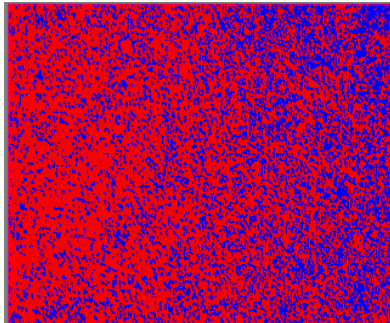


EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA: ZAT

Componentes: Ferrita y perlita

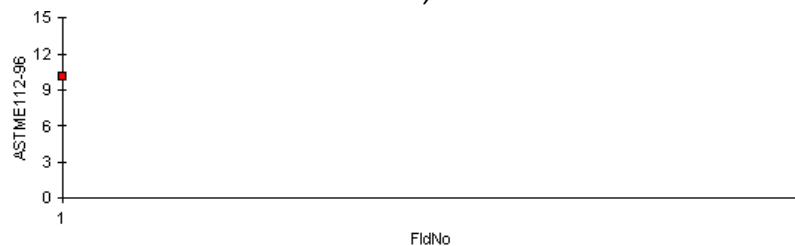
Magnificación: 100x

Porcentajes:



Source Bitplane(s)	Field (%)
PERLITA	33,2
FERRITA	66,8

DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DEL GRANO



FldNo	ASTME112-96
1	10,12

Tamaño de grano: 10

Método: ASTM E112

CÁLCULO DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN

$$R.T.A = \frac{28 * (\%Ferrita) + 84 * (\%Perlita)}{100}$$

$$R.T.A = \frac{28 * (66,8) + 84 * (33,2)}{100} \quad R.T.A = 46,6 \frac{Kgf}{mm^2} = 456,98 MPa = 66,3 Kpsi$$

$$\%C = \% \frac{Perlita}{130} = \frac{33,2}{130} = 0,26\%$$

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Los porcentajes de la microestructura está compuesta por un 33,2 % de Perlita y 66,8% de Ferrita, con un tamaño de grano de 10. La resistencia a la tracción da un valor de 456,98 MPa, por lo cual no se ha visto afectada en mayor grado, puesto que cumple con el rango de un acero ASTM A 36 (Anexo A-1).

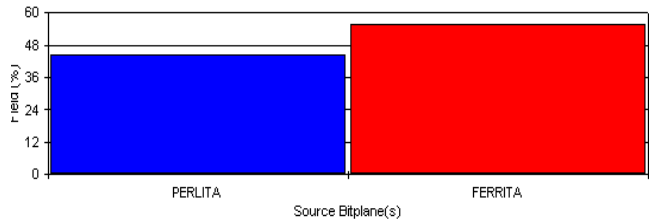
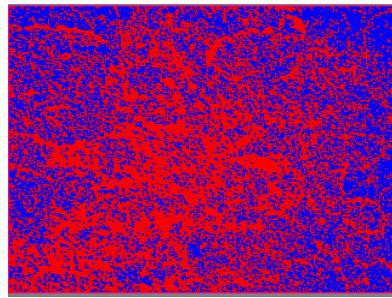


EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA: DEPÓSITO DE SOLDADURA

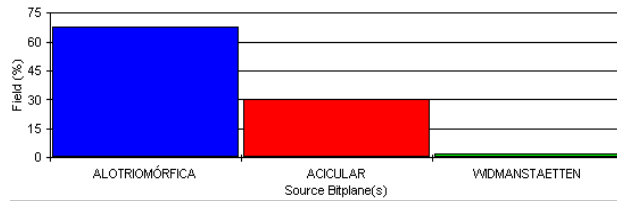
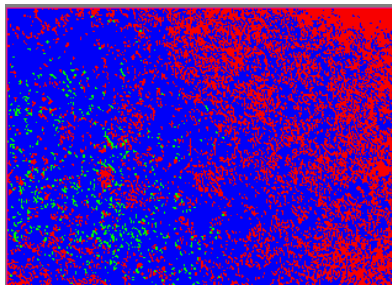
Componentes: Ferrita y perlita

Magnificación: 100x

Porcentajes:

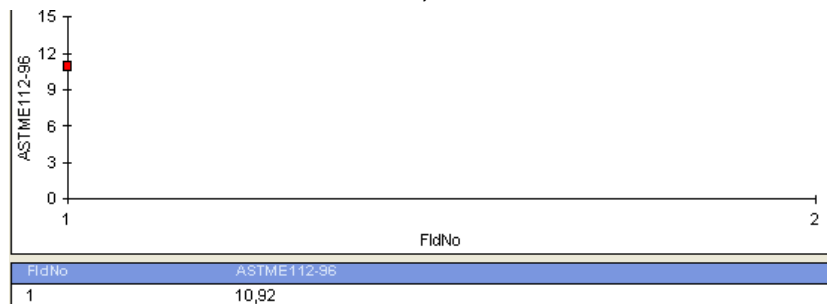


Source Bitplane(s)	Field (%)
PERLITA	44,4
FERRITA	55,6



Source Bitplane(s)	Field (%)
ALOTRIOMÓRFICA	67,6
ACICULAR	30,0
WIDMANSTAETTEN	2,4

DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DEL GRANO



Tamaño de grano: 11

Método: ASTM E112

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Los porcentajes de la microestructura de la junta soldada del acero ASTM A 36 con electrodo E7018 con una temperatura de precalentamiento alta de 120 °C máxima, se puede observar que los componentes de la zona de soldadura son: 44,4 % de Perlita y 55,6% de Ferrita, con un tamaño de grano de 11. Además, está compuesta por un 67,6% de Ferrita Alotriomórfica, 30% de Ferrita Acicular y 2,4% de Ferrita Widmanstaetten. Estos componentes son de gran importancia para el cordón de soldadura otorgando características mecánicas aceptables, pues el alto contenido de Ferrita Alotriomórfica reduce la tenacidad de la junta soldada, esta compensado con él 30% de Ferrita Acicular la cual provee una mejora significativamente la tenacidad y la resistencia en la junta soldada, de tal manera presentando un cordón de soldadura de tenacidad aceptable.

4.2.29. ANÁLISIS DEL RENDIMIENTO DEL ELECTRODO

El rendimiento de una soldadura, también llamado eficiencia de deposición, se mide en %, y es la relación entre la cantidad de material depositado, expresado en Kg, y el peso del consumible en Kg, incluyendo los descartes propios del proceso (colillas de electrodos).

Tabla 4. 10 Datos obtenidos. Fuente: Autor

DATOS OBTENIDOS					
Electrodo	Diámetro del núcleo	Peso del electrodo sin recubrimiento(gr)	Peso de la placa sin material de aporte (gr)	Peso de la placa con material de aporte (gr)	Peso del material Depositado (gr)
E7018-AR	3/32	14,1	343,1	353,2	10,1
E7018-AR	1/8	22,1	396,7	412,1	15,4
E7018-SR	3/32	12	355,8	364,7	8,9
E7018-SR	1/8	21,2	355	369,9	14,9

$$\text{Rendimiento del electrodo} = \frac{W_{\text{material depositado}}}{W_{\text{electrodo desnudo}}} \times 10 \quad \text{Ec4.1}$$

Tabla 4. 11 Datos obtenidos. Fuente: Autor

CÁLCULO DE EFICIENCIA DEL ELECTRODO			
Electrodo	Diámetro del núcleo	Eficiencia del electrodo	Eficiencia del electrodo en %
E7018-AR	3/32	0,71631206	71,63
E7018-AR	1/8	0,69683258	69,68
E7018-SR	3/32	0,74166667	74,16
E7018-SR	1/8	0,70283019	70,28

El electrodo con una mejor eficiencia, es el electrodo AWS E7018-SR con un diámetro del núcleo igual a 3/32”, con una eficiencia del 74,16%

4.3. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Para la interpretación de resultados se revisarán todos los datos obtenidos en los ensayos mecánicos con su respectiva desviación estándar correspondiente del grupo de probetas analizadas para determinar el valor máximo y mínimo correspondiente y bajo el mismo tener el criterio de aceptación o negación de los resultados finales de las juntas soldadas de acero al carbono ASTM A 36 de 20mm de espesor bajo el código AWS D1.8-2009, y comprobar las diferencias que existen entre los materiales de aporte E7018 AR, E7018 SR de marca. Además, se toman en cuenta los diferentes diámetros utilizados del material de aporte y las temperaturas de precalentamiento para clasificar el proceso de soldadura de cada probeta.

Las características del acero estructural ASTM A 36 son de referencia, ya que los criterios de aceptación para este ensayo se le considero conforme a la AWS D1.8-2009 del código de soldadura estructural suplemento sísmico. El cual dice: Este código proporciona los procedimientos de prueba utilizados para determinar la idoneidad de metales de relleno para ser utilizado en la producción de soldaduras críticos de demanda de conformidad, que serán capaces de proporcionar uniones soldadas con la resistencia requerida, ductilidad y tenacidad a las temperaturas de servicio previstos que se ajusten a las disposiciones de la Tabla 4.12, para la gama de velocidades de entrada de calor que puede ser experimentados en la producción WPS (Anexo C-5).

Tabla 4.12 Parámetros de evaluación del metal base. Fuente: Autor

MATERIAL BASE ASTM A 36 (Anexo D-1) (Anexo D-3)	ESFUERZO MÁXIMO (MPa)	ESFUERZO DE FLUENCIA (MPa)	% DE ELONGACIÓN	ENERGÍA ABSOR. (J)
PROMEDIO	488,703	254,437	21.644	74,296
DESV. ESTANDAR	6,34	8,001	0,789	3,810

4.3.1. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DEL ENSAYO DE TRACCIÓN

En el ensayo de tracción el objetivo que se persigue es determinar la resistencia a la tracción máxima, límite de fluencia y el porcentaje de elongación. Los resultados del ensayo de tracción, para las probetas de soldadura con electrodo de acero al carbono de diámetros de 3/32", 1/8" y temperatura alta de precalentamiento se indica en la Tabla 4.13, en esta se encuentra valores promedios de resistencia última a la tracción

(Sut), Límite de Fluencia (Sy) y el % de elongación de las probetas ensayadas bajo la norma AWS B4.0:2016 (Métodos de prueba estándar para Prueba de tensión de materiales metálicos) y ASTM E8-00 (Métodos estandarizados para ensayo de tracción de materiales metálicos).

Tabla 4.13 Valores del ensayo a tracción con electrodo de diámetro 3/32”,1/8” y temperatura alta de precalentamiento. Fuente: Autor

ID	Sut (Fig.4.5)	Sy (Fig.4.6)	Elongación(Fig.4.7)
	MPa	MPa	%
PARTA3/32	580,551	508,514	27,553
PARTA1/8	614,256	548,901	34,907
PSRTA3/32	728,174	627,964	21,867
PSRTA1/8	708,807	594,986	27,153

En la Figura 4.5, se realiza la comparación de los resultados de la resistencia a la tracción (Sut), se puede observar que la soldadura de acero ASTM A 36 con electrodo E7018-AR Y E7018-SR de diámetro 3/32 y 1/8 y temperatura alta de precalentamiento se tiene valores promedios de resistencia a la tracción, según los datos presentados se procedió a realizar el análisis respectivo de los promedios entre las probetas PARTA3/32 y PSRTA3/32 que son diferentes materiales de aporte pero de igual diámetro, con los mismos procedimientos de soldadura y de ensayo, se observa que el mayor valor de resistencia a la tracción es 728,174MPa perteneciente a la probeta PSRTA3/32. De igual manera se procedió a realizar un análisis comparativo de los valores promedios entre las probetas PARTA1/8 y PSRTA1/8 proporcionando como resultado que la mayor resistencia a la tracción se encuentra en la probeta PSRTA1/8 con 708,807MPa. Finalmente se realizó una comparación de los mejores resultados obtenidos de las probetas PSRTA3/32 y PSRTA1/8 lo que indica que de las probetas analizadas la que tiene mayor Resistencia ala tracción con una buena fusión y penetración entre los materiales es la probeta PSRTA3/32 con 728,174MPa.

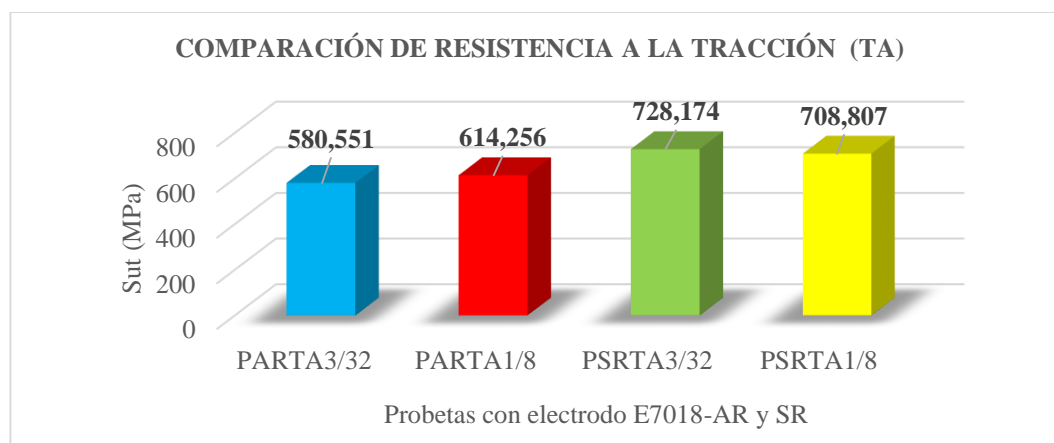


Figura 4.5 Comparación de resistencia a la tracción de probetas soldadas con

electrodo E-7018 AR y E7018-SR de Diámetro 3/32”,1/8” y con temperatura alta de precalentamiento. Fuente: Autor

En la Figura 4.6, se procede con la comparación de los resultados del límite de fluencia (S_y), se observa que la soldadura de acero ASTM A 36 con electrodo E7018-AR Y E7018-SR de diámetro 3/32 y 1/8 y temperatura alta de precalentamiento tiene un valor promedio de límite de fluencia. En ella se realiza un análisis respectivo de los promedios entre las probetas PARTA3/32 y PSRTA3/32 debido a que son diferentes materiales aporte, pero igual diámetro con los mismos procedimientos de soldadura y de ensayo, se observa que el mayor valor de límite de fluencia es 627,964MPa correspondiente a la probeta PSRTA3/32. De la misma forma se procedió a realizar un análisis comparativo de los valores promedios entre las probetas PARTA1/8 y PSRTA1/8 otorgándonos como resultado que el mayor límite de fluencia se encuentra en la probeta PSRTA1/8 594,986MPa. A continuación, se realizó una comparación de los mejores resultados obtenidos de las probetas PSRTA3/32 y PSRTA1/8 lo que indica que de las probetas analizadas la que tiene mayor límite de fluencia es la probeta PSRTA3/32 con 627,964MPa.

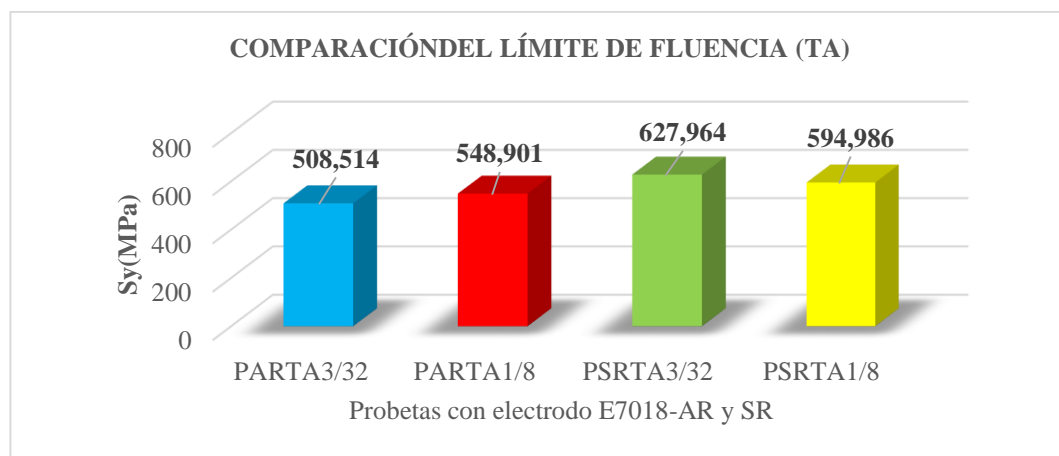


Figura 4.6 Comparación del límite de fluencia de probetas soldadas con electrodo E-7018 AR y E7018-SR de Diámetro 3/32” con temperatura alta de precalentamiento. Fuente: Autor

En la Figura 4.7, se ejecuta la comparación de los promedios del porcentaje de elongación (ϵ), se puede observar que la soldadura de acero ASTM A 36 con electrodo E7018-AR Y E7018-SR de diámetro 3/32 y 1/8 y temperatura alta de precalentamiento se tiene valores promedios de porcentaje de elongación, es por tal razón que se procedió a realizar el análisis respectivo de los promedios entre las probetas PARTA3/32 y PSRTA3/32 que son diferentes materiales de aporte, pero de igual

diámetro se observa que el mayor valor de % de elongación es 27,55% correspondiente a la probeta PARTA3/32. Así mismo, se procedió a realizar un análisis comparativo de los valores promedios entre las probetas PARTA1/8 y PSRTA1/8 proporcionando como resultado que el mayor % de elongación pertenece a la probeta PARTA1/8 con 34,907%. Luego se realizó una comparación de los mejores resultados obtenidos de las probetas PARTA3/32 y PARTA1/8 lo que indica que de las probetas analizadas la que tiene mejor % de elongación es la probeta PARTA1/8 con 34,90%, debido al adecuado procedimiento de soldadura se dio a conocer que la temperatura alta de precalentamiento no afectó al % de elongación y mejoro la calidad del mismo.

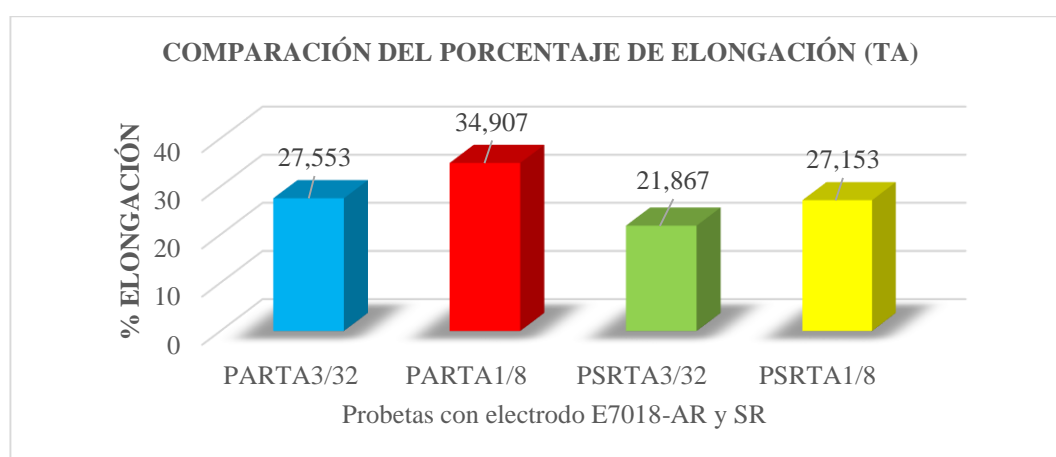


Figura 4. 7 Comparación del % de elongación de probetas soldadas con electrodo E-7018 AR y E7018-SR de Diámetro 3/32” con temperatura alta de precalentamiento.

Fuente: Autor

En la tabla 4.14, se realizó una evaluación de los promedios de las propiedades mecánicas que se consiguió para las probetas soldadas con electrodo de acero al carbono de diferentes diámetros y temperaturas altas de precalentamiento, en cuanto a los resultados promedios de Esfuerzo Máximo (Sut), Esfuerzo de Fluencia (Sy) y Elongación (%), se determina que la probeta PARTA3/32 (Electrodo E7018-AR-3/32), PARTA1/8 (Electrodo E7018-AR-1/8) Y PSRTA1/8 (Electrodo E7018-SR-1/8) presenta las mejores propiedades mecánicas a tracción y están dentro de la desviación estándar esperada. Por esto, las probetas PARTA3/32, PARTA1/8 y PSRTA1/8 se les aprueba para la siguiente etapa de estudio.

Tabla 4.14 Valoración del ensayo de tracción de probetas soldadas. Fuente: Autor.

ID	Sut	Dif.	Sy	Dif.	Elongación	Dif.	A o R
	MPa		MPa		%		
PARTA3/32	580,551	91,848	508,514	254,077	27,553	5,909	A
PARTA1/8	614,256	125,553	548,901	294,464	34,907	13,263	A

PSRTA3/32	728,174	239,471	627,964	373,527	21,867	0,223	A
PSRTA1/8	708,807	220,104	594,986	340,549	27,153	5,509	A
PARAMETROS	488,703		254,437		21,644		
DESV. ESTANDAR	6,34		8,001		0,789		
Relleno Rojo	Resultado No Aceptable , bajo la desviación estándar (95% de confianza).						
Relleno Amarillo	Resultado Mediante Aceptable , bajo la desviación estándar.						
Relleno Verde	Resultado Aceptable , igual o por encima de la desviación estándar.						

Los resultados de los promedios del ensayo de tracción para las probetas soldadas con electrodo E7018-AR Y E7018-SR de diámetro de 3/32", 1/8" y con temperatura baja de precalentamiento se muestran en la siguiente Tabla 4.15:

Tabla 4.15 Valores del ensayo a tracción con electrodo de diámetro 3/32", 1/8" y temperatura baja de precalentamiento. Fuente: Autor

ID	Sut (Fig.4.8)	Sy (Fig.4.9)	Elongación(Fig.4.10)
	MPa	MPa	%
PARTB3/32	629,726	562,484	24,96
PARTB1/8	658,992	579,468	23,273
PSRTB3/32	796,409	746,27	25,353
PSRTB1/8	787,56	729,214	20,5

En la Figura 4.8, se realiza la comparación de los resultados de la resistencia a la tracción (Sut), se puede observar que la soldadura de acero ASTM A 36 con electrodo E7018-AR Y E7018-SR de diámetro 3/32 y 1/8 y temperatura baja de precalentamiento se tiene valores promedios de resistencia a la tracción, según los datos presentados se procedió a realizar el análisis respectivo de los promedios entre las probetas PARTB3/32 y PSRTB3/32 que son diferentes materiales de aporte pero de igual diámetro, con los mismos procedimientos de soldadura y de ensayo, se observa que el mayor valor de resistencia a la tracción es 796,409MPa. De igual manera se procedió a realizar un análisis comparativo de los valores promedios entre las probetas PARTB1/8 y PSRTB1/8 otorgando como resultado que la mayor resistencia a la tracción se encuentra en la probeta 787,56MPa. Finalmente se realizó una comparación de los mejores resultados obtenidos de las probetas PSRTB3/32 y PSRTB1/8 lo que nos indica que las probetas analizadas tienen mayor Resistencia a la tracción debido a las temperaturas bajas de precalentamiento, dando así una buena fusión y penetración entre los materiales es la probeta PSRTA3/32 con 796,409MPa.

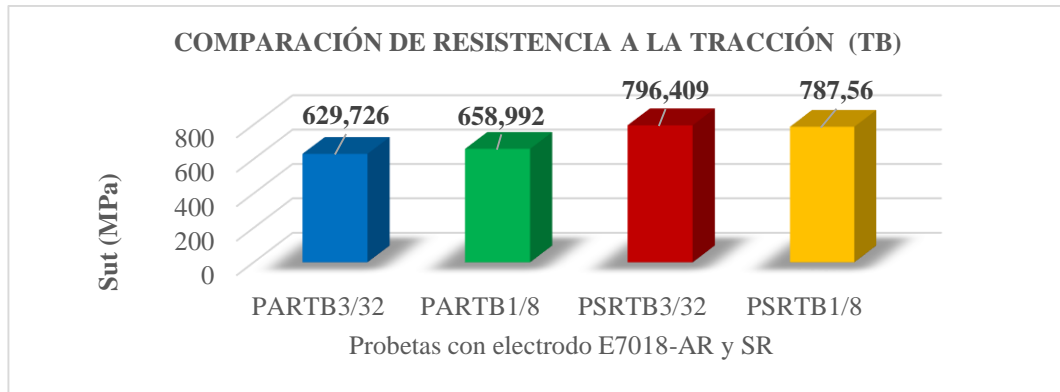


Figura 4.8 Comparación de resistencia a la tracción de probetas soldadas con electrodo E-7018 AR y E7018-SR de Diámetro 3/32” con temperatura baja de precalentamiento. Fuente: Autor

En la Figura 4.9, se procede con la comparación de los resultados del límite de fluencia (S_y), se observa que la soldadura de acero ASTM A 36 con electrodo E7018-AR Y E7018-SR de diámetro 3/32 y 1/8 y temperatura baja de precalentamiento tiene un valor promedio de límite de fluencia. En ella se realiza un análisis respectivo de los promedios entre las probetas PARTB3/32 y PSRTB3/32 debido a que son diferentes materiales aporte, pero igual diámetro con los mismos procedimientos de soldadura y de ensayo, se observa que el mayor valor de límite de fluencia entre estos materiales aporte es 746,27MPa correspondiente a la probeta PSRTB3/32. De la misma forma se procedió a realizar un análisis comparativo de los valores promedios entre las probetas PARTB1/8 y PSRTB1/8 otorgando como resultado que el mayor límite de fluencia se encuentra en la probeta PSRTB1/8 729,214MPa. A continuación, se realizó una comparación de los mejores resultados obtenidos de las probetas PSRTB3/32 y PSRTB1/8 lo que indica que de las probetas analizadas la que tiene mayor límite de fluencia es la probeta PSRTB3/32 con 746,27MPa.

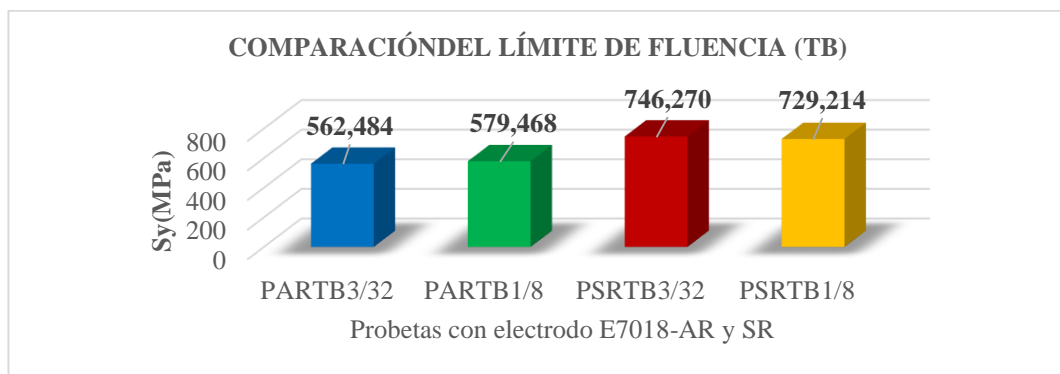


Figura 4.9 Comparación del límite de fluencia de probetas soldadas con electrodo E-7018 AR y E7018-SR de Diámetro 3/32” con temperatura baja de precalentamiento. Fuente: Autor

En la Figura 4.10, se ejecuta la comparación de los promedios del porcentaje de elongación (ϵ), se puede observar que la soldadura de acero ASTM A 36 con electrodo E7018-AR Y E7018-SR de diámetro 3/32 y 1/8 y temperatura baja de precalentamiento se tiene valores promedios de porcentaje de elongación, es por tal razón que se procedió a realizar el análisis respectivo de los promedios entre las probetas PARTB3/32 y PSRTB3/32 que son diferentes materiales de aporte, pero de igual diámetro se observa que el mayor valor de % de elongación es 25,353% correspondiente a la probeta PSRTB3/32. Así mismo, se procedió a realizar un análisis comparativo de los valores promedios entre las probetas PARTB1/8 y PSRTB1/8 proporcionando como resultado que el mayor % de elongación pertenece a la probeta PARTB1/8 con 34,907%, se obtuvo un % de elongación menor en la probeta PSRTB1/8 debido a que se pudo observar que en la probeta ensayada se encontraba un defecto de soldadura que por lo cual afecta de una manera muy insignificante en su promedio y no cumple con lo requerido. Luego se realizó una comparación de los mejores resultados obtenidos de las probetas PSRTB3/32 y PARTB1/8 lo que indica que de las probetas analizadas la que tiene mejor % de elongación es la probeta PSRTB3/32 con 25,353%, debido al adecuado procedimiento de soldadura se dio a conocer que ha temperaturas bajas de precalentamiento se tiene un efecto directamente proporcional al % de elongación teniendo una mejora de la calidad del mismo.

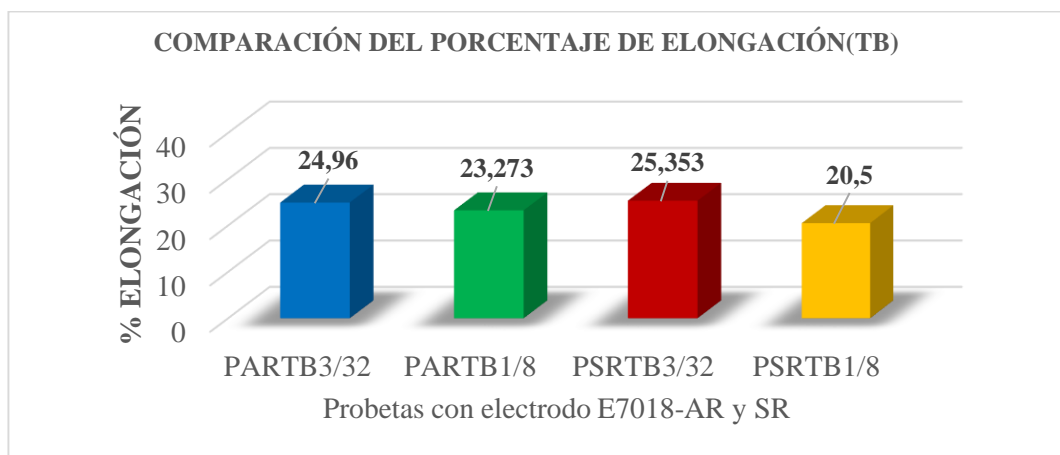


Figura 4.10 Comparación del % de elongación de probetas soldadas con electrodo E-7018 AR y E7018-SR de Diámetro 3/32", 1/8" con temperatura baja de precalentamiento. Fuente: Autor

En la tabla 4.16, se realizó una evaluación de los promedios de las propiedades mecánicas que se consiguió para las probetas soldadas con electrodo de acero al carbono de diferentes diámetros y temperaturas bajas de precalentamiento, en cuanto

a los resultados promedios de Esfuerzo Máximo (Sut), Esfuerzo de Fluencia (Sy) y Elongación (%), se determina que la probeta PARTB3/32 (Electrodo E7018-AR-3/32), PARTB1/8 (Electrodo E7018-AR-1/8) Y PSRTA3/32 (Electrodo E7018-SR-3/32) presenta las mejores propiedades mecánicas a tracción y están dentro de la desviación estándar esperada. Por esto, las probetas PARTA3/32, PARTA1/8 y PSRTA3/32 se les aprueba para la siguiente etapa de estudio.

Tabla 4.16 Valoración del ensayo de tracción de probetas soldadas. Fuente: Autor

ID	Sut	Dif.	Sy	Dif.	Elongación	Dif.	A ó R
	MPa		MPa		%		
PARTB3/32	629,726	141,023	562,484	308,047	24,96	3,316	A
PARTB1/8	658,992	170,289	579,468	325,031	23,273	1,629	A
PSRTB3/32	796,409	307,706	746,270	491,833	25,353	3,709	A
PSRTB1/8	787,56	298,857	729,214	474,777	20,5	-1,144	R
PARAMETROS	488,703		254,437		21,644		
DESV. ESTANDAR	6,34		8,001		0,789		
Relleno Rojo	Resultado No Aceptable , bajo la desviación estándar (95% de confianza).						
Relleno Amarillo	Resultado Mediante Aceptable , bajo la desviación estándar.						
Relleno Verde	Resultado Aceptable , igual o por encima de la desviación estándar.						

4.3.2. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE IMPACTO.

En particular el ensayo de impacto consiste en romper una probeta estándar con la finalidad de determinar la tenacidad a la fractura, además tiene la capacidad de absorber energía durante la deformación plástica, capacidad para soportar esfuerzos ocasionales superiores al esfuerzo de fluencia, sin que se produzca la fractura del material. Para el ensayo de las probetas se ejecutó conforme al código AWS D1.8-2009, la norma ASTM E23-16b (Método de prueba estándar para Prueba de impacto de Barras de Materiales Metálicos) y la AWS B4.0-2016 (Métodos estándar para ensayos mecánicos de impacto de soldaduras). También, los ensayos fueron realizados a temperatura impuesta por el código la cual fue de -18 °C.

Para la evaluación de las mediciones obtenidas se tomó referencia los criterios de aceptación del Código AWS D1.8-2009. Código de soldadura estructural suplemento sísmico. Pág. 26. Enunciado A7. La cual dice. Los valores más bajos y más altos obtenidos de las cinco muestras de ensayo de cada placa deberán descartarse, dejando 3 especímenes para la evaluación.

En la siguiente la Tabla 4.17 se muestran los promedios de la energía absorbida en las lecturas obtenidas del ensayo de Charpy del electrodo E7018-AR Y E7018-SR de

diámetro 3/32, 1/8 y temperatura alta de precalentamiento. Por ende, se descartó las lecturas de los valores máximos y mínimos de las cinco ensayadas para luego sacar un promedio entre los tres restantes.

Tabla 4.17 Resultados del ensayo de impacto de probetas soldadas. Fuente: Autor.

ID	Temperatura °C	Energía Absorbida (J)	Prom. Energía Absorbida (J) (Fig. 12)
PARTA3/32	-18	84,960	84,605
	-18	84,250	
PARTA1/8	-18	85,68	85,36
	-18	85,04	
PSRTA3/32	-18	156,690	156,91
	-18	157,130	
PSRTA1/8	-18	155,860	153,69
	-18	151,520	

A partir de la Tabla 4.17 se procede a realizar las siguientes gráficas, en la Figura 4.11 se puede observar la energía absorbida de las juntas soldadas de acero ASTM A 36 con electrodo E7018-AR Y E7018-SR de diámetro 3/32 y 1/8 con temperatura alta de precalentamiento. Según los datos presentados se procedió a realizar el análisis respectivo de los promedios entre las probetas PARTA3/32 y PSRTA3/32 que son diferentes materiales de aporte y de igual diámetro, que están sometidas a temperaturas de enfriamiento para realizarse el respectivo ensayo, se observa que la máxima energía absorbida es de 156,91J perteneciente a la probeta PSRTA3/32. De igual manera se procedió a realizar un análisis comparativo de los valores promedios entre las probetas PARTA1/8 y PSRTA1/8 dándonos como resultado que la máxima energía absorbida se encuentra en la probeta PSRTA1/8 con 153,69J. Finalmente se realizó una comparación de los mejores resultados obtenidos de las probetas PSRTA3/32 y PSRTA1/8. Por lo tanto, para esta condición, la que tiene la máxima energía absorbida es la probeta PSRTA3/32 con 156,91J, esta probeta tiene un mejor resultado debido a que se llevó un procedimiento adecuado de la soldadura, teniendo así un mejor acabado y fusión entre los materiales.

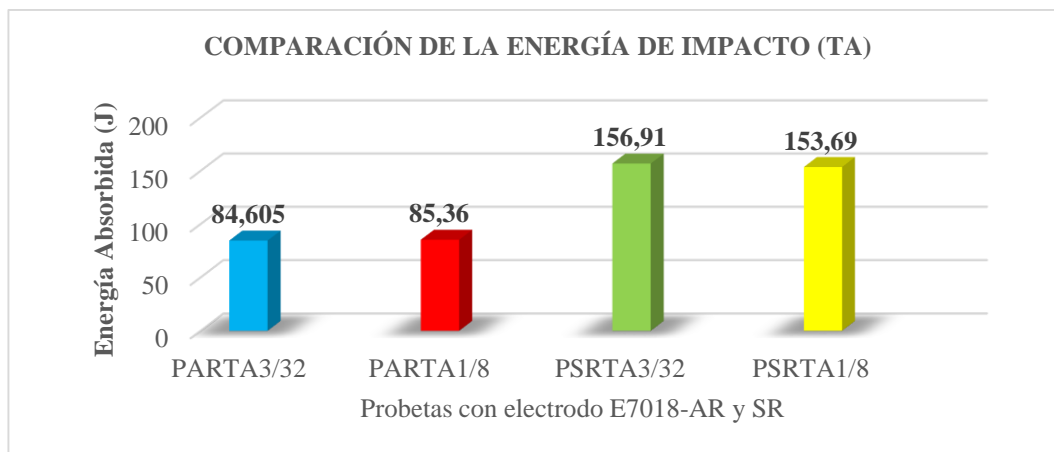


Figura 4.11 Comparación de la energía absorbida de probetas soldadas con electrodo E7018-AR Y E7018-SR de diámetro 3/32, 1/8 con temperatura alta de precalentamiento.

En la Tabla 4.18, se realizó una evaluación de los promedios de la energía de impacto para las probetas soldadas con electrodo de acero al carbono de diferentes diámetros y temperatura alta de precalentamiento. En cuanto a los valores promedios se determina que se aceptan todas las probetas E7018-AR y E7018-SR en vista que los valores de energía se encuentran por encima de la desviación estándar, se puede apreciar que las probetas PARTA3/32 (Electrodo E7018-AR-3/32), PARTA1/8 (Electrodo E7018-AR-1/8), PSRTA3/32 (Electrodo E7018-SR-3/32) y PSRTA1/8 (Electrodo E7018-SR-1/8) ofrecen el mejor comportamiento. Por lo cual estas probetas pasan a la siguiente etapa de estudio.

Tabla 4.18 Valoración del ensayo de impacto de probetas soldadas. Fuente: Autor

ID	Energía Absorbida (J)	Dif	A ó R
PARTA3/32	84,605	10,309	A
PARTA1/8	85,36	11,064	A
PSRTA3/32	156,91	82,614	A
PSRTA1/8	153,69	79,394	A
PARAMETROS	74,296		
DESV. ESTD	3,810		
Relleno Rojo	Resultado No Aceptable , bajo la desviación estándar (95% de confianza).		
Relleno Amarillo	Resultado Mediante Aceptable , bajo la desviación estándar.		
Relleno Verde	Resultado Aceptable , igual o por encima de la desviación estándar.		

Los resultados de los promedios del ensayo de impacto, para las probetas soldadas con electrodo E7018-AR Y E7018-SR de diámetro de 3/32", 1/8" y con temperatura baja de precalentamiento se muestran en la siguiente Tabla 4.19:

Tabla 4.19 Resultados del ensayo de impacto de probetas soldadas. Fuente: Autor

ID	Temperatura °C	Energía Absorbida (J)	Prom. Energía Absorbida (J) (Fig. 12)
PARTB3/32	-18	104,75	105,07
	-18	105,39	
PARTB1/8	-18	105,63	105,795
	-18	105,96	
PSRTB3/32	-18	135,58	135,71
	-18	136,96	
PSRTB1/8	-18	136,85	136,165
	-18	135,48	

En la Figura 4.12 se puede observar la energía absorbida de las juntas soldadas de acero ASTM A 36 con electrodo E7018-AR Y E7018-SR de diámetro 3/32 y 1/8 con temperatura alta de precalentamiento. Según los datos presentados se procedió a realizar el análisis respectivo de los promedios entre las probetas PARTB3/32 y PSRTB3/32 que son diferentes materiales de aporte y de igual diámetro, que están sometidas a temperaturas de enfriamiento para realizarse el respectivo ensayo, se observa que la máxima energía absorbida entre estas es de 135,71J perteneciente a la probeta PSRTB3/32. De la misma forma se procedió a realizar un análisis comparativo de los valores promedios entre las probetas PARTB1/8 y PSRTB1/8 dándonos como resultado que la máxima energía absorbida se encuentra en la probeta PSRTB1/8 con 136,165J. Finalmente se realizó una comparación de los mejores resultados obtenidos de las probetas PSRTB3/32 y PSRTB1/8. Por lo tanto, para esta condición, la que tiene la máxima energía absorbida es la probeta PSRTB1/8 con 136.165J, estas probetas soldadas a temperatura bajas de precalentamiento tienen una diferencia ligeramente mayor de la energía absorbida entre el otro material de aporte, teniendo así un mejor acabado y fusión entre los materiales.

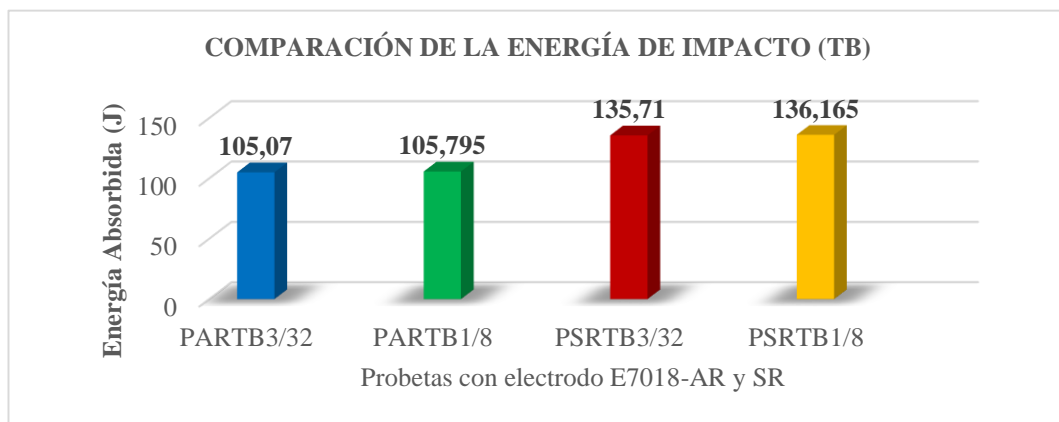


Figura 4.12 Comparación de la energía absorbida de probetas soldadas con electrodo E7018-AR Y E7018-SR de diámetro 3/32, 1/8 con temperatura baja de precalentamiento.

En la Tabla 4.20, se realizó una evaluación de los promedios de la energía de impacto para las probetas soldadas con electrodo de acero al carbono de diferentes diámetros y temperatura baja de precalentamiento. En cuanto a los valores promedios se determina que se aceptan todas las probetas E7018-AR y E7018-SR en vista que los valores de energía se encuentran por encima de la desviación estándar, se puede apreciar que las probetas PARTA3/32 (Electrodo E7018-AR-3/32), PARTA1/8 (Electrodo E7018-AR-1/8), PSRTA3/32 (Electrodo E7018-SR-3/32), PSRTA1/8 (Electrodo E7018-SR-1/8) ofrecen el mejor comportamiento. Por lo cual estas probetas pasan a la siguiente etapa de estudio.

Tabla 4.20 Valoración del ensayo de impacto de probetas soldadas. Fuente: Autor

ID	Energía Absorbida (J)	Dif	A ó R
PARTB3/32	105,07	30,774	A
PARTB1/8	105,795	31,499	A
PSRTB3/32	135,71	61,414	A
PSRTB1/8	136,165	61,869	A
PARAMETROS	74,296		
DESV. ESTD	3,810		
Relleno Rojo	Resultado No Aceptable , bajo la desviación estándar (95% de confianza).		
Relleno Amarillo	Resultado Mediante Aceptable , bajo la desviación estándar.		
Relleno Verde	Resultado Aceptable , igual o por encima de la desviación estándar.		

4.3.3. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DEL ENSAYO METALOGRAFICO.

El ensayo metalográfico en este estudio tiene el propósito de analizar si el cordón de soldadura posee características mecánicas aceptables, además e identificar sus respectivos componentes micro-estructurales.

Las probetas para este ensayo deben cumplir los siguientes requerimientos. No deberán contener defectos de soldadura, también debe haber una correcta fusión entre el metal base y el material de aporte.

Las muestras para el ensayo metalográfico se llevó a cabo su preparación siguiendo las recomendaciones de la norma ASTM E3-95, para lo cual consistió entre fases: desbaste, pulido y ataque químico.

Se obtuvieron muestras del cordón de soldadura, teniendo así superficies planas y limpias, para a continuación realizar el ataque químico con el reactivo acondicionado (Nital2 o Nital 4). También en este ensayo se evaluó el tamaño de grano bajo los

requerimientos de la norma ASTM E112 (Métodos estándar para la determinación del tamaño de grano) en las zonas como: metal base, zona térmicamente afectada y material de aporte. Pará lo cual en la Tabla 4.21 se mostrará los resultados del tamaño de grano ASTM obtenidas de las probetas soldadas con los electrodos E7018-AR y E7018-SR de diámetro 3/32 y 1/8 y temperatura alta de precalentamiento.

Tabla 4.21 Resultados del tamaño de grano de probetas soldadas. Fuente: Autor.

ID	TAMAÑO DE GRANO (G)		
	METAL BASE	ZAT	MATERIAL DE APORTE
PARTA3/32	9	10	10
PARTA1/8	10	10	10
PSRTA3/32	9	10	11
PSRTA1/8	9	10	10

Donde G es el número de tamaño del grano:

Grano grueso cuando $G < 5$

Grano fino cuando $G > 7$

En la Figura 4.13 se puede observar el tamaño de grano ASTM del metal base, la zona térmicamente afectada y el material de aporte. Así mismo, procedemos a realizar la comparación de los resultados, se puede observar que la soldadura de acero ASTM A 36 con electrodo E7018-AR Y E7018-SR de diámetro 3/32 y 1/8 y temperatura alta de precalentamiento tiene diferentes valores del tamaño de grano. Se procedió a realizar el análisis respectivo de los valores mostrados de las probetas PARTA3/32 y PSRTA3/32 que son distintitos materiales de aporte e igual diámetro, llevando a cabo la preparación de las probetas para poder observar de la mejor manera los resultados micro-estructurales, se contempló los valores en el metal base, zona térmicamente afectada y material de aporte, determinando que existe una diferencia del tamaño del grano en el material de aporte que es de 11G perteneciente a la probeta PSRTA3/32. Igualmente se procedió a realizar el análisis comparativo de los valores mostrados entre las probetas PARTA1/8 y PSRTA1/8 otorgando como resultado que las probetas tienen igual tamaño de grano en la zona térmicamente afectada y material de aporte, pero diferente en cuanto material base y se encuentra el mayor tamaño de grano en la probeta PARTA1/8 de 10G. Finalmente se realizó una comparación de los mejores resultados obtenidos de las probetas PSRTA3/32 y PARTA1/8 lo que indica que de las probetas analizadas tienen una variación del tamaño del grano en el material base y el material de aporte basándonos en esto se tomó como referencia el tamaño del

grano en la soldadura y la que presento mayor tamaño de grano es la probeta PSRTA3/32 de 10,68=11 como se muestra en la Figura 4.14, esto nos quiere decir que tiene grano fino.

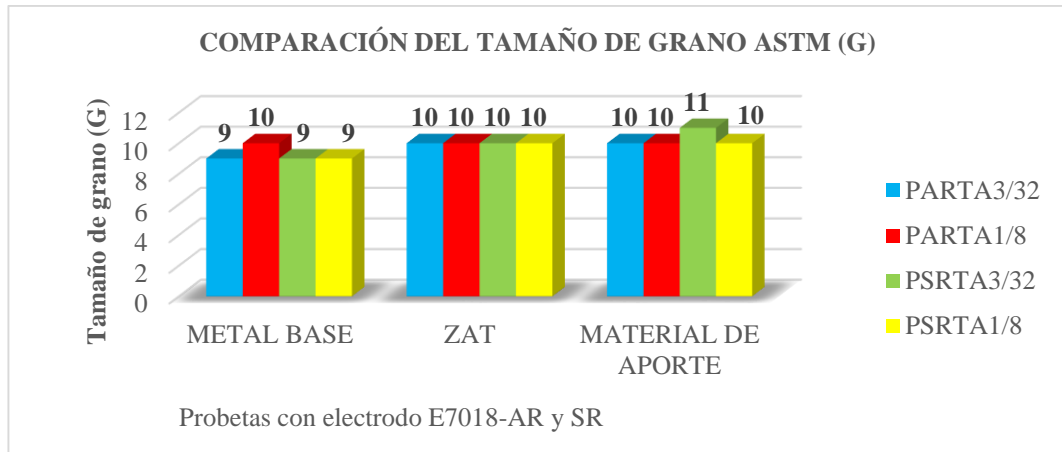


Figura 4.13 Comparación del tamaño de grano de probetas soldadas con electrodo E7018-AR Y E7018-SR de diámetro 3/32, 1/8 con temperatura alta de precalentamiento. Fuente: Autor

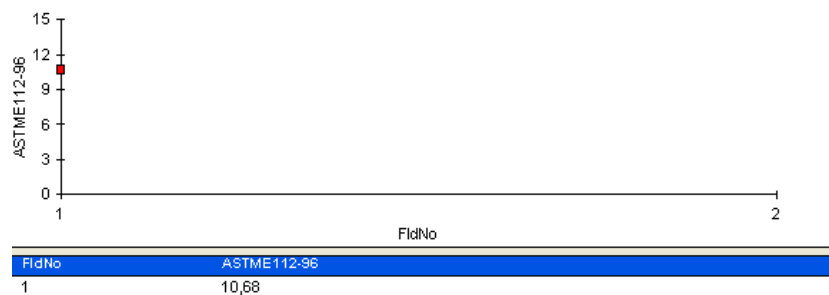


Figura 4. 14 Tamaño de grano de la probeta PSRTA3/32. Fuente: Autor

Los resultados de los valores del porcentaje de perlita obtenidas de las probetas soldadas con los electrodos E7018-AR y E7018-SR de diámetro 3/32 y 1/8 y temperatura alta de precalentamiento se muestran en la Tabla 4.22.

Tabla 4.22 Porcentaje (%) Perlita en juntas soldadas. Fuente: Autor

ID	PORCENTAJE DE PERLITA		
	METAL BASE	ZAT	SOLDADURA
PARTA3/32	29,2	34,2	31,2
PARTA1/8	36,9	33	32,4
PSRTA3/32	34,8	30,8	42,4
PSRTA1/8	28	30	39,3

En la Figura 4.15 se puede observar el % de perlita del metal base, la zona térmicamente afectada y el material de aporte. Así mismo, procedemos a realizar la comparación de los valores, se puede observar que la soldadura de acero ASTM A 36

con electrodo E7018-AR Y E7018-SR de diámetro 3/32 y 1/8 y temperatura alta de precalentamiento tiene diferentes porcentajes de perlita. Es por tal razón que se procedió a realizar el análisis respectivo de los valores mostrados de las probetas PARTA3/32 y PSRTA3/32 que son distintitos materiales de aporte e igual diámetro, llevando a cabo una preparación adecuada de las probetas para poder observar de la mejor manera los resultados micro-estructurales, se contempló los valores en el metal base, zona térmicamente afectada y material de aporte, determinando que existe una diferencia del % de perlita en la zona térmicamente afectada pero teniendo valores elevados en cuanto al metal base y la soldadura perteneciente a la probeta PSRTA3/32 con un valor máximo de 42,4 % de perlita. De igual manera se procedió a realizar el análisis comparativo de los valores mostrados entre las probetas PARTA1/8 y PSRTA1/8 dando a conocer que tiene una variación de % de perlita en la soldadura y presentando mejores resultados en el metal base y la zona térmicamente afectada perteneciente a la probeta PARTA1/8 con un valor máximo de 36,9% de perlita. Luego se realizó una comparación de los mejores resultados obtenidos de las probetas PSRTA3/32 y PARTA1/8 lo que indica que de las probetas analizadas tienen una variación del % de perlita en las diferentes zonas estudiadas basado en esto se tomó como referencia el % de perlita en la soldadura y la que presento mayor valor es la probeta PSRTA3/32 de 42,4% como se puede observar en la Figura 4.16.

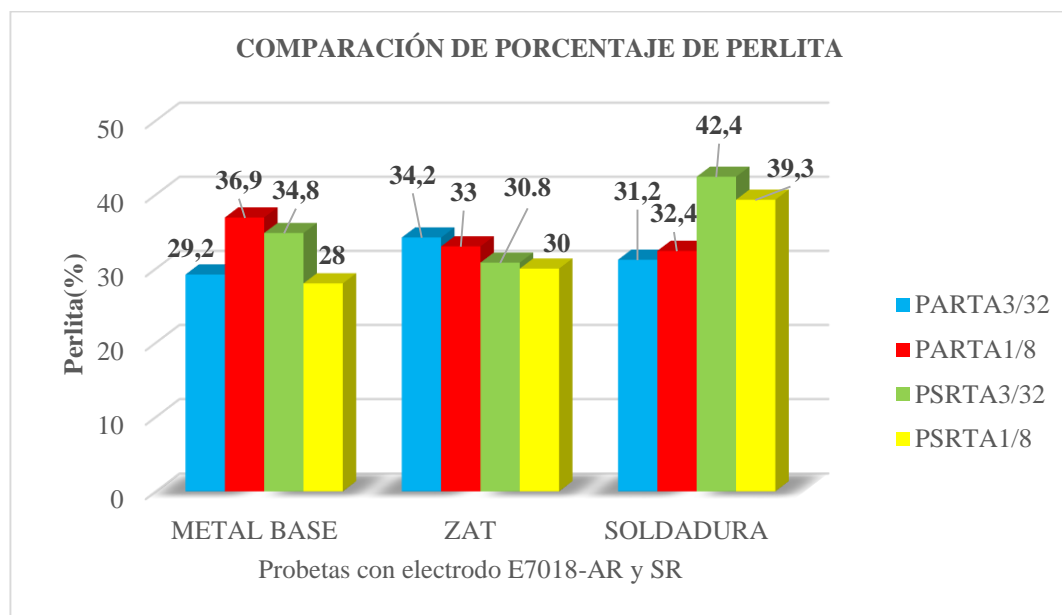


Figura 4. 15 Comparación del % Perlita de probetas soldadas con electrodo E7018-AR Y E7018-SR de diámetro 3/32, 1/8 con temperatura alta de precalentamiento.

Fuente: Autor

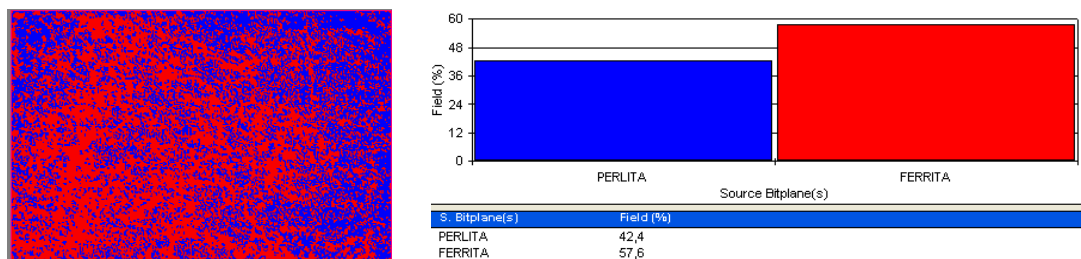


Figura 4. 16 % de Perlita en la soldadura de la probeta PSRTA3/32. Fuente: Autor.

Los resultados de los valores del porcentaje de Ferrita obtenidas de las probetas soldadas con los electrodos E7018-AR y E7018-SR de diámetro 3/32 y 1/8 y temperatura alta de precalentamiento se muestran en la Tabla 4.23.

Tabla 4.23 Porcentaje (%) Ferrita en juntas soldadas. Fuente: Autor

ID	PORCENTAJE DE FERRITA		
	METAL BASE	ZAT	SOLDADURA
PARTA3/32	70,8	65,8	68,8
°PARTA1/8	63,1	67	67,6
PSRTA3/32	65,2	69,2	57,6
PSRTA1/8	72	70	60,7

En la Figura 4.17 se puede observar el % de ferrita del metal base, la zona térmicamente afectada y el material de aporte. A continuación, se procede a realizar la comparación de los valores, se puede observar que la soldadura de acero ASTM A 36 con electrodo E7018-AR Y E7018-SR de diámetro 3/32 y 1/8 y temperatura alta de precalentamiento tiene diferentes porcentajes de ferrita. Es por tal razón que se procedió a realizar el análisis respectivo de los valores mostrados de las probetas PARTA3/32 y PSRTA3/32 que son distintitos materiales de aporte e igual diámetro, llevando a cabo una preparación adecuada de las probetas para poder observar de la mejor manera los resultados micro-estructurales, se contempló los valores en el metal base, zona térmicamente afectada y material de aporte, determinando que existe una diferencia del % de ferrita en la zona térmicamente afectada pero teniendo valores menores en cuanto al metal base y la soldadura perteneciente a la probeta PSRTA3/32 con un valor mínimo de 57,6% de ferrita, ya que a menor % de ferrita mejor propiedades en la probeta soldada. De igual manera se procedió a realizar el análisis comparativo de los valores mostrados entre las probetas PARTA1/8 y PSRTA1/8 dándonos a conocer que tiene una variación de % de ferrita en la soldadura y presentando mejores resultados en el metal base y la zona térmicamente afectada perteneciente a la probeta PARTA1/8 con un valor mínimo de 63,1% de ferrita. Luego

se realizó una comparación de los mejores resultados obtenidos de las probetas PSRTA3/32 y PARTA1/8 lo que indica que de las probetas analizadas tienen una variación del % de ferrita en las diferentes zonas estudiadas basado en esto se tomó como referencia el % d ferrita en la soldadura y la que presento mínimo valor es la probeta PSRTA3/32 de 57,6%.

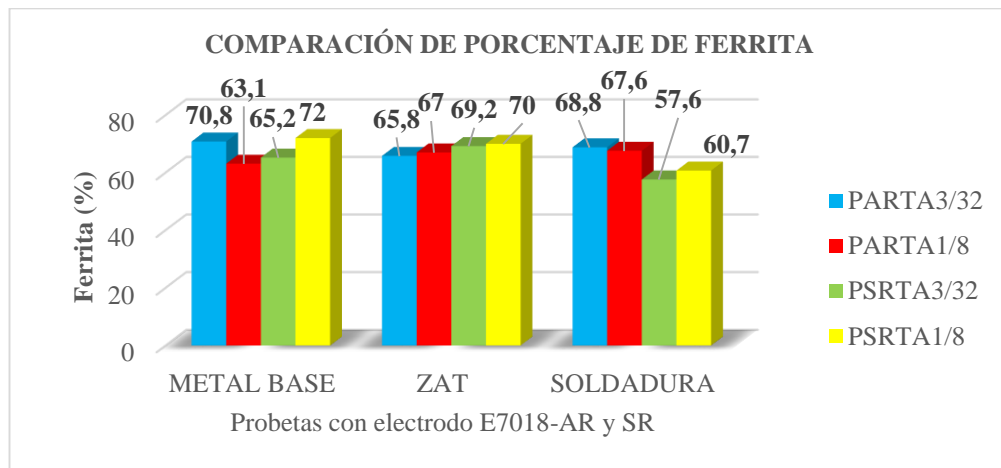


Figura 4.17 Comparación del % Ferrita de probetas soldadas con electrodo E7018-AR Y E7018-SR de diámetro 3/32, 1/8 con temperatura alta de precalentamiento.

Fuente: Autor

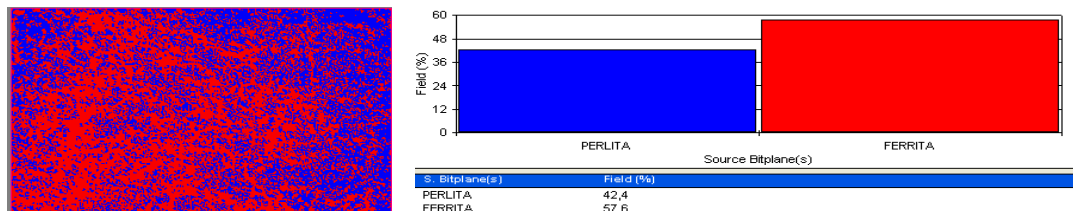


Figura 4. 18 % de Ferita en la soldadura de la probeta PSRTA3/32. Fuente: Autor.

Los resultados de los valores del porcentaje de Ferrita Alotriomórfica y Acicular obtenidas de las probetas soldadas con los electrodos E7018-AR y E7018-SR de diámetro 3/32 y 1/8 y temperatura alta de precalentamiento se muestran en la Tabla 4.24.

Tabla 4.24 Porcentaje (%) Ferrita Alotriomórfica y Acicular en juntas soldadas.

Fuente: Autor

ID	PORCENTAJE DE FERRITA SOLDADURA	
	FERRITA ALOTRIOMÓRFICA	FERRITA ACICULAR
PARTA3/32	72,7	25,1
PARTA1/8	71,4	26,4
PSRTA3/32	64,9	32,9
PSRTA1/8	67,2	30,1

En la Figura 4.19 se puede observar el % de ferrita alotriomórfica y acicular. A continuación, procedemos a realizar la comparación de los valores, se puede observar que la soldadura de acero ASTM A 36 con electrodo E7018-AR Y E7018-SR de diámetro 3/32 y 1/8 y temperatura alta de precalentamiento tiene diferentes porcentajes de ferrita alotriomórfica y acicular. Es por tal razón que se procedió a realizar el análisis respectivo de los valores mostrados de las probetas PARTA3/32 y PSRTA3/32 que son distintitos materiales de aporte e igual diámetro, llevando a cabo una preparación adecuada de las probetas para poder observar de la mejor manera los resultados micro-estructurales, se contempló los valores determinando que la probeta que presenta mejores resultados es la PSRTA3/32 % debido a su bajo contenido de % ferrita alotriomórfica y alto contenido de % de ferrita acicular. De igual manera se procedió a realizar el análisis comparativo de los valores mostrados entre las probetas PARTA1/8 y PSRTA1/8 dando a conocer que tiene menor valor de % ferrita alotriomórfica y mayor valor de % ferrita acicular perteneciente a la probeta PSRTA1/8. Luego se realizó una comparación de los mejores resultados obtenidos de las probetas PSRTA3/32 y PSRTA1/8 lo que indica que de las probetas analizadas y tomando como referencia la ferrita acicular la que tiene mayor porcentaje de ferrita acicular es la probeta PSRTA3/32 de 32,9% teniendo así una mejora en la tenacidad y la resistencia de la junta soldada como se muestra en la Figura 4.20.

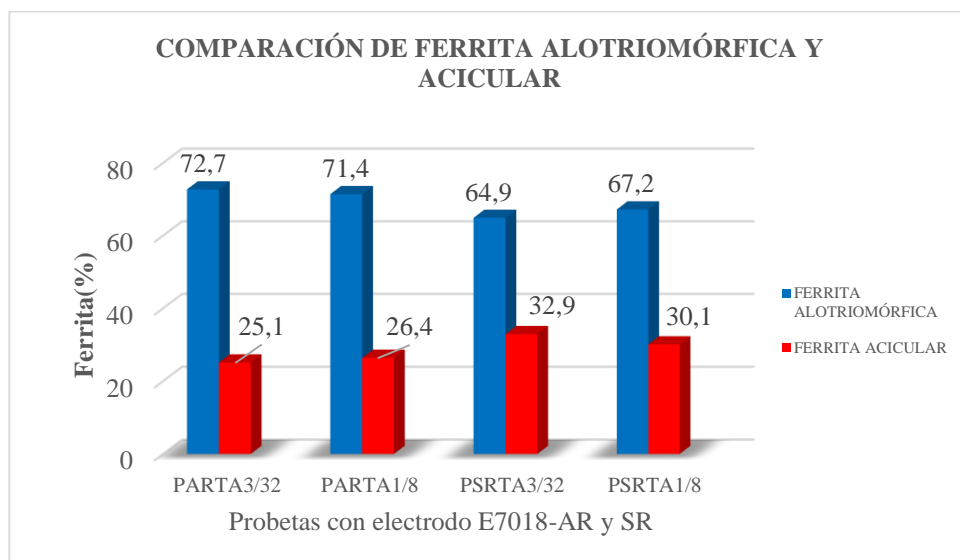


Figura 4.19 Comparación del % Ferrita Alotriomórfica y acicular de probetas soldadas con electrodo E7018-AR Y E7018-SR de diámetro 3/32, 1/8 con temperatura alta de precalentamiento. Fuente: Autor

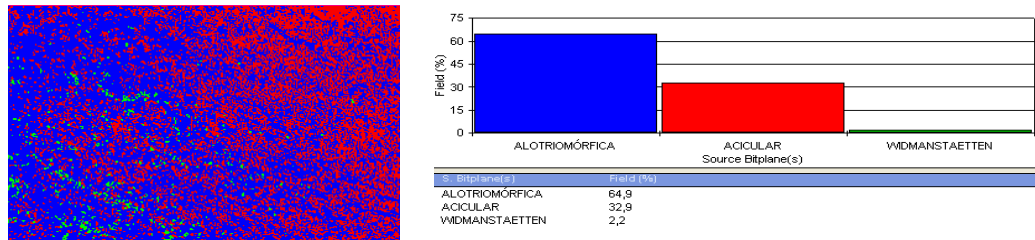


Figura 4. 20 % Ferrita Alotriomórfica, Acicular y Widmanstaetten. Fuente: Autor.

En la Tabla 4.25 se realizó una evaluación de los promedios de los componentes microestructurales para las probetas soldadas con electrodo de acero al carbono de diferentes diámetros y temperatura alta de precalentamiento. En cuanto a los promedios se determina que las probetas son medianamente aceptables PARTA3/32 y PARTA1/8 en vista que los % microestructurales no cumplen con lo requerido, se determina que la probeta PSRTA1/8 (Electrodo E7018-AR 1/8) y PSRTA3/32 (Electrodo E7018-SR 3/32) ofrecen los mejores componentes. Por lo cual estas probetas pasan a la siguiente etapa de estudio.

Tabla 4. 25 Evaluación de los componentes microestructurales de probetas soldadas. Fuente: Autor.

ID	Tamaño del grano	Dif.	Porcentaje de Perlita	Dif.	Porcentaje de Ferrita	Dif.
PARTA3/32	10	0,0	31,2	-1,8	68,8	1,8
PARTA1/8	10	0,0	32,4	-0,6	67,6	0,6
PSRTA3/32	11	1,0	42,4	9,4	57,6	-9,4
PSRTA1/8	10	0,0	39,3	6,3	60,7	-6,3
PARAMETROS	≥10		≥33		≤67	
Parámetros						
Relleno Rojo	Resultado No Aceptable.					
Relleno Amarillo	Resultado Mediante Aceptable.					
Relleno Verde	Resultado Aceptable.					

La Tabla 4.26 muestra los valores del tamaño de grano ASTM obtenidas de los electrodos E-7018AR y E-7018SR de diámetro 3/32 y 1/8 y temperatura baja de precalentamiento.

Tabla 4.26 Resultados del tamaño de grano de probetas soldadas. Fuente: Autor.

ID	TAMAÑO DE GRANO		
	METAL BASE	ZAT	MATERIAL DE APORTE
PARTB3/32	9	10	10
PARTB1/8	10	11	10
PSRTB3/32	9	10	10
PSRTB1/8	9	10	11

Donde G es el número de tamaño del grano:

Grano grueso cuando $G < 5$
Grano fino cuando $G > 7$

En la Figura 4.21 se puede observar el tamaño de grano ASTM del metal base, la zona térmicamente afectada y el material de aporte. Así mismo, se procede a realizar la comparación de los resultados, se puede observar que la soldadura de acero ASTM A 36 con electrodo E7018-AR Y E7018-SR de diámetro 3/32 y 1/8 y temperatura baja de precalentamiento tiene diferentes valores del tamaño de grano. Se procedió a realizar el análisis respectivo de los valores mostrados de las probetas PARTB3/32 y PSRTB3/32 que son distintitos materiales de aporte e igual diámetro, llevando a cabo una adecuada preparación de las probetas para poder observar de la mejor manera los resultados micro-estructurales, se contempló los valores en el metal base, zona térmicamente afectada y material de aporte, determinando que existe igual tamaño del grano en las diferentes zonas estudiadas, por lo cual las dos probetas presentan mejores resultados. Igualmente se procedió a realizar el análisis comparativo de los valores mostrados entre las probetas PARTB1/8 y PSRTB1/8 dando como resultado que la probeta que tienen mayor tamaño de grano es la probeta PARTB1/8 de 11G. Finalmente se realizó una comparación de los mejores resultados obtenidos de las probetas PARTB3/32, PSRTB3/32 y PARTB1/8 lo que indica que la probeta que tiene mayor tamaño de grano en las diferentes zonas analizadas es la probeta PARTB1/8, por consiguiente se tiene grano fino debido a sus valores son mayor de 7 como se puede observar en la Figura 4.22.

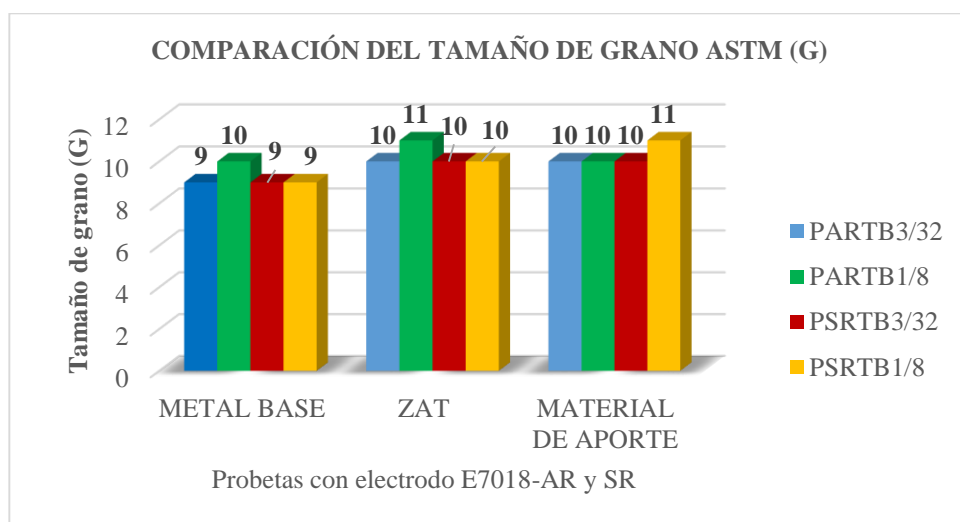


Figura 4.21 Comparación del tamaño de grano de probetas soldadas con electrodo E7018-AR Y E7018-SR de diámetro 3/32, 1/8 con temperatura baja de precalentamiento. Fuente: Autor

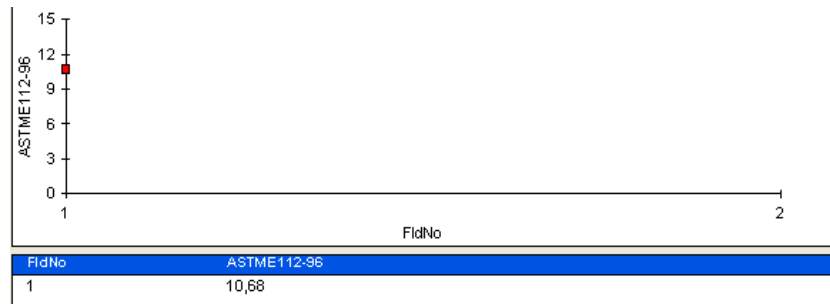


Figura 4. 22 Tamaño de grano de la probeta PARTB1/8 en la ZAT. Fuente: Autor.

Los resultados de los valores del porcentaje de perlita obtenidas de las probetas soldadas con los electrodos E7018-AR y E7018-SR de diámetro 3/32 y 1/8 y temperatura baja de precalentamiento se muestran en la Tabla 4.27.

Tabla 4.27 Porcentaje (%) Perlita en juntas soldadas. Fuente: Autor

ID	PORCENTAJE DE PERLITA		
	METAL BASE	ZAT	SOLDADURA
PARTB3/32	27,5	32,6	32,5
PARTB1/8	37,5	39,5	36,2
PSRTB3/32	32,5	31,9	44,8
PSRTB1/8	32,5	33,2	44,4

En la Figura 4.23 se puede observar el % de perlita del metal base, la zona térmicamente afectada y el material de aporte. De tal manera, se procede a realizar la comparación de los valores, se puede observar que la soldadura de acero ASTM A 36 con electrodo E7018-AR Y E7018-SR de diámetro 3/32 y 1/8 y temperatura baja de precalentamiento tiene diferentes porcentajes de perlita. Es por tal razón que se procedió a realizar el análisis respectivo de los valores mostrados de las probetas PARTB3/32 y PSRTB3/32 que son distintitos materiales de aporte e igual diámetro, llevando a cabo una preparación adecuada de las probetas para poder observar de la mejor manera los resultados micro-estructurales, se contempló los valores en el metal base, zona térmicamente afectada y material de aporte, determinando que existe una diferencia mínima del % de perlita en la zona térmicamente afectada pero teniendo valores elevados en cuanto al metal base y la soldadura perteneciente a la probeta PSRTB3/32 con un valor máximo de 44,8 % de perlita. De igual manera se procedió a realizar el análisis comparativo de los valores mostrados entre las probetas PARTB1/8 y PSRTB1/8 dando a conocer que tiene una variación de % de perlita en la soldadura y presentando mejores resultados en el metal base y la zona térmicamente afectada perteneciente a la probeta PARTB1/8 con un valor máximo de 39,5% de

perlita. Luego se realizó una comparación de los mejores resultados obtenidos de las probetas PSRTB3/32 y PARTB1/8 lo que indica que de las probetas analizadas la que presenta mejores resultados de % perlita en las diferentes zonas estudiadas es la probeta PSRTB3/32 con un valor máximo 44,8 % en la zona del material de aporte, también se puede observar en la Figura 4.24.

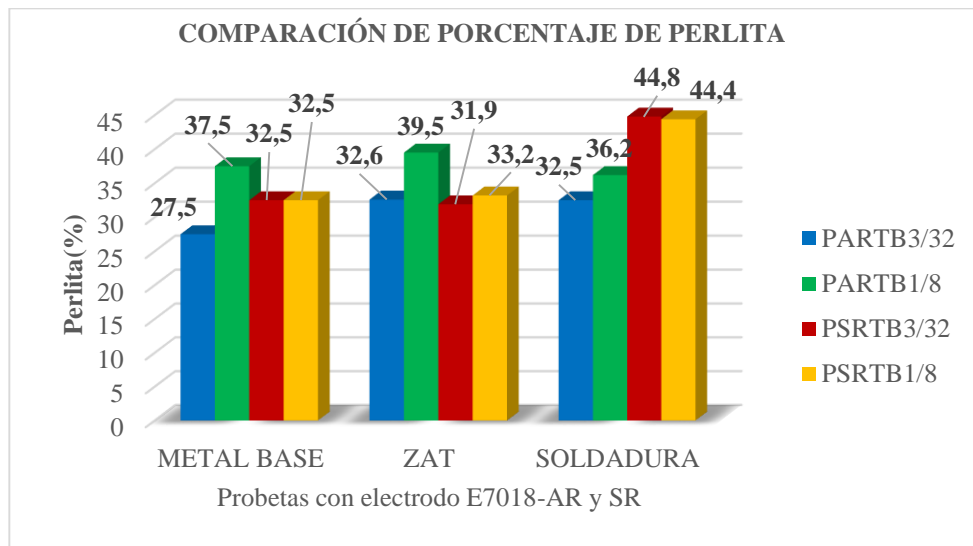


Figura 4.23 Comparación del % Perlita de probetas soldadas con electrodo E7018-AR Y E7018-SR de diámetro 3/32, 1/8 con temperatura baja de precalentamiento.

Fuente: Autor

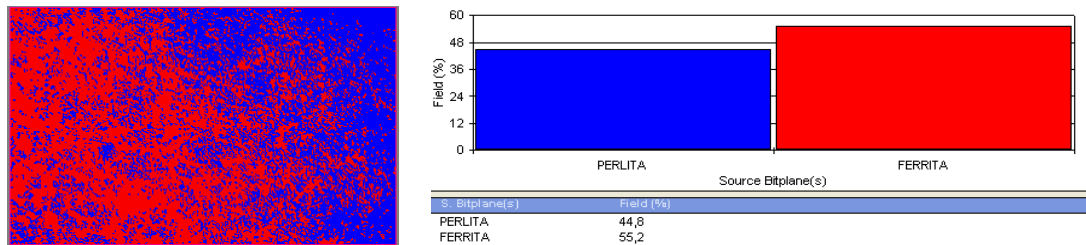


Figura 4. 24 % Perlita de la probeta PSRTB3/32. Fuente: Autor.

Los resultados de los valores del porcentaje de Ferrita obtenidas de las probetas soldadas con los electrodos E7018-AR y E7018-SR de diámetro 3/32 y 1/8 y temperatura baja de precalentamiento se muestran en la Tabla 4.28.

Tabla 4.28 Porcentaje (%) Ferrita en juntas soldadas. Fuente: Autor

ID	PORCENTAJE DE FERRITA		
	METAL BASE	ZAT	SOLDADURA
PARTB3/32	72,5	67,4	67,5
PARTB1/8	62,5	60,5	63,8
PSRTB3/32	67,5	68,1	55,2
PSRTB1/8	67,5	66,8	55,6

En la Figura 4.25 se puede observar el % de ferrita del metal base, la zona térmicamente afectada y el material de aporte. A continuación, se procede a realizar la comparación de los valores, se puede observar que la soldadura de acero ASTM A 36 con electrodo E7018-AR Y E7018-SR de diámetro 3/32 y 1/8 y temperatura alta de precalentamiento tiene diferentes porcentajes de ferrita. Es por tal razón que se procedió a realizar el análisis respectivo de los valores mostrados de las probetas PARTB3/32 y PSRTB3/32 que son distintitos materiales de aporte e igual diámetro, llevando a cabo una preparación adecuada de las probetas para poder observar de la mejor manera los resultados micro-estructurales, se contempló los valores en el metal base, zona térmicamente afectada y material de aporte, determinando que existe una diferencia del % de ferrita en la zona térmicamente afectada pero teniendo mejores resultados en cuanto al metal base y la soldadura perteneciente a la probeta PSRTB3/32 con un valor mínimo de 55,2% de ferrita. De igual manera se procedió a realizar el análisis comparativo de los valores mostrados entre las probetas PARTB1/8 y PSRTB1/8 dando a conocer que tiene una variación de % de ferrita en la soldadura y presentando mejores resultados en el metal base y la zona térmicamente afectada perteneciente a la probeta PARTB1/8 con un valor mínimo de 60,5% de ferrita. Luego se realizó una comparación de los mejores resultados obtenidos de las probetas PSRTB3/32 y PARTB1/8 lo que nos indica que de las probetas analizadas la que tiene mejores resultados de % porcentajes de ferrita en las diferentes zonas estudiadas es la probeta PSRTB3/32 con un valor de 55,2% en la zona del material de aporte, se puede observar en la Figura 4.26.

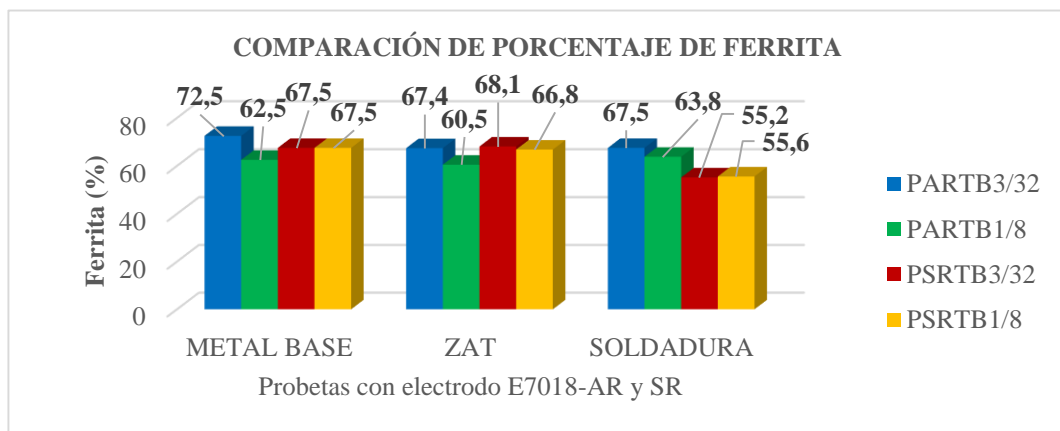


Figura 4.25 Comparación del % Ferrita de probetas soldadas con electrodo E7018-AR Y E7018-SR de diámetro 3/32, 1/8 con temperatura baja de precalentamiento.

Fuente: Autor

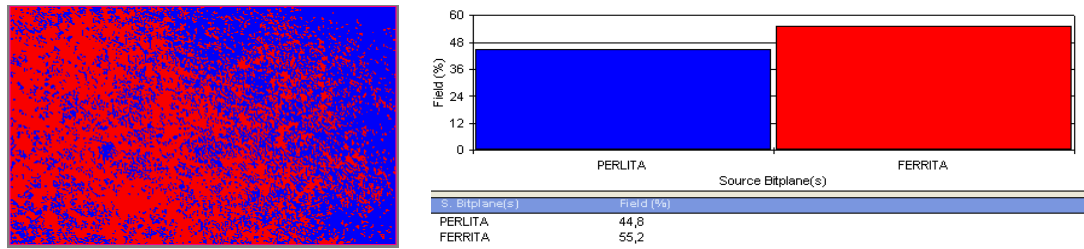


Figura 4. 26 % Ferrita de la probeta PSRTB3/32. Fuente: Autor.

Los resultados de los valores del porcentaje de Ferrita Alotriomórfica y Acicular obtenidas de las probetas soldadas con los electrodos E7018-AR y E7018-SR de diámetro 3/32 y 1/8 y temperatura baja de precalentamiento se muestran en la Tabla 4.29.

Tabla 4.29 Porcentaje (%) Ferrita Alotriomórfica y Acicular en juntas soldadas.

Fuente: Autor

ID	PORCENTAJE DE FERRITA SOLDADURA	
	FERRITA ALOTRIOMÓRFICA	FERRITA ACICULAR
PARTB3/32	70	27,3
PARTB1/8	69,9	27,5
PSRTB3/32	67,8	29,3
PSRTB1/8	67,6	30

En la Figura 4.27 se puede observar el % de ferrita alotriomórfica y acicular. A continuación, procedemos a realizar la comparación de los valores, se observa que la soldadura de acero ASTM A 36 con electrodo E7018-AR Y E7018-SR de diámetro 3/32 y 1/8 y temperatura baja de precalentamiento tiene diferentes porcentajes de ferrita alotriomórfica y acicular. Es por tal razón que se procedió a realizar el análisis respectivo de los valores mostrados de las probetas PARTB3/32 y PSRTB3/32 que son distintitos materiales de aporte e igual diámetro, llevando a cabo una preparación adecuada de las probetas para poder observar de la mejor manera los resultados microestructurales, se contempló los valores determinando que la probeta que presenta mejores resultados es la PSRTB3/32 % debido a su bajo contenido de % ferrita alotriomórfica y alto contenido de % de ferrita acicular. De igual manera se procedió a realizar el análisis comparativo de los valores mostrados entre las probetas PARTB1/8 y PSRTB1/8 dando a conocer que tiene menor valor de % ferrita alotriomórfica y mayor valor de % ferrita acicular perteneciente a la probeta PSRTA1/8. Luego se realizó una comparación de los mejores resultados obtenidos de las probetas PSRTA3/32 y PSRTA1/8 lo que indica que de las probetas analizadas y tomando como referencia la ferrita acicular la que tiene mayor porcentaje de ferrita

acicular es la probeta PSRTB1/8 de 30% teniendo así una mejora en la tenacidad y la resistencia de la junta soldada por otra parte se muestra la Figura 4.28.

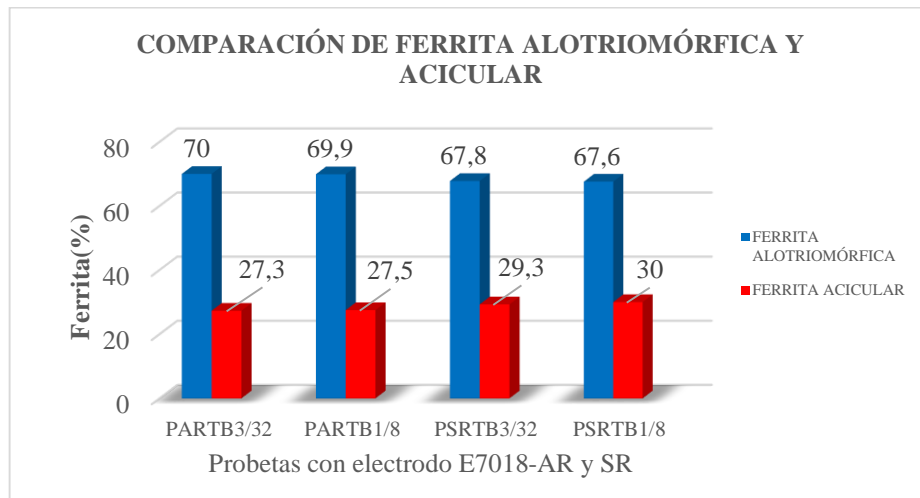


Figura 4.27 Comparación del % Ferrita Alotriomórfica y acicular de probetas soldadas con electrodo E7018-AR Y E7018-SR de diámetro 3/32, 1/8 con temperatura baja de precalentamiento. Fuente: Autor

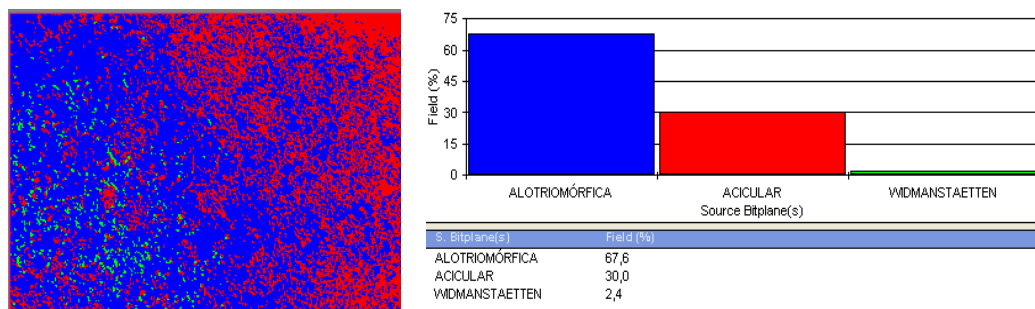


Figura 4. 28 % Ferrita Alotriomórfica, Acicular y Widmanstaetten. Fuente: Autor.

En la Tabla 4.30 se realizó una evaluación de los promedios de los componentes microestructurales para las probetas soldadas con electrodo de acero al carbono de diferentes diámetros y temperatura baja de precalentamiento. En cuanto a los promedios se determina que la probeta es medianamente aceptable PARTB3/32 en vista que los % microestructurales no cumplen con lo requerido, se determina que la probeta PARTB1/8 (Electrodo E7018-AR 1/8), PSRTB3/32 (Electrodo E7018-SR 3/32) y PSRTB1/8 (Electrodo E7018-SR 1/8) ofrecen los mejores componentes. Por lo cual estas probetas pasan a la siguiente etapa de estudio.

Tabla 4.30 Evaluación de los componentes microestructurales de probetas soldadas.
Fuente: Autor.

ID	Tamaño del grano	Dif.	Porcentaje de Perlita	Dif.	Porcentaje de Ferrita	Dif.
PARTB3/32	10	0,0	32,5	-0,5	67,5	0,5
PARTB1/8	10	0,0	36,2	3,2	63,8	-3,2
PSRTB3/32	10	0,0	44,8	11,8	55,2	-11,8
PSRTB1/8	11	1,0	44,4	11,4	55,6	-11,4
PARAMETROS	≥10		≥33		≤67	
Parámetros						
Relleno Rojo	Resultado No Aceptable.					
Relleno Amarillo	Resultado Mediante Aceptable.					
Relleno Verde	Resultado Aceptable.					

Posteriormente de haber realizado el análisis de los ensayos experimentales, fichas técnicas y evaluaciones correspondientes a la caracterización mecánica a tracción, impacto y metalografía se toma en consideración unos aspectos muy importantes para llegar a la tabla final: la probeta PSRTA3/32 y PSRTB1/8 se excluye debido a que tiene propiedades mecánicas no aprobadas y requeridas dentro del código AWS D1.8, por último quedando las probetas PARTA3/32, PARTA1/8, PSRTA1/8, PARTB3/32, PARTB1/8 y PSRTB3/32 que cumplen con las condiciones y fueron aceptadas en el ensayo.

Es por esto que, propongo la Tabla 4.31 con la síntesis de resultados, en la cual se realiza una evaluación total de los materiales de aporte de acero al carbono respecto a las variables impuestas por el presente estudio. A los resultados finales de cada uno de los ensayos anteriormente detallados se les realizó una ponderación dando un valor significativo a cada una de las propiedades mecánicas expuestas en la Tabla 4.31 dando así a conocer la calificación final a cada una de las probetas.

Tabla 4.31 Evaluación de los materiales de aporte E7018AR y E7018-SR. Fuente: Autor

EVALUACIÓN DE MATERIAL DE APORTE DE PROPIEDADES MECÁNICAS															
ID	TRACCIÓN (5 puntos)						IMPACTO (3 puntos)		METALOGRAFÍCOS (2 puntos)						10/10. Calificación
	Sut (Mpa) 2 puntos	Dif.	Sy (Mpa) 1 punto	Dif.	Elongación % 2 puntos	Dif.	Energía de impacto (J) 3 puntos	Dif.	Tamaño del grano 0,5 puntos	Dif.	Porcentaje de Perlita 1 punto	Dif.	Porcentaje de Ferrita 0,5 puntos	Dif.	
PARTA3/32	580,55	91,85	508,51	254,08	27,55	5,91	84,605	10,31	10	0,0	31,2	-1,8	68,8	1,8	6,91
PARTA1/8	614,26	125,55	548,90	294,46	34,91	13,26	85,36	11,06	10	0,0	32,4	-0,6	67,6	0,6	7,53
PSRTA1/8	708,81	220,10	594,99	340,55	27,15	5,51	153,69	79,39	10	0,0	39,3	6,3	60,7	-6,3	8,95
PARTB3/32	629,73	141,02	562,484	308,05	24,96	3,32	105,07	30,77	10	0,0	32,5	-0,5	67,5	0,5	7,40
PARTB1/8	658,99	170,29	579,468	325,03	23,27	1,63	105,795	31,50	10	0,0	36,2	3,2	63,8	-3,2	7,54
PSRTB3/32	796,41	307,71	746,270	491,83	25,35	3,71	135,71	61,41	10	0,0	44,8	11,8	55,2	-11,8	9,10
PARAMETROS	488,703		254,437		21,644		74,296		≥10		≥33		≤67		
DESV. ESTANDAR	6,34		8,001		0,789		3,810								
Relleno Rojo	Resultado No Aceptable , bajo la desviación estándar (95% de confianza).														
Relleno Amarillo	Resultado Mediante Aceptable , bajo la desviación estándar.														
Relleno Verde	Resultado Aceptable , igual o por encima de la desviación estándar.														

PARTA3/32= MA: E7018-AR, D:3/32”, Temperatura Alta de Precalentamiento °C.

PARTA1/8= MA: E7018-AR, D:1/8”, Temperatura Alta de Precalentamiento °C.

PSRTA1/8= MA: E7018-SR, D:1/8”, Temperatura Alta de Precalentamiento °C.

PARTB3/32= MA: E7018-AR, D:3/32”, Temperatura Baja de Precalentamiento °C.

PARTB1/8= MA: E7018-AR, D:1/8”, Temperatura Baja de Precalentamiento °C.

PSRTB3/32= MA: E7018-SR, D:3/32”, Temperatura Baja de Precalentamiento °C.

4.4. VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS

En la Tabla 4.32, se observa diferentes valores de propiedades mecánicas del electrodo E7018-AR Y E7018-SR en juntas soldadas de acero al carbono mediante el proceso SMAW, calificando de esta manera a la hipótesis como positiva, debido a la correcta aplicación de los materiales de aporte en el Acero ASTM A 36 para la fabricación de juntas sismo resistentes, permitiendo obtener mejores propiedades mecánicas, comprobando y demostrando de esta manera la hipótesis.

Tabla 4.32 Síntesis de evaluación de material de aporte de propiedades mecánicas.

Fuente: Autor

ID	TRACCIÓN						IMPACTO		METALGRÁFICOS						10/10.
	Sut (Mpa)	Dif.	Sy (Mpa)	Dif.	Elongación %	Dif.	Energía de impacto (J)	Dif.	Tamaño del grano	Dif.	Porcentaje de Perлита	Dif.	Porcentaje de Ferrita	Dif.	
PARTA3/32	580,55	91,85	508,51	254,08	27,55	5,91	84,605	10,31	10	0,0	31,2	-1,8	68,8	1,8	6,91
PARTA1/8	614,26	125,55	548,90	294,46	34,91	13,26	85,36	11,06	10	0,0	32,4	-0,6	67,6	0,6	7,53
PSRTA1/8	708,81	220,10	594,99	340,55	27,15	5,51	153,69	79,39	10	0,0	39,3	6,3	60,7	-6,3	8,95
PARTB3/32	629,73	141,02	562,484	308,05	24,96	3,32	105,07	30,77	10	0,0	32,5	-0,5	67,5	0,5	7,40
PARTB1/8	658,99	170,29	579,468	325,03	23,27	1,63	105,795	31,50	10	0,0	36,2	3,2	63,8	-3,2	7,54
PSRTB3/32	796,41	307,71	746,270	491,83	25,35	3,71	135,71	61,41	10	0,0	44,8	11,8	55,2	-11,8	9,10

En la Figura 4.29, se muestra el material de aporte de acero al carbono que mejor se comportó a la evaluación de las propiedades mecánicas con 9.10/10, perteneciente a la probeta PSRTB3/32 es decir que está compuesta del material de aporte E7018-SR de diámetro 3/32 pulgadas a una temperatura baja de precalentamiento.

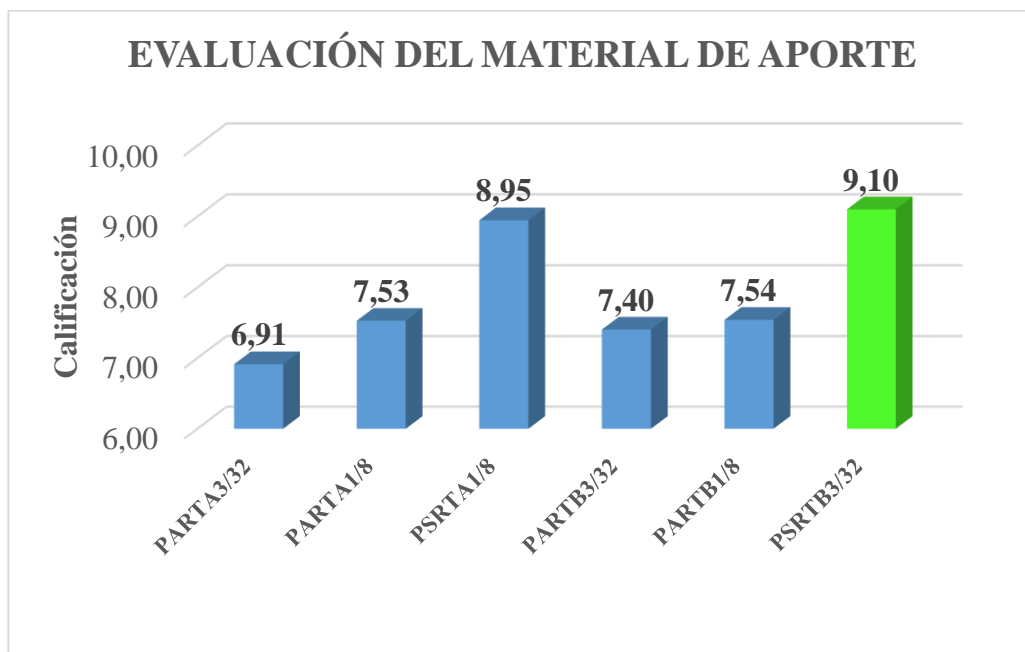


Figura 4.29 Evaluación del material de aporte. Fuente: Autor.

Como parte final del desarrollo de la presente investigación, establezco de esta manera que la hipótesis es comprobada estadísticamente y comparativamente con la ayuda de

medidas aritméticas y la desviación estándar pertenecientes a cada una de las caracterizaciones mecánicas. En particular esto ha servido para llegar a la Tabla 4.33, donde se muestra el mejoramiento de las propiedades mecánicas.

Tabla 4.33 Comparación de propiedades mecánicas. Fuente: Autor.

PROPIEDADES MATERIALES	ESFUERZO MÁXIMO (MPa)	ESFUERZO DE FLUENCIA (MPa)	% DE ELONGACIÓN	ENERGÍA ABSORBIDA (J)
ACERO ASTM A 36	488,703	254,437	21,644	74,296
Probeta PSRTB3/32 (Electrodo E7018-SR diámetro 3/32" con temperatura baja de precalentamiento.	796,409	746,27	25,353	135,71

Por consiguiente, el mejor material de aporte es el electrodo E7018-SR de diámetro 3/32" soldada en una junta de acero ASTM A 36 con temperatura baja de precalentamiento, se procede a verificar que el esfuerzo máximo aumenta un 38,6% con respecto al material base, de igual modo el límite de fluencia se incrementa un 65.9%, también el porcentaje de elongación se mejora en 14,6%, simultáneamente la energía de impacto aumenta un 45,3% y con una eficiencia de 74,16%.

De manera que, se comprueba que el análisis del material de aporte de una junta a tope en un acero ASTM A 36 empleando el electrodo E7018-SR de diámetro 3/32" con temperatura baja de precalentamiento se tiende a tener una mejora en las propiedades mecánicas en la fabricación de una junta sismo resistente.

CAPÍTULO V

5.1. CONCLUSIONES

Una vez que se ha realizado el estudio de la fundamentación teórica y el análisis de los datos recolectados, primordialmente de la caracterización de las propiedades mecánicas a tracción, impacto y metalografía del material común con los que fabrican actualmente las construcciones estructurales y los materiales de aporte de acero al carbono, obteniéndose las siguientes conclusiones:

- Se determina que para obtener las probetas de cada una de las juntas soldadas bajo el código AWS D1.8 se utiliza el proceso de soldadura SMAW con electrodos E7018-AR Y E7018-SR las cuales da una conjunción de probetas a ser ensayadas, debido a que no se puede hablar de calidad de soldadura con un solo ensayo, logrando así obtener mayor confiabilidad de los resultados de la soldadura.
- La determinación correcta de los parámetros del proceso de soldadura permite a obtener una técnica del proceso con una adecuada fusión del cordón de soldadura, una apropiada posición del electrodo, una acertada intensidad de soldeo, continua velocidad de depósito, facilita la limpieza del área de la soldadura, excelente soldadura de raíz y acabado, manifestando de esta manera buenas propiedades mecánicas de las probetas ensayadas como se indica en la tabla 4.32.
- En las diferentes temperaturas de precalentamiento se establece que: a medida que se disminuye la temperatura de precalentamiento tienden a mejorar las propiedades mecánicas, de manera que, influye directamente en los resultados finales como se muestra en las tablas 4.14 y 4.15.
- La resistencia a la tracción y el límite de fluencia de las juntas soldadas varia conforme al tipo de material de aporte utilizado y la temperatura de precalentamiento, se concluye que a baja temperatura de precalentamiento soldado con electrodo E7018-SR de diámetro 3/32” se tiene mayor resistencia a la tracción con un valor promedio 796,409 MPa y límite de fluencia con un valor de 746,270 MPa en comparación al otro material de aporte, por otra parte se concluye que a medida que se aumenta temperatura de precalentamiento el porcentaje de elongación se incrementa dando un valor promedio de 34,907%

teniendo una variación mínima en comparación a las probetas de baja temperatura.

- El análisis de la energía al impacto de probeta soldada PARTB1/8 a temperatura baja de precalentamiento presenta mejores resultados con un valor promedio de 105,79 J, pero con una variación mínima a las probetas soldadas con temperatura alta de precalentamiento. Así mismo se concluye que la junta soldada PSRTA3/32 a temperatura alta de precalentamiento presenta mejores resultados con un valor promedio de 156,91 J, pero con una variación mínima a las probetas soldadas con temperatura baja de precalentamiento por lo tanto estas probetas son muy dúctiles.
- El valor máximo de tamaño del grano ASTM fue localizado en el cordón de soldadura de la probeta soldada con alta temperatura de precalentamiento con un valor de $G= 11$ perteneciente a la probeta PSRTA3/32, también se determinó un valor máximo en el cordón de soldadura con baja temperatura de precalentamiento con un valor similar de $G=11$ perteneciente a la probeta PSRTB1/8. Por otra parte, el resultado de los porcentajes microestructurales del perlita y ferrita tienden hacer equivalentes a las propiedades mecánicas de las probetas soldadas con los diferentes materiales de aporte a temperatura alta y baja de precalentamiento, concluyendo de tal manera que mayor porcentaje de perlita se encuentran en la probeta soldada a baja temperatura de precalentamiento PSRTB3/32 con un valor promedio de 44,8% , ya que con el ensayo metalográfico se comprueba la resistencia del metal base y el % de carbono del mismo. También se concluyó que la ferrita acicular y ferrita alotriomórfica son proporcionales con los resultados de tenacidad obteniendo mejores resultados en la probeta soldada con alta temperatura de precalentamiento PSRTA3/32 con un valor de 32,9% teniendo así una mejora en la tenacidad y la resistencia.
- Finalmente se determina que la probeta soldada con mejores propiedades mecánicas es la PSRTB3/32 con valores promedios de $S_{ut}= 796,41$ MPa, $S_y= 746,270$ MPa, % de elongación= 25,35, Energía de impacto=135,71 J con un tamaño de grano de $G= 10$, Porcentaje de perlita= 44,8% y Porcentaje de Ferrita= 55,2% para el acero ASTM A 36 durante el proceso de soldadura,

cumpliendo satisfactoriamente los ensayos requeridos por el código, como se muestra en la figura 4.29.

5.2. RECOMENDACIONES

- Elaborar un procedimiento WPS y PQR de soldadura utilizando el electrodo E7018-SR de diámetro 3/32” en una junta a tope del acero ASTM A 36, utilizado en la fabricación de estructuras sismo resistentes para tener una mejora en cuanto a costos y productividad.
- Los operadores que ejecuten la soldadura deben estar calificados, con el fin de que puedan llevar de la mejor manera el proceso de soldadura, de tal manera que en el cordón de la soldadura tenga un buen acabado superficial y buenas propiedades mecánicas.
- Las probetas se deben soldar en un ambiente adecuado con la preparación correcta y libre de todo tipo de impurezas. Además, Se debe controlar la temperatura de precalentamiento y la de interpass antes, durante y después de cada soldadura para poder obtener buenos resultados.
- Controlar el estado del equipo de protección personal antes de proceder a realizar el proceso de soldadura SMAW en vista que los electrodos generan humo continuo durante la ejecución de la soldadura.
- Utilizar varios métodos de ensayo para asegurar una calidad de la soldadura, debido a que la obtención varios resultados nos garantiza una correcta evaluación.
- En el ensayo de tracción debemos controlar el agarre de las mordazas de la maquina universal a la probeta para evitar que se resbale durante el ensayo y tener errores en los resultados.
- En el ensayo de impacto controlar la temperatura de enfriamiento sobre toda la superficie de la probeta.
- En el ensayo metalográfico llevar a cabo una preparación adecuada de la superficie de la probeta así mismo se recomienda la adecuada utilización de los agentes químicos que se utiliza para poder visualizar el tamaño de grano y la microestructura.

MATERIALES DE REFERENCIA

BIBLIOGRAFÍA

- [1] D. Escobedo, A. Reyes y C. Gonzáles. "Selección de conexiones de acero para zonas sísmicas con base en criterios de confiabilidad", CIENCIA ergo sum, vol. 18, pp. 1-8, Marzo-Junio 2011.
- [2] F. Crisafulli, Diseño Sismorresistente de Construcciones de Acero. Mendoza-Argentina: alacero, 2018, pp.17-18.
- [3] H. Rodríguez. "Sismo en el Mundo y Evolución del Diseño con Acero". Revista Mexicana de la Construcción, vol.1, n-628, pp.1-6, Julio-Agosto 2017.
- [4] M. Piaún, "Análisis Comparativo de las Propiedades Mecánicas de la Soldadura Obtenida con los electrodos E7018 de diferentes marcas utilizados en la Industria Nacional", Quito, 2013.
- [5] J. Telenchana, "Análisis de Revestimientos Duros en Uniones Soldadas de Acero al carbono A36 mediante el proceso SMAW y su incidencia en las Propiedades Mecánicas", Ambato, 2013.
- [6] Instituto Geofísico, "INFORME SÍSMICO ESPECIAL N.18," Escuela Politécnica Nacional, Quito, 2016.
- [7] W. Smith, "Fundamentos de la Ciencia e Ingeniería de los Materiales", Cuarta edición, Mexico: Mc Graw Hill, 2006
- [8] W. Callister, "Introducción a la Ciencia e Ingeniería de los Materiales", Mexico: Reverté S.A, 2003
- [9] C. López y F. Ramon, "Soldadura en Atmosfera Natural, Madrid", 2013.[En línea].Available:<https://books.google.com.ec/books?id=1gNSAgAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=SOLDADURA+EN+ATMOSFERA+NATURAL&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjG5v753PDiAhXhwVkkHQk5BSEQ6AEIKDAA#v=onepage&q&f=false> [Último acceso: Mayo 2019]
- [10] M. Pastor, "Introducción a la Metalurgia de la Soldadura, Riobamba": AP.2004
- [11] M. Montalvo, "Construcción e implementación del laboratorio de soldadura MIG", Universidad Internacional del Ecuador, Quito, 2011.
- [12] P. Rodríguez, "Manual de Soldadura", Buenos Aires: ALSINA, 2001, pp5-6.

- [13] O. Analuiza, "Análisis de las Combinaciones Porcentuales del Material de Aporte de una Junta a Tope en un Acero ASTM A588 Grado A utilizando los alambres tubulares E71T1 y E81T1N12 para determinar las Propiedades Mecánicas en la Fabricación de Superestructura para Puentes", Universidad Tecnica de Ambato, Ambato, 2016
- [14] P. Molera, "Soldadura Industrial: Clases y Aplicaciones", Barcelona: MARCOMBO S.A., 1992.
- [15] D. Askeland, "Ciencia e Ingeniería de los Materiales", Mexico: International Thomson, 2002, pp-5.
- [16] AWS B4.0-98. "Métodos estándar para los ensayos mecánicos de las soldaduras", 2007.
- [17] ASTM E-08 "Standard Test Methods for Tensions Testing of Materials". 2015
- [18] C. Nuñez, A. Roca, "Comportamiento Mecánico de los Materiales", Barcelona: Graficas Rey S.I., 2011, pp-1.1..
- [19] R. Hibbeler, "Mecanica de Materiales", Mexico: Perason Education, 2011, pp-84.
- [20] ASTM E23. " Standard Test Methods for Notched Bar Impact Testing of Materials.
- [21] D. Pendevea, "Ensayo dinámico por choque Ensayo de Charpy", Instituto Fray, Salamanca, 2014.
- [22] N. Muñoz, "Ensayo Impacto", PBX, Bogota , 2016.
- [23] J. Sailema, "Estudio de los Procesos de Soldadura FCAW y SMAW en acero ASTM A588 Grado A y su Incidencia en las Propiedades Mecánicas en la Fabricación de Vigas Metálicas en Puentes Colgantes.", Universidad Tecnica de Ambato, Ambato , 2014
- [24] J. Muquinche, "Estudio del Proceso de Soldadura SMAW en la Fabricación de Columnas Armadas en Estructuras Metálicas en la Empresa "Metal Mecánica Antonio Tirado" y su incidencia en las Propiedades Mecánicas", Universidad Tecnica de Ambato, Ambato, 2015.
- [25] J. Velasteguí, "Estudio de los Procesos de soldadura SMAW y GMAW sobre acero ASTM A 36, A-500 y su incidencia en las Propiedades Mecánicas en las

Juntas soldadas de la estructura de Buses", Universidad Tecnica de Ambato , Ambato, 2014

- [26] P. Aular, "Soldadura", Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda, 2010.
- [27] INDURA, "Manual de Sistemas y Materiales de Soldadura", Chile, 2017.
- [28] AASHTO/AWS. D1.1.(2010). Structural Welding Code Steel. Miami: American Welding Society
- [29] J. Córdova., "Estudio del Proceso de Soldadura GMAW con Alambre ER70S-3 Y ER70S-6 en el proceso de fabricación de carrocerías utilizando perfiles conformados de acero galvanizado ASTM A-924M para determinar la Defectología en las Juntas soldadas en la empresa Carrocerías Fiallos", Universidad Tecnica de Ambato, Ambato, 2016.
- [30] G. Contreras, "Diseño de conexiones sismo resistentes, precalificadas a momento, para estructuras de acero, usando el programa PTC-MATHCAD", Revista de Ingeniería Innova., vol. 9, pp.1-10, 2015.
- [31] J. Beltrán y J. González, "Curso de soldadura con el proceso SMAW", OASA Surtido y Calidad, vol. 1, p. 41, 2017.
- [32] M. Eyheralde, "Inspeccion en Soldadura", UTE CETP, p. 9, 2012.
- [33] S. Masabanda, "Elaboracion de un Manual para practicas de la Materia Teoría de Procesos de Soldadura, Escuela Politécnica Nacional", Quito, 2009.
- [34] L. Electric, "Soldeo Manual con Electrodo Revestidos (SMAW)", Lincoln-KD, S.A., 2010.
- [35] J. Suarez, "Evaluacion de diseño de conexiones-soldadas en un edificio de estructura metalica de 4 niveles mediante el SOFTWARE RAM CONNECTION", Universidad de Guyaquil, Guayaquil, 2018.
- [36] AASHTO/AWS D5.1, Specification for Carbon Steel Electrodes For Shielded Metal Arc Welding, 2004.

- [37] G. Miranda, Estudio del comportamiento del acero A36 mediante ensayos de tracción para determinar fallas en elementos estructurales, mediante la Norma ASTM E-8”, Ambato, 2012
- [38] R. Hamburger, "Nuevo Suplemento para la soldadura Sísmica",» California, 2008, pp. 38-42.
- [39] AWS D1.8/D1.8M, "Structural Welding Code-Seismic Supplement", 2009, ANn American National Standard.
- [40] Suministros Tecnicos S.A, "Acero Estructural Acero ASTM A36",» SUMITEC, pp-1, 2000.

ANEXOS

ANEXO A-1: Especificaciones del Acero ASTM A 36



Designation: A 36/A 36M – 01

Standard Specification for Carbon Structural Steel¹

This standard is issued under the fixed designation A 36/A 36M; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

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

1. Scope

1.1 This specification² covers carbon steel shapes, plates, and bars of structural quality for use in riveted, bolted, or welded construction of bridges and buildings, and for general structural purposes.

1.2 Supplementary requirements are provided for use where additional testing or additional restrictions are required by the purchaser. Such requirements apply only when specified in the purchase order.

1.3 When the steel is to be welded, a welding procedure suitable for the grade of steel and intended use or service is to be utilized. See Appendix X3 of Specification A 6/A 6M for information on weldability.

1.4 For Group 4 and 5 wide flange shapes for use in tension, it is recommended that the purchaser consider specifying supplementary requirements, such as fine austenitic grain size and Charpy V-notch impact testing.

1.5 The values stated in either inch-pound units or SI units are to be regarded separately as standard. Within the text, the SI units are shown in brackets. The values stated in each system are not exact equivalents; therefore, each system is to be used independently of the other, without combining values in any way.

1.6 The text of this specification contains notes or footnotes, or both, that provide explanatory material. Such notes and footnotes, excluding those in tables and figures, do not contain any mandatory requirements.

1.7 For structural products cut from coiled product, the additional requirements, including additional testing requirements and the reporting of additional test results, of A 6/A 6M apply.

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:

A 6/A 6M Specification for General Requirements for

Rolled Structural Steel Bars, Plates, Shapes, and Sheet Piling³

A 27/A 27M Specification for Steel Castings, Carbon, for General Application⁴

A 307 Specification for Carbon Steel Bolts and Studs, 60 000 psi Tensile Strength⁵

A 325 Specification for High-Strength Bolts for Structural Steel Joints⁵

A 325M Specification for High-Strength Bolts for Structural Steel Joints [Metric]⁵

A 500 Specification for Cold-Formed Welded and Seamless Carbon Steel Structural Tubing in Rounds and Shapes⁶

A 501 Specification for Hot-Formed Welded and Seamless Carbon Steel Structural Tubing⁶

A 502 Specification for Steel Structural Rivets⁵

A 563 Specification for Carbon and Alloy Steel Nuts⁷

A 563M Specification for Carbon and Alloy Steel Nuts [Metric]⁵

A 570/A 570M Specification for Steel, Sheet and Strip, Carbon, Hot-Rolled, Structural Quality⁷

A 668/A 668M Specification for Steel Forgings, Carbon and Alloy, for General Industrial Use⁸

F 568M Specification for Carbon and Alloy Steel Externally Threaded Metric Fasteners⁵

3. Appurtenant Materials

3.1 When components of a steel structure are identified with this ASTM designation but the product form is not listed in the scope of this specification, the material shall conform to one of the standards listed in Table 1 unless otherwise specified by the purchaser.

4. General Requirements for Delivery

4.1 Material furnished under this specification shall conform to the requirements of the current edition of Specification A 6/A 6M, for the ordered material, unless a conflict exists in which case this specification shall prevail.

¹ This specification is under the jurisdiction of ASTM Committee A01 on Steel, Stainless Steel, and Related Alloys, and is the direct responsibility of Subcommittee A01.02 on Structural Steel for Bridges, Buildings, Rolling Stock, and Ships.

Current edition approved Sept. 10, 2001. Published September 2001. Originally published as A 36 – 60 T. Last previous edition A 36/A 36M – 00a.

² For ASME Boiler and Pressure Vessel Code Applications, see related Specifications SA-36 in Section II of that Code.

³ Annual Book of ASTM Standards, Vol 01.04.

⁴ Annual Book of ASTM Standards, Vol 01.02.

⁵ Annual Book of ASTM Standards, Vol 15.08.

⁶ Annual Book of ASTM Standards, Vol 01.01.

⁷ Annual Book of ASTM Standards, Vol 01.03.

⁸ Annual Book of ASTM Standards, Vol 01.05.

TABLE 1 Appurtenant Material Specifications

NOTE 1—The specifier should be satisfied of the suitability of these materials for the intended application. Chemical composition and/or mechanical properties may be different than specified in A 36/A 36M.

Material	ASTM Designation
Steel rivets	A 502, Grade 1
Bolts	A 307, Grade A or F 568M, Class 4.6
High-strength bolts	A 325 or A 325M
Steel nuts	A 563 or A 563M
Cast steel	A 27/A 27M, Grade 65–35 [450–240]
Forgings (carbon steel)	A 688, Class D
Hot-rolled sheets and strip	A 570/A 570M, Grade 36
Cold-formed tubing	A 500, Grade B
Hot-formed tubing	A 501
Anchor bolts	F 1554

4.1.1 Coiled product is excluded from qualification to this specification until decoiled, leveled, and cut to length. Structural products produced from coil means structural products that have been cut to individual lengths from a coiled product and are furnished without heat treatment. The processor decoils, levels, cuts to length, and marks the product. The processor is responsible for performing and certifying all tests, examinations, repairs, inspections, or operations not intended to affect the properties of the material. For structural products produced from coils, two test results shall be reported for each qualifying coil. See Note 1.

NOTE 1—Additional requirements regarding structural products from coil are described in Specification A 6/A 6M.

5. Bearing Plates

5.1 Unless otherwise specified, plates used as bearing plates for bridges shall be subjected to mechanical tests and shall conform to the tensile requirements of Section 8.

5.2 Unless otherwise specified, mechanical tests shall not be required for plates over 1½ in. [40 mm] in thickness used as bearing plates in structures other than bridges, subject to the requirement that they shall contain 0.20 to 0.33 % carbon by heat analysis, that the chemical composition shall conform to the requirements of Table 2 in phosphorus and sulfur content, and that a sufficient discard shall be made to secure sound plates.

6. Materials and Manufacture

6.1 The steel for plates and bars over ½ in. [12.5 mm] in thickness and shapes other than Group 1 shall be semi-killed or killed.

7. Chemical Composition

7.1 The heat analysis shall conform to the requirements prescribed in Table 2, except as specified in 5.2.

7.2 The steel shall conform on product analysis to the requirements prescribed in Table 2, subject to the product analysis tolerances in Specification A 6/A 6M.

8. Tension Test

8.1 The material as represented by the test specimen, except as specified in 5.2 and 8.2, shall conform to the requirements as to the tensile properties prescribed in Table 3.

8.2 Shapes less than 1 in.²[645 mm²] in cross section and bars, other than flats, less than ½ in. [12.5 mm] in thickness or diameter need not be subjected to tension tests by the manufacturer, provided that the chemical composition used is appropriate for obtaining the tensile properties in Table 3.

TABLE 2 Chemical Requirements

NOTE 1—Where “...” appears in this table, there is no requirement. The heat analysis for manganese shall be determined and reported as described in the heat analysis section of Specification A 6/A 6M.

Product	Shapes ^A	Plates ^B					Bars			
		To ¾ [20], incl	Over ¾ to 1½ [20 to 40], incl	Over 1½ to 2½ [40 to 65], incl	Over 2½ to 4 [65 to 100], incl	Over 4 [100]	To ¾ [20], incl	Over ¾ to 1½ [20 to 40], incl	Over 1½ to 4 [100], incl	Over 4 [100]
Carbon, max, %	0.26	0.25	0.25	0.26	0.27	0.29	0.26	0.27	0.28	0.29
Manganese, %	0.80–1.20	0.80–1.20	0.85–1.20	0.85–1.20	...	0.60–0.90	0.60–0.90	0.60–0.90
Phosphorus, max, %	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
Sulfur, max, %	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Silicon, %	0.40 max	0.40 max	0.40 max	0.15–0.40	0.15–0.40	0.15–0.40	0.40 max	0.40 max	0.40 max	0.40 max
Copper, min, % when copper steel is specified	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20

^A Manganese content of 0.85–1.35 % and silicon content of 0.15–0.40 % is required for shapes over 426 lb/ft [634 kg/m].

^B For each reduction of 0.01 percentage point below the specified carbon maximum, an increase of 0.06 percentage point manganese above the specified maximum will be permitted, up to the maximum of 1.35 %.

TABLE 3 Tensile Requirements^A

Plates, Shapes, ^B and Bars:	
Tensile strength, ksi [MPa]	58–80 [400–550]
Yield point, min, ksi [MPa]	36 [250] ^C
Plates and Bars ^{D,E} :	
Elongation in 8 in. [200 mm], min, %	20
Elongation in 2 in. [50 mm], min, %	23
Shapes:	
Elongation in 8 in. [200 mm], min, %	20
Elongation in 2 in. [50 mm], min, %	21 ^B

^A See the Orientation subsection in the Tension Tests section of Specification A 36/A 36M.

^B For wide flange shapes over 428 lb/ft [634 kg/m], the 80 ksi [550 MPa] maximum tensile strength does not apply and a minimum elongation in 2 in. [50 mm] of 19 % applies.

^C Yield point 32 ksi [220 MPa] for plates over 8 in. [200 mm] in thickness.

^D Elongation not required to be determined for floor plate.

^E For plates wider than 24 in. [600 mm], the elongation requirement is reduced two percentage points. See the Elongation Requirement Adjustments subsection under the Tension Tests section of Specification A 36/A 36M.

9. Keywords

9.1 bars; bolted construction; bridges; buildings; carbon; plates; riveted construction; shapes; steel; structural steel; welded construction

SUPPLEMENTARY REQUIREMENTS

These requirements shall not apply unless specified in the order.

Standardized supplementary requirements for use at the option of the purchaser are listed in Specification A 36/A 36M. Those that are considered suitable for use with this specification are listed by title:

S5. Charpy V-Notch Impact Test.

S30. Charpy V-Notch Impact Test for Structural Shapes: Alternate Core Location

In addition, the following optional supplementary requirement is also suitable for use with this specification:

S97. Limitation on Rimmed or Capped Steel

S97.1 The steel shall be other than rimmed or capped.


ASTM International takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM International Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, at the address shown below.

This standard is copyrighted by ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-832-9585 (phone), 610-832-9555 (fax), or service@astm.org (e-mail); or through the ASTM website (www.astm.org).

ANEXO A-2: Especificaciones de los electrodos de acero al carbono.

AWS A5.1/A5.1M:2012
An American National Standard



**Specification for
Carbon Steel
Electrodes for
Shielded Metal
Arc Welding**



American Welding Society®



Table 1
Electrode Classification

AWS Classification		Type of Covering	Welding Position ^a	Type of Current ^b
A5.1	A5.1M			
E6010	E4310	High cellulose sodium	F, V, OH, H	deep
E6011	E4311	High cellulose potassium	F, V, OH, H	ac or deep
E6012	E4312	High titania sodium	F, V, OH, H	ac or dcen
E6013	E4313	High titania potassium	F, V, OH, H	ac, deep, or dcen
E6018 ^c	E4318 ^c	Low-hydrogen potassium, iron powder	F, V, OH, H	ac or deep
E6019	E4319	Iron oxide titania potassium	F, V, OH, H	ac, deep, or dcen
E6020	E4320	High iron oxide	H-fillet F	ac or dcen ac, deep, or dcen
E6022 ^d	E4322 ^d	High iron oxide	F, H-fillet	ac or dcen
E6027	E4327	High iron oxide, iron powder	H-fillet F	ac or dcen ac, deep, or dcen
E7014	E4914	Iron powder, titania	F, V, OH, H	ac, deep, or dcen
E7015	E4915	Low-hydrogen sodium	F, V, OH, H	deep
E7016 ^c	E4916 ^c	Low-hydrogen potassium	F, V, OH, H	ac or deep
E7018 ^c	E4918 ^c	Low-hydrogen potassium, iron powder	F, V, OH, H	ac or deep
E7018M	E4918M	Low-hydrogen iron powder	F, V, OH, H	deep
E7024 ^c	E4924 ^c	Iron powder, titania	H-fillet, F	ac, deep, or dcen
E7027	E4927	High iron oxide, iron powder	H-fillet F	ac or dcen ac, deep, or dcen
E7028 ^c	E4928 ^c	Low-hydrogen potassium, iron powder	H-fillet, F	ac or deep
E7048	E4948	Low-hydrogen potassium, iron powder	F, OH, H, V-down	ac or deep

Notes:

- The abbreviations, F, H, H-fillet, V, V-down, and OH indicate the welding positions as follows: F = Flat, H = Horizontal, H-fillet = Horizontal fillet, V = Vertical, progression upwards (for electrodes 3/16 in [5.0 mm] and under, except 5/32 in [4.0 mm] and under for classifications E6018 [E4318], E7014 [E4914], E7015 [E4915], E7016 [E4916], E7018 [E4918], E7018M [E4918M], E7048 [E4948]), V-down = Vertical, progression downwards (for electrodes 3/16 in [5.0 mm] and under, except 5/32 in [4.0 mm] and under for classifications E6018 [E4318], E7014 [E4914], E7015 [E4915], E7016 [E4916], E7018 [E4918], E7018M [E4918M], E7048 [E4948]), OH = Overhead (for electrodes 3/16 in [5.0 mm] and under, except 5/32 in [4.0 mm] and under for classifications E6018 [E4318], E7014 [E4914], E7015 [E4915], E7016 [E4916], E7018 [E4918], E7018M [E4918M], E7048 [E4948]).
- The term "deep" refers to direct current electrode positive (dc, reverse polarity). The term "dcen" refers to direct current electrode negative (dc, straight polarity).
- Electrodes with supplemental elongation, notch toughness, absorbed moisture, and diffusible hydrogen requirements may be further identified as shown in Tables 2, 3, 10, and 11.
- Electrodes of the E6022 [E4322] classification are intended for single-pass welds only.

(10) ISO 544, *Welding consumables—Technical delivery conditions for welding filler materials—Type of product, dimensions, tolerances and markings.*⁴

4. ISO standards can be obtained from American National Standards Institute, 11 W. 42nd Street, New York, NY 10036-8002.

3. Classification

3.1 The welding electrodes covered by the A5.1 specification utilize a system based on U.S. Customary Units to classify the welding electrodes covered according to:

- (1) Type of current (see Table 1)
- (2) Type of covering (see Table 1)
- (3) Welding position (see Table 1)

Table 2
Tension Test Requirements^{a, b, c}

AWS Classification		Tensile Strength		Yield Strength at 0.2% Offset		Elongation Percentage in 4x Diameter Length
A5.1	A5.1M	A5.1 (ksi)	A5.1M (MPa)	A5.1 (ksi)	A5.1M (MPa)	
E6010	E4310	60	430	48	330	22
E6011	E4311	60	430	48	330	22
E6012	E4312	60	430	48	330	17
E6013	E4313	60	430	48	330	17
E6018	E4318	60	430	48	330	22
E6019	E4319	60	430	48	330	22
E6020	E4320	60	430	48	330	22
E6022 ^d	E4322 ^d	60	430	Not Specified		Not Specified
E6027	E4327	60	430	48	330	22
E7014	E4914	70	490	58	400	17
E7015	E4915	70	490	58	400	22
E7016	E4916	70	490	58	400	22
E7018	E4918	70	490	58	400	22
E7024	E4924	70	490	58	400	17 ^e
E7027	E4927	70	490	58	400	22
E7028	E4928	70	490	58	400	22
E7048	E4948	70	490	58	400	22
E7018M	E4918M	Note f	Note f	53–72 ^f	370–500 ^f	24

Notes:

- a. See Table 4 for sizes to be tested.
b. Requirements are in the as-welded condition with aging as specified in 12.2.
c. Single values are minimums.
d. A transverse tension test, as specified in 12.5 and a longitudinal guided bend test, as specified in Section 13 are required.
e. Weld metal from electrodes identified as E7024-1 [E4924-1] shall have elongation of 22% minimum.
f. Tensile strength of this weld metal is a nominal 70 ksi [490 MPa].
g. For 3/32 in [2.4 mm] electrodes, the maximum yield strength shall be 77 ksi [530 MPa].

(4) Mechanical properties of the weld metal in the as-welded or aged condition (see Tables 2 and 3).

3.1M The welding electrodes covered by the A5.1M specification utilize a system based on International System of Units to classify the welding electrodes covered according to:

- (1) Type of current (See Table 1)
- (2) Type of covering (See Table 1)
- (3) Welding Position (See Table 1)

(4) Mechanical properties of the weld metal in the as-welded or aged condition (see Tables 2 and 3).

3.2 Material classified under one classification shall not be classified under any other classification in one specification, although it may be classified under both specifications, except that E7018M [E4918M] may also be classified as E7018 [E4918] provided the electrode meets all of the requirements of both classifications.

4. Acceptance

Acceptance of the welding electrodes shall be in accordance with the provisions of AWS A5.01, *Filler Metal Procurement Guidelines*.

5. Certification

By affixing the AWS specification and classification designations to the packaging, or the classification to the product, the manufacturer certifies that the product meets the requirements of this specification.⁵

⁵ See A4 (in Annex A) for further information concerning certification and the testing called for to meet this requirement.

Table 3
Charpy V-Notch Impact Requirements

AWS Classification		Limits for 3 out of 5 Specimens ^a	
A5.1	A5.1M	Average, Min.	Single Value, Min.
E0010, E0011, E0018 E0027, E7015, E7010 ^b , E7018 ^b , E7027, E7048	E4310, E4311, E4318 E4327, E4015, E4010 ^b , E4018 ^b , E4027, E4048	20 ft-lbf at -20°F [27 J at -30°C]	15 ft-lbf at -20°F [20 J at -30°C]
E0010 E7028	E4310 E4028	20 ft-lbf at 0°F [27 J at -20°C]	15 ft-lbf at 0°F [20 J at -20°C]
E0012, E0013, E0020, E0022, E7014, E7024 ^b	E4312, E4313 E4320, E4322 E4014, E4024 ^b	Not Specified	Not Specified

AWS Classification		Limits for 5 out of 5 Specimens ^c	
A5.1	A5.1M	Average, Min.	Single Value, Min.
E7018M	E4018M	50 ft-lbf at -20°F [67 J at -30°C]	40 ft-lbf at -20°F [54 J at -30°C]

Notes:

- a. Both the highest and lowest test values obtained shall be disregarded in computing the average. Two of these remaining three values shall equal or exceed 20 ft-lbf [27 J].
- b. Electrodes with the following optional supplemental designations shall meet the lower temperature impact requirements specified below:

AWS Classification		Electrode Designation		Charpy V-Notch Impact Requirements, Limits for 3 out of 5 specimens (Refer to Note a above)	
A5.1	A5.1M	A5.1	A5.1M	Average, Min.	Single Value, Min.
E7016 E7018	E4916 E4918	E7016-1 E7018-1	E4916-1 E4918-1	20 ft-lbf at -50°F [27 J at -45°C]	15 ft-lbf at -50°F [20 J at -45°C]
E7024	E4924	E7024-1	E4924-1	20 ft-lbf at 0°F [27 J at -20°C]	15 ft-lbf at 0°F [20 J at -20°C]

- c. All five values obtained shall be used in computing the average. Four of the five values shall equal, or exceed, 50 ft-lbf [67 J].

6. Rounding-Off Procedure

For the purpose of determining conformance with this specification, an observed or calculated value shall be rounded to the nearest 1000 psi for tensile and yield strength for A5.1, or to the nearest 10 MPa for tensile and yield strength for A5.1M and to the nearest unit in the last right-hand place of figures used in expressing the limiting values for other quantities in accordance with the rounding-off method given in ASTM E 29, *Standard Practice for Using Significant Digits in Test Data to Determine Conformance with Specifications*.

Part B

Tests, Procedures, and Requirements

7. Summary of Tests

The tests required for each classification are specified in Table 4. The purpose of these tests is to determine the chemical composition, mechanical properties, and soundness of the weld metal, moisture content of the low-hydrogen electrode covering, and the usability of the electrode. The base metal for the weld test assemblies,

or 5 shall be prepared for analysis by any suitable mechanical means.

10.2 The sample shall be analyzed by accepted analytical methods. The referee method shall be ASTM E 350, *Standard Method for Chemical Analysis of Carbon Steel, Low Alloy Steel, Silicon Electrical Steel, Ingot Iron and Wrought Iron*.

10.3 The results of the analysis shall meet the requirements of Table 7 for the classification of the electrode under test.

11. Radiographic Test

11.1 When required in Table 4, the groove weld described in 9.4.1 and shown in Figure 2 or 5 shall be radiographed to evaluate the soundness of the weld metal. In preparation for radiography, the backing shall be removed, and both surfaces of the weld shall be machined or ground smooth. The finished surface of the weld may be flush with the plate or have a reasonably uniform reinforcement not exceeding 3/32 in [2.5 mm]. Both surfaces

of the test assembly, in the area of the weld, shall be smooth enough to avoid difficulty in interpreting the radiograph.

11.2 The weld shall be radiographed in accordance with ASTM E 142, *Method for Controlling Quality of Radiographic Testing*. The quality level of inspection shall be 2-2T.

11.3 The soundness of the weld metal meets the requirements of this specification if the radiograph shows:

(1) No cracks, no incomplete fusion or incomplete joint penetration

(2) No slag inclusions longer than 1/4 in [6.0 mm] or 1/3 of the thickness of the weld, whichever is greater, or no groups of slag inclusions in line that have an aggregate length greater than the thickness of the weld in a length 12 times the thickness of the weld, except when the distance between the successive inclusions exceeds 6 times the length of the longest inclusions in the group

(3) No rounded indications in excess of those permitted by the radiographic standards in Figure 7 according to the grade specified in Table 8.

Table 7
Chemical Composition Requirements for Weld Metal

AWS Classification			Weight Percent ^b										Combined Limit for Mn + Ni + Cr + Mo + V
A5.1	A5.1M	UNS ^a Number	C	Mn	Si	P	S	Ni	Cr	Mo	V		
B6010	E4310	W06010	0.20	1.20	1.00	N.S.	N.S.	0.30	0.20	0.30	0.08	N.S.	
B6011	E4311	W06011											
B6012	E4312	W06012											
B6013	E4313	W06013											
B6019	E4319	W06019											
B6020	E4320	W06020											
B6027	E4327	W06027											
B6018	E4318	W06018	0.03	0.60	0.40	0.025	0.015	0.30	0.20	0.30	0.08	N.S.	
E7015	E4915	W07015	0.15	1.25	0.90	0.035	0.035	0.30	0.20	0.30	0.08	1.50	
E7016	E4916	W07016	0.15	1.60	0.75	0.035	0.035	0.30	0.20	0.30	0.08	1.75	
E7018	E4918	W07018	0.15	1.60	0.75	0.035	0.035	0.30	0.20	0.30	0.08	1.75	
E7014	E4914	W07014	0.15	1.25	0.90	0.035	0.035	0.30	0.20	0.30	0.08	1.50	
E7024	E4924	W07024	0.15	1.25	0.90	0.035	0.035	0.30	0.20	0.30	0.08	1.50	
E7027	E4927	W07027	0.15	1.60	0.75	0.035	0.035	0.30	0.20	0.30	0.08	1.75	
E7028	E4928	W07028	0.15	1.60	0.90	0.035	0.035	0.30	0.20	0.30	0.08	1.75	
E7048	E4948	W07048											
E7018M	E4918M	W07018	0.12	0.40 to 1.60	0.80	0.030	0.020	0.25	0.15	0.35	0.05	N. S.	


Notes:

a. SAE/ASTM Unified Numbering System for Metals and Alloys.

b. Single values are maximum. N. S. means Not Specified.

ANEXO B: Código de soldadura estructural suplemento sísmico

AWS D1.8/D1.8M:2009
An American National Standard



**Structural
Welding Code—
Seismic
Supplement**



American Welding Society



Approved American National Standard

6. Fabrication

6.1 Welding Procedure Specifications (WPSs)

6.1.1 General. WPSs shall be prequalified, or shall be qualified by test, in accordance with applicable AWS D1.1/D1.1M requirements.

6.1.2 WPS Content. The WPS shall specify all applicable essential variables of AWS D1.1/D1.1M. For Demand Critical welds, the WPS shall additionally list the following essential variables:

- (1) Electrode manufacturer and trade name;
- (2) For FCAW, SAW, and GMAW performed with composite (metal cored) electrodes, WPSs shall list one or more combinations of welding variables that produce heat inputs within the limits of 6.1.3.

6.1.3 Heat Input Limits. Acceptable heat input limits on WPSs for Demand Critical welds shall include the following, at the Contractor's option:

- (1) The heat input range qualified by testing in accordance with Annex A
- (2) The heat input range prescribed in AWS A5.20/A5.20M:2005 Clause 17 for carbon steel FCAW electrodes classified with the supplemental designator "-D"
- (3) The heat input range prescribed in AWS A5.20/A5.20M:2005 Clause 17 for the following filler metals when optionally tested to the requirements of the "-D" supplemental designator:
 - (a) Low alloy FCAW electrodes, classified to AWS A5.29/A5.29M;
 - (b) Carbon steel GMAW composite (metal cored) electrodes, classified to AWS A5.18/A5.18M, and low alloy GMAW composite (metal cored) electrodes, classified to AWS A5.28/A5.28M;
 - (c) Carbon steel SAW electrode/flux combinations, classified to AWS A5.17/A5.17M, and low alloy

SAW electrode/flux combinations, classified to AWS A5.23/A5.23M.

6.2 Welding Processes

6.2.1 Approved Processes for Demand Critical Welds. SMAW, GMAW (except short circuit transfer), FCAW, and SAW may be used to make Demand Critical welds governed by this code. Other processes may be used, provided that one or more of the following criteria is met:

- (1) The process is part of the prequalified connection details, as listed in AISC Seismic Provisions;
- (2) The process is permitted for the connection in AISC 358;
- (3) The process was used to perform a satisfactory connection qualification test in accordance with AISC Seismic Provisions;
- (4) The process is approved by the Engineer.

6.2.2 Air Velocity Limits

6.2.2.1 Gas-Shielded Processes. Welding with the GMAW and FCAW-G processes shall not be performed in winds exceeding 3 mph [5 kph]. Windscreens or shelters may be used to shield the welding operation from excessive wind.

6.2.2.2 Non Gas-Shielded Processes. SMAW, FCAW-S, and SAW may be performed without limitation to air velocity, provided the welds meet the visual acceptance criteria.

6.3 Filler and Weld Metal

All welds governed by this code shall comply with all the requirements of 6.3, except that the requirements of 6.3.5, 6.3.6, 6.3.7, and 6.3.8 shall apply only to Demand Critical welds.

3.13 Requerimientos de Soldadura de Canal CJP

Las soldaduras de canal CJP que pueden utilizarse sin realizar el ensayo de calificación WPS descrito en la sección 4, deben ser como se detalla en la figura 3.4 y están sujetos a las limitaciones descritas en 3.13.1.

3.13.1 Dimensiones de la Junta. Las dimensiones de las soldaduras de canal especificadas en 3.13 pueden variar en el diseño o dibujos de detalle dentro de los límites o tolerancias mostradas en la columna "como se detalla" de la figura 3.4. La tolerancia de ensamble de la figura 3.4 puede aplicarse a la dimensión mostrada en el dibujo de detalle.

3.13.2 Respaldo. Las soldaduras precalificadas CJP de canal hechas de un solo lado, excepto según lo que se permite para estructuras tubulares, deben tener respaldo de acero. Otro respaldo, tal como está listado en 5.10, puede ser utilizado si está calificado en conformidad con la sección 4.

3.13.3 Preparación de Canal de Doble Lado. Los canales en J y U y el otro lado de canales en doble V y doble bisel parcialmente soldados pueden prepararse antes o después del ensamble. Después de remover el refuerzo, el otro lado de las juntas en doble V o doble bisel parcialmente soldadas deberían parecerse a una configuración de juntas precalificadas U o J en la raíz de la junta.

3.13.4 Juntas a Tope Tubulares. Para soldaduras de canal tubulares a las que se les dará un estatus precalificado, deben aplicar las siguientes condiciones:

(1) **WPSs Precalificados.** Donde la soldadura por ambos lados o la soldadura desde un lado con refuerzo sea posible, puede utilizarse cualquier WPS y detalle de canal que esté apropiadamente precalificado en conformidad con la sección 3, a excepción de SAW que es sólo precalificado para diámetros mayores o iguales a 24 pulg. [600 mm]. Los detalles de la junta soldada deben estar en conformidad con la sección 3.

(2) **Detalle de Junta No Precalificado.** No existen detalles de junta no precalificados para soldaduras de canal CJP en juntas a tope hechas desde un lado sin refuerzo (ver 4.13.2).

3.13.5 Conexiones T-, Y- y K- Tubulares. Los detalles para soldaduras de canal CJP soldados desde un lado sin refuerzo en conexiones T-, Y- y K- tubulares utilizadas en tuberías circulares se describen en esta sección. El rango circunferencial aplicable de los detalles A, B, C y D se

Las dimensiones de junta que incluyen ángulos de canal se describen en la tabla 3.6 y en la figura 3.8. Al seleccionar un perfil (compatible con la categoría de fatiga utilizada en el diseño) como función de espesor, deben observarse las directrices de 2.21.6.7. Los perfiles de soldadura alternativos que pueden ser requeridos para secciones más gruesas se describen en la figura 3.9. En ausencia de requerimientos especiales de fatiga, estos perfiles deben ser aplicables a espesores ramales que excedan 5/8 pulg. [16 mm].

Los perfiles de soldadura mejorados que cumplen con los requerimientos de 2.21.6.6 y 2.21.6.7 se describen en la figura 3.10. En ausencia de requerimientos especiales de fatiga, estos perfiles deben ser aplicables a espesores de ramal que excedan 1-1/2 pulg. [38 mm] (no requerido para carga de compresión estática).

Los detalles precalificados para soldaduras de canal CJP en conexiones T-, Y- y K- tubulares que utilizan secciones de cajón, se describen mejor en la figura 3.6. Los detalles previos están sujetos a la limitación de 3.13.4.

NOTA: Ver el Comentario para una guía de ingeniería en la selección de un perfil adecuado.

Las dimensiones de la junta y los ángulos de canal no deben variar de los rangos detallados en la tabla 3.6 y mostrados en la figura 3.6 y de la figura 3.8 a la 3.10. La cara de la raíz de las juntas debe ser cero a menos que esté dimensionada de otra manera. Puede detallarse para exceder el cero o la dimensión específica por no más de 1/16 pulg. [2 mm]. No puede detallarse menos de las dimensiones especificadas.

3.13.5.1 Detalles de la Junta. Los detalles para soldaduras de canal CJP en conexiones T-, Y- y K- tubulares se describen en 3.13.5. Estos detalles son precalificados para SMAW y FCAW. Estos detalles también pueden utilizarse para GMAW-S calificadas en conformidad con 4.13.4.3.

3.14 Tratamiento Térmico Post-Soldadura

El tratamiento térmico post-soldadura (PWHT) debe ser precalificado siempre que sea aprobado por el Ingeniero y se cumpla con las siguientes condiciones.

(1) La resistencia a la fluencia mínima específica del metal base no debe exceder 50 ksi [345 MPa].

ANEXO B-2: Diseño de junta de soldadura

Ver Notas de la Pagina 80

Soldadura de canal cuadrada (1) Junta-T (T) Junta de esquina (C)		Espesor de Base de Metal (U = ilimitado)		Preparación de Canal		Posiciones de Soldar Permisibles	Gas de Protección para FCAW	Notas	
Proceso de Soldadura	Designación de Junta	T ₁	T ₂	Abertura de Raíz	Tolerancias				
					Como Detallado (ver 3.13.1)	Como Ajustado (ver 3.13.1)			
SMAW	TC-L1b	6 max.	U	$R = \frac{T_1}{2}$	+2, -0	+2, -3	Todas	—	d, e, g
GMAW FCAW	TC-L1-GF	10 max.	U	R = 0 a 3	+2, -0	+2, -3	Todas	No requerido	a, d, g
SAW	TC-L1-S	10 max.	U	R = 0	±0	+2, -0	F	—	d, g

Soldadura de canal simple-V (2) Junta a tope (B)		Espesor de Base de Metal (U = ilimitado)		Preparación de Canal		Posiciones de Soldar Permisibles	Gas de Protección para FCAW	Notas
Proceso de Soldadura	Designación de Junta	T ₁	T ₂	Abertura de Raíz	Ángulo de Canal			
						SMAW	B-U2a	U
SMAW	B-U2a	U	—	R = 10	α = 30°	F, V, OH	—	e, j
				R = 12	α = 20°	F, V, OH	—	e, j
				R = 5	α = 30°	F, V, OH	Requerido	a, j
GMAW FCAW	B-U2a-GF	U	—	R = 10	α = 30°	F, V, OH	No req.	a, j
				R = 6	α = 45°	F, V, OH	No req.	a, j
				R = 6	α = 30°	F	—	j
SAW	B-L2a-S	50 max.	—	R = 6	α = 30°	F	—	j
SAW	B-U2-S	U	—	R = 16	α = 20°	F	—	j

Figura 3.4 (Continuación)—Detalles de Juntas de Canal Soldadas Precalificadas como CJP (ver 3.13) (Dimensiones en Milímetros)

ANEXO B-3 Técnicas de soldadura

CLAUSE 6. FABRICATION

AWS D1.8/D1.8M:2009

6.3.1 AWS A5 Specification Properties. Filler metals shall meet the requirements of Table 6.1 as determined from testing in accordance with the applicable AWS A5 specification.

6.3.2 Diffusible Hydrogen Level. All welding electrodes and electrode-flux combinations shall meet the requirements of Table 6.3.

6.3.3 Certification of AWS A5 Specification Properties and Diffusible Hydrogen. The manufacturer's typical Certificate of Conformance shall be considered adequate proof that the supplied electrode or electrode-flux combination meets the requirements of 6.3.1 and 6.3.2. No testing of filler metal samples or of production welds shall be required.

6.3.4 Intermix of FCAW-S Filler Metal. When FCAW-S filler metals are used in combination with filler metals for other processes, including FCAW-G, supplemental notch toughness testing shall be conducted in accordance with one or more of the following:

- (1) Tests as described in Annex B;
- (2) PQR tests that contain intermixed weld metal, wherein CVN test specimens have been taken from the intermixed zone;
- (3) Alternative tests, as approved by the Engineer.

Regardless of the testing method used, the testing shall demonstrate that the acceptance criteria of Annex B are met.

6.3.5 WPS Heat Input Envelope Testing Properties. Filler metals for Demand Critical welds shall provide the mechanical properties in Table 6.2, based upon the WPS Heat Input Envelope Testing prescribed in Annex A, except the following filler metals shall be exempted from the testing required by Annex A when LAST is equal to or greater than +50°F [+10°C]:

- (1) SMAW electrodes classified as E7018, E7018-X, in AWS A5.1/A5.1M, and E7018-C3L, E8018-C3 in AWS A5.5/A5.5M (see 6.3.8.2);
- (2) Solid GMAW electrodes (see 6.3.8.2);
- (3) Carbon steel FCAW electrodes classified with the "-D" designator as described in AWS A5.20/5.20M;
- (4) Low alloy FCAW electrodes, carbon steel and low alloy composite (metal cored) GMAW electrodes, and carbon steel and low alloy electrode/flux SAW combinations that have been optionally tested by the filler metal manufacturer in accordance with AWS A5.20/A5.20M:2005 Clause 17 for the "-D" designator. The test plate for the "-D" testing of SAW filler metals may be per-

formed on a 1 in [25 mm] test plate instead of the 3/4 in [18 mm] test plate mandated by AWS A5.20/A5.20M.

6.3.6 Lowest Anticipated Service Temperature Applications. For Demand Critical welds in applications where the Seismic Force Resisting System is subjected to service temperatures below +50°F [+10°C] following completion of the structure, the minimum CVN of 40 ft-lbf [54 J] as prescribed by 6.3.5 shall be provided at a test temperature not more than 20°F [10°C] above the Lowest Anticipated Service Temperature. The exceptions in 6.3.5 and 6.3.8.2 shall not apply when LAST is less than +50°F [+10°C].

6.3.7 Testing Source. The WPS Heat Input Envelope Testing of Filler Metals, required for Demand Critical welds and described in Annex A, shall be performed by the filler metal manufacturer, by the Contractor, or by a third party acceptable to the Engineer. The Contractor shall be responsible to ensure that this testing has been performed for the filler metals to be used, regardless of the testing source.

6.3.8 Filler Metal Production Lot Control. Each production lot of filler metal used to make Demand Critical welds shall be tested in conformance with the applicable AWS A5 specification filler metal classification tests. In addition to the standard AWS A5 specification testing, high and low heat input testing shall be performed in accordance with either Annex A, or A5.20/A5.20M:2005 Clause 17 for the "-D" designator, at the Contractor's option.

Production lots shall be as defined in AWS A5.01M/A5.01, Procurement Guidelines for Consumables—Welding and Allied Processes—Flux and Gas Shielded Electrical Welding Processes. Production lots shall meet the following requirements:

- (1) Class C3 or C4 for SMAW electrodes
- (2) Class S3 or S4 for solid electrodes for GMAW and SAW
- (3) Class T3 or T4 for FCAW and composite electrodes for GMAW and SAW
- (4) Class F2 for SAW fluxes

6.3.8.1 Alternative to Production Lot Testing. Filler metals produced by manufacturers audited and approved by one or more of the following agencies shall be exempt from production lot testing, provided a minimum of 3 different lots of material, as defined in 6.3.8, for each trade name and diameter to be used in production, are first tested in accordance with Annex A:

- (1) American Bureau of Shipping (ABS)
- (2) Lloyd's Register of Shipping
- (3) American Society of Mechanical Engineers (ASME)

(4) U.S. Department of Defense

(5) A quality assurance program acceptable to the Engineer

To remain exempt from production lot testing, the manufacturer shall perform the test as described in Annex A, on at least one lot of material, at a frequency not to exceed three years, for each trade name and diameter of electrode to be used in production.

6.3.8.2 Exceptions. For LAST greater than or equal to $+50^{\circ}\text{F}$ [$+10^{\circ}\text{C}$], SMAW with E7018, E7018-X, E7018-C3L, and E8018-C3 electrodes, and GMAW solid electrodes shall be exempted from lot testing when the CVN toughness of the weld metal deposited with the electrode equals or exceeds 20 ft-lbs [27 J] at a temperature not exceeding 0°F [-18°C], when tested in accordance with the applicable AWS A5 filler metal specification. The manufacturer's Certificate of Conformance shall be considered sufficient evidence of meeting this requirement.

6.4 FCAW Electrode Packaging, Storage, and Exposure

The following provisions shall be applicable for Demand Critical welds:

6.4.1 Packaging Condition. Electrodes shall be provided in protective packaging that limits the ability of the electrode to absorb moisture. When removed from the packaging, the electrode shall be capable of depositing weld metal with a maximum diffusible hydrogen content not to exceed the limits of 6.3.2. Electrode from packaging that has been punctured or torn shall be dried in accordance with the electrode manufacturer's recommendations, or shall not be used for Demand Critical welds.

6.4.2 Modification of Electrodes. Modification or lubrication of the electrode after manufacture is prohibited, except that drying is permitted as recommended by the manufacturer.

6.4.3 Exposure Time Limits for FCAW electrodes. After removal from protective packaging, the permissible atmospheric exposure time of FCAW electrodes shall be limited as follows:

(1) Exposure shall not exceed the electrode manufacturer's guidelines, when the guidelines are based upon electrode exposure tests conducted in accordance with Annex E.

(2) In the absence of test data required in (1), the electrode may be tested in accordance with Annex E, and

the results of such tests used as the basis for the exposure limits.

(3) In the absence of test data required by (1) or (2), the total accumulated exposure time for FCAW electrodes shall not exceed 72 hours. Storage time in a protective package or cabinet shall not be included in the accumulated exposure time.

6.4.4 Overexposed FCAW Electrode. Electrodes that have been exposed to the atmosphere for periods that exceed the limits of 6.4.3 shall be dried in accordance with the electrode manufacturer's recommendations, or shall not be used for Demand Critical welds. The electrode manufacturer's recommendations shall include time, temperature, and number of drying cycles permitted.

6.5 Maximum Interpass Temperature

6.5.1 Standard Maximum Interpass Temperature. The maximum interpass temperature shall not exceed 550°F [300°C], unless an alternate value is qualified in accordance with 6.5.2. The maximum interpass temperature shall be measured at a distance of 1 in to 3 in [25 mm to 75 mm] from the joint.

6.5.2 Alternative Maximum Interpass Temperature. The temperature limit of 6.5.1 may be increased by qualification testing. The qualification testing shall be performed in accordance with AWS D1.1/D1.1M. The maximum heat input to be used in production shall be used in the qualification testing. The qualified maximum interpass temperature shall be the lowest interpass temperature used for any pass during qualification testing. The weld metal and HAZ shall be tested. The weld metal shall meet all the mechanical properties required by 6.3.1 and 6.3.5, as applicable. The HAZ CVN toughness shall be tested in accordance with AWS D1.1/D1.1M Clause 4, Qualification, and shall meet a minimum requirement of 20 ft-lbf [27 J] at 70°F [20°C] with specimens taken at both 1 mm and 5 mm from the fusion line. The steel used for the qualification testing shall be of the same type and grade as will be used in production.

6.6 Tack Welds to Steel Backing in the Protected Zone

Tack welds between backing and the beam flange outside the weld joint shall be prohibited. Tack welds that attach steel backing to groove welds in the Protected Zone shall be placed within the weld joint, when practicable, with the following exception: steel backing may be tack welded to columns for beam to column welds.

6.7 Removal of Backing and Weld Root Treatment

When fusible (steel) backing is required to be removed, removal shall be by air carbon arc cutting (CAC-A), plasma arc gouging (PAC-G), grinding, chipping, or thermal cutting. The process shall be controlled to minimize errant gouging. After backing removal (both for steel and nonfusible backing), the weld root shall be backgouged to sound metal. Backgouged joints shall be filled with weld metal, as necessary, to achieve at least a flush condition. The weld shall be deposited in accordance with an applicable WPS. Gouges that remain after any backwelding or fillet welding is performed shall be repaired. Notches and gouges not greater than 1/16 in [1.5 mm] deep shall be faired to a slope not greater than 1:5. Deeper notches shall be repaired by welding in accordance with an applicable WPS.

6.8 Reinforcing Fillet Welds at Removed Weld Backing Locations

When reinforcing fillet welds are required at locations where steel backing has been removed, the minimum size shall be 5/16 in [8 mm]. The leg of the fillet adjacent to the beam flange shall be such that the fillet toe is located on base metal, except that if the weld root and base metal is ground smooth after removal of backing, the fillet need not extend to the base metal (see Figure 6.1).

6.9 Fillet Welds at Left-in-Place Steel Backing

6.9.1 Minimum Fillet Weld Size. When a fillet weld is required between the left-in-place steel backing and the column, the minimum size shall be 5/16 in [8 mm].

6.9.2 Prohibited Welds on Left-in-Place Steel Backing. Steel backing at beam flange to column flange joints shall not be welded to the underside of the beam flange. Tack welds shall not be permitted in this area.

6.9.3 Correction of Errors. If fillet welds or tack welds are placed between the backing and the beam flange in error, they shall be repaired as follows:

(1) The weld shall be removed such that the fillet weld or tack weld no longer attaches the backing to the beam flange.

(2) The surface of the beam flange shall be ground flush and shall be free of defects.

(3) Any gouges or notches shall be repaired in accordance with 6.15.4.

6.10 Weld Access Holes

Weld access holes for all Demand Critical welds shall conform to the following:

6.10.1 Shape

6.10.1.1 Standard AWS D1.1/D1.1M Geometry. Unless otherwise specified in Contract Documents, all weld access holes shall meet the dimensions and tolerances of AWS D1.1/D1.1M or AISC 360. At the option of the Contractor, the geometry of 6.10.1.2 may be substituted for the 6.10.1.1 geometry.

6.10.1.2 Alternate Geometry. When required by Contract Documents, the weld access hole dimensions and tolerances, and geometry shall comply with Figure 6.2.

6.10.1.3 Special Geometry. When a special geometry is required by Contract Documents, the weld access hole geometry shall comply with those dimensions and tolerances specified.

6.10.2 Quality Requirements for Weld Access Holes

6.10.2.1 Surface Roughness. Except for access holes using AWS D1.1/D1.1M standard geometry, or when otherwise specified by the Engineer, the weld access hole finish shall have a surface roughness of not more than 500 μin [13 μm]. AWS C4.1, *Criteria for Describing Oxygen-Cut Surfaces, and Oxygen Cutting Surface Roughness Gauge*, Sample 4, may be used as a guide for evaluating surface roughness of these surfaces.

6.10.2.2 Notches and Gouges. Notches or gouges in the weld access hole, including those from thermal cutting and misaligned saw cuts, shall be removed by grinding, faired to a slope of not more than 1:5 against a straight cut surface, or to a radius of not less than 3/8 in [10 mm] if in the curved portion of the cut surface. The depth of notches and gouges that may be repaired by grinding is not limited, provided the final shape of the weld access hole meets the required dimensions, tolerances, and profiles.

6.10.2.3 Repair of Notches by Welding. Notches deeper than those that can be repaired by grinding (as defined in 6.10.2.2) may be repaired by welding. Prior to welding, the notch or gouge shall be ground to provide a smooth contour with a radius not less than 1/4 in [6 mm]. The repair area shall be preheated to a temperature of not less than 150°F [65°C]. A written repair WPS for this application shall be followed. Following completion of

welding, the area shall be ground, and the overall area made smooth and flush to meet the contour and finish requirements for the access hole, with fairing of the welded surface to adjoining surfaces.

6.11 Weld Tabs

6.11.1 Minimum Weld Tab Length. Where practicable, weld tabs shall extend a minimum of 1 in [25 mm] or the thickness of the part, whichever is greater, beyond the edge of the joint. Weld tab length need not exceed 2 in [50 mm]. Where there is inadequate access for weld tabs, such as with closely spaced pieces or pieces intersecting at acute angles, weld ends may be cascaded for approximately one weld size.

6.11.2 Tack Welds Attaching Weld Tabs. Tack welds attaching weld tabs in the Protected Zone shall be made within the joint, and shall meet the requirements of 6.16.

6.11.3 Weld Tab Removal—General. When weld tabs are required by Contract Documents to be removed, weld tabs shall be removed and the end of the weld finished. Removal shall be by air carbon arc cutting (CAC-A), grinding, chipping, or thermal cutting. The process shall be controlled to minimize errant gouging. The edges where weld tabs have been removed shall have a surface roughness of not more than 500 μin [13 μm]. AWS C4.1, *Criteria for Describing Oxygen-Cut Surfaces, and Oxygen Cutting Surface Roughness Gauge*, Sample 4, may be used as a guide for evaluating surface roughness of these surfaces. Grinding to a flush condition is not required. The contour of the weld shall provide a smooth transition, free of notches and sharp corners. At T-joints, a minimum radius in the corner need not be provided. The weld end shall be free of defects. Defects not greater than 1/16 in [1.5 mm] deep shall be removed by grinding and faired to a slope not greater than 1:5. Other defects shall be excavated and repaired by welding in accordance with an applicable WPS (see Figure 6.3).

6.11.4 Weld Tabs for Continuity Plates. Weld tabs for continuity plates shall not be used at the end of the weld adjacent to the column web-to-flange juncture, except when permitted or required by the Engineer. Unless specified to be removed by the Engineer, weld tabs shall not be removed when used in this location.

6.12 End Dams

6.12.1 Material. End dams may be metallic or nonmetallic.

6.12.2 Placement. End dams shall not be placed at either end of the weld joint, except as follows: end dams may be placed at the outboard ends of the weld tabs, provided

the weld tabs are removed upon completion of the weld (see Figure 6.4).

6.13 Welder Identification

The Contractor shall establish and implement a means by which the welder(s) welding on each joint can be identified and associated with the specific joint. Stamps, if used, shall be the low-stress type.

6.14 Bottom Flange Welding Sequence

Complete joint penetration groove welds of beam bottom flanges to column flanges, or to continuity plates, using weld access holes shall be sequenced as follows:

- (1) As far as is practicable, starts and stops shall not be directly under the beam web.
- (2) Each layer shall be completed across the full width of the flange before beginning the next layer.
- (3) For each layer, the weld starts and stops shall be on the opposite side of the beam web, as compared to the previous layer.

6.15 Protected Zone

6.15.1 Attachments and Welds. Welded attachments, including stud welds and fasteners for the connection of other materials, shall be prohibited within the Protected Zone. Arc spot welds (puddle welds) for the attachment of metal decking shall be permitted in the Protected Zone.

6.15.2 Erection Aids. If erection aids are required to be attached within the Protected Zone, the Contractor shall obtain the Engineer's approval for the use of such attachments.

6.15.3 Removal of Welds in Protected Zone. When welds in the Protected Zone are required to be removed, removal shall be by air carbon arc cutting (CAC-A), grinding, chipping, or thermal cutting. The process shall be controlled to minimize errant gouging. After removal, the area shall be ground smooth and free of defects.

6.15.4 Repair of Gouges and Notches. Gouges and notches in the Protected Zone shall be repaired as follows:

6.15.4.1 Grinding. When gouges and notches are repaired by grinding, the ground area shall provide a gradual taper to the surface of the base metal. In the

direction parallel to the member axis, the taper shall not be greater than 1:5. In the direction transverse to the member axis, the taper shall not be greater than 1:2.5.

6.15.4.2 Repair Welding of Gouges and Notches.

When repairs require welding, the notch or gouge shall be removed and ground to provide a smooth radius of not less than 1/4 in [6 mm] in preparation for welding. Welding shall be done in accordance an applicable WPS. Preheat shall be in accordance with AWS D1.1/D1.1M, but shall not be less than 150°F [65°C]. Electrodes shall comply with 6.3. Following welding, the repair weld shall be ground to a smooth contour with a surface roughness not to exceed 500 µin [13 µm]. AWS C4.1, *Criteria for Describing Oxygen-Cut Surfaces, and Oxygen Cutting Surface Roughness Gauge*, Sample 4, may be used as a guide for evaluating surface roughness of these surfaces. After repair, the area shall be inspected using magnetic particle testing (MT). The resultant thickness of the repaired area shall be no less than the base metal thickness less 1/16 in [1.5 mm].

6.15.4.3 Engineer Approval. Where repairs require the Engineer’s approval, complete instructions and procedures shall be developed by the Contractor and approved by the Engineer before repairs are made.

6.16 Tack Welding Requirements

6.16.1 Preheat. Preheat for all tack welds shall be as required by the WPS.

6.16.2 Placement of Tack Welds. In the Protected Zone, unless specifically required or permitted by the Engineer and shown on detail drawings, tack welds shall be prohibited outside the weld joint.

6.16.3 Removal of Improperly Placed Tack Welds. Improperly placed tack welds shall be removed by grinding. Gouges or notches shall be repaired in accordance with 6.15.4.

Table A.1
Heat Input Envelope Testing—Heat Input, Preheat, and Interpass Temperatures

	Suggested Heat Input	Maximum Preheat Temperature	Maximum Interpass Temperature
Low Heat Input Test	30 kJ/in [1.2 kJ/mm]	120°F [40°C]	250°F [120°C]
	Suggested Heat Input	Minimum Preheat Temperature ^a	Minimum Interpass Temperature ^a
High Heat Input Test	80 kJ/in [3.1 kJ/mm]	250°F [120°C]	450°F [240°C]

^a For the high heat input test, the test plate shall be heated to the minimum preheat, and then welding shall begin. Welding shall continue without substantial, deliberate interruption until the minimum interpass temperature is obtained. After the test plate has been heated to the minimum interpass temperature, all subsequent weld passes shall be made at a temperature not less than the minimum interpass temperature. Should the test plate temperature fall below the minimum interpass temperature for any reason, the test plate shall be heated to a temperature not less than the minimum interpass temperature before welding resumes. If the required interpass temperature is not achieved prior to interruption of the welding operations, welding shall not resume until the test assembly has been heated to the prescribed minimum interpass temperature.

ANEXO B-4: Requisitos del metal de aporte

AWS D1.8/D1.8M:2009

Table 6.1
Filler Metal Classification Properties

Property	70 ksi [480 MPa] Classification	80 ksi [550 MPa] Classification
Yield Strength, ksi [MPa]	58 [400] min.	68 [470] min.
Tensile Strength, ksi [MPa]	70 [480] min.	80 [550] min.
Elongation (%)	22 min.	19 min.
CVN Toughness, ft-lbf [J] ²	20 [27] min. @ 0°F [-18°C]	20 [27] min. @ 0°F [-18°C]

² Filler metals classified as meeting 20 ft-lbf [27 J] min. at a temperature lower than 0°F [-18°C] also meet this requirement.

Table 6.2
Mechanical Properties for Demand Critical Welds

Property	70 ksi [480 MPa] Classification	80 ksi [550 MPa] Classification
Yield Strength, ksi [MPa]	58 [400] min.	68 [470] min.
Tensile Strength, ksi [MPa]	70 [480] min.	80 [550] min.
Elongation (%)	22 min.	19 min.
CVN Toughness, ft-lbf [J] ^{2,3}	40 [54] min. @ 70°F [20°C]	40 [54] min. @ 70°F [20°C]

² For LAST of +50°F [+10°C]. For LAST less than +50°F [+10°C], see 6.3.6.

³ Tests conducted in accordance to Annex A meeting 40 ft-lbf [54 J] min. at a temperature lower than +70°F [+20°C] also meet this requirement.

Table 6.3
Diffusible Hydrogen Testing Requirements

Process	Filler Metal Specification	Filler Metal Type	Standard Test	Optional Test ^e
SMAW	A5.1/A5.1M	Carbon Steel	Moisture Content per AWS A5.1	H16 per AWS A4.3 ^a
	A5.5/A5.5M	Low Alloy	Moisture Content per AWS A5.5	
GMAW—solid electrode	A5.18/A5.18M	Carbon Steel	Exempt ^d	
	A5.28/A5.28M	Low Alloy	Exempt ^d	
GMAW— composite (metal cored) electrode	A5.18/A5.18M	Carbon Steel	H16 per AWS A4.3 ^a	None
	A5.28/A5.28M	Low Alloy	H16 per AWS A4.3 ^a	None
FCAW	A5.20/A5.20M	Carbon Steel	H16 per AWS A5.20 ^b	None
	A5.29/A5.29M	Low Alloy	H16 per AWS A5.29 ^c	None
SAW	A5.17/A5.17M	Carbon Steel	H16 per AWS A4.3 ^a	None
	A5.23/A5.23M	Low Alloy	H16 per AWS A4.3 ^a	None
EGW with solid electrodes	A5.26/A5.26M	Carbon Steel and Low Alloy	Exempt ^d	
EGW with composite electrodes	A5.26/A5.26M	Carbon Steel and Low Alloy	As agreed upon between the Contractor and the Engineer.	None
ESW	A5.25/A5.25M	Carbon Steel and Low Alloy	As agreed upon between the Contractor and the Engineer.	None

^a AWS A4.3 refers to AWS A4.3-93, *Standard Methods for Determination of the Diffusible Hydrogen Content of Martensitic, Bainitic, and Ferritic Steel Weld Metal Produced by Arc Welding*.

^b A5.20 refers to AWS A5.20/A5.20M:2005, *Specification for Carbon Steel Electrodes for Flux Cored Arc Welding*, Clause 16.

^c A5.29 refers to AWS A5.29/A5.29M:2005, *Specification for Low-Alloy Steel Electrodes for Flux Cored Arc Welding*, Clause 15.

^d These filler metals are exempt from any measurement to determine hydrogen content.

^e These optional tests may be used in lieu of the standard tests, at the option of the Contractor.

Annex A (Normative)

WPS Heat Input Envelope Testing of Filler Metals for Demand Critical Welds

This annex is part of AWS D1.8/D1.8M:2009, *Structural Welding Code—Seismic Supplement*, and includes mandatory elements for use with this standard.

A1. Purpose

This annex provides testing procedures used to determine the suitability of filler metals to be used in producing Demand Critical welds in accordance with this code. These procedures are intended to assure that welds deposited with filler metals tested in accordance with these procedures will be capable of providing welded joints with the required strength, ductility, and notch toughness at the anticipated service temperatures, for the range of heat input rates that may be experienced under the production WPS.

A2. Testing Procedure

Two test plates shall be used. One test plate ("high heat input test") shall be welded using a computed heat input level no less than the maximum level that will be used in production. A second test plate ("low heat input test") shall be welded using a computed heat input level no greater than the minimum level that will be used in production. Table A. 1 provides suggested high and low heat input limits. Heat input tests may be performed at higher or lower levels of heat input than those provided for in Table A.1.

A3. Preheat and Interpass Temperature

The preheat and interpass temperatures of Table A.1 shall apply to all low and high heat input testing.

A4. Test Plate Details

Two test plates shall be required, one for each heat input level. The test plate shall be as shown in Figure A.1. Plates for qualification of E70 filler metals shall conform either to ASTM A 36, A 572 Grade 50, or A 992. Plates for qualification of E80 filler metals shall conform to either ASTM A 36, A 572 Grade 50, ASTM A 572 Grade 65, or A 913 Grade 65, at the Contractor's option. Steel backing shall be of one of the five specifications and grades listed above, but need not be the same as the base material used for the qualification test plates.

A5. Welding of Test Plate

The Heat Envelope Test Plate shall be prepared as prescribed in Figure A.1.

A5.1 Preheat and Interpass Temperature. The test assembly shall be heated, when required, to the specified preheat temperature, measured at a location 1 in [25 mm] from the center of the groove at the location shown in Figure A.1. The interpass temperature shall be measured before each weld pass is made. When the maximum interpass temperature prescribed in Table A.1 is exceeded, the test plate shall be allowed to cool until the prescribed temperature is achieved. The interpass temperature shall be maintained for the remainder of the welding. Should it be necessary to interrupt welding, the assembly shall be heated, if necessary, to the prescribed interpass temperature before welding is resumed.

A5.2 Heat Input. The test plate shall be welded with a combination of variables that will generate the desired high or low level of heat input. The test plate shall be completed such that the computed heat input value for each weld pass does not vary from the desired heat input level by more than $\pm 20\%$.

A5.3 Warpage. A completed test plate that is warped more than 5° from flat shall be discarded. Welded test assemblies shall not be straightened.

A5.4 Thermal Treatment. No thermal treatment of weldment or test specimens is permitted, except that machined tensile test specimens may be aged at 200°F to 220°F [95°C to 105°C] for up to 48 hours, then cooled to room temperature, before testing.

A6. Test Specimens Required

The test specimens shall be as shown in Figure A.1. Test specimens shall include, for each test plate, five CVN test specimens and one all-weld-metal tensile specimen.

All test specimens shall be taken near the centerline of the weld at the mid-thickness location, in order to minimize dilution effects. Specimens shall be prepared in accordance with the latest edition of AWS B4.0, *Standard Methods for Mechanical Testing of Welds*.

A7. Acceptance Criteria

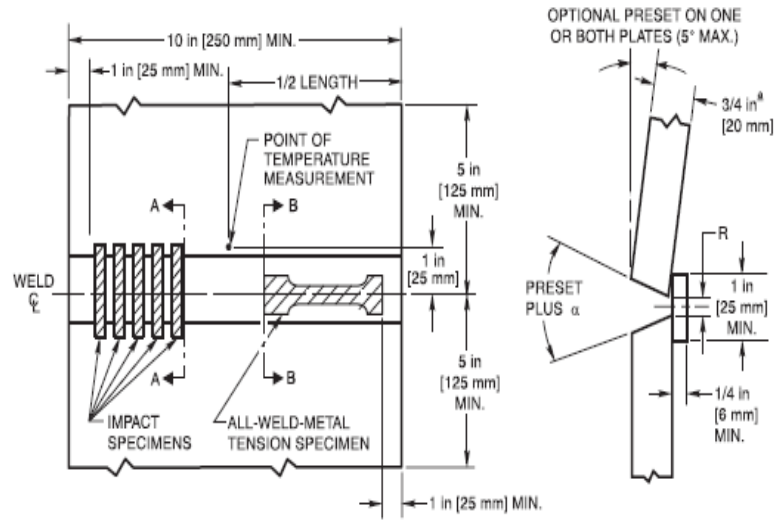
A7.1 Strength and Ductility Requirements. The all-weld-metal tensile test specimens shall meet strength and ductility requirements as prescribed in Table A.2, as applicable.

A7.2 CVN Toughness Requirements. The lowest and highest values obtained from the five test specimens from each test plate shall be disregarded. Two of the remaining three values shall equal or exceed the specified CVN toughness of 40 ft-lbf [54 J] energy level at the testing temperature. One of the three may be lower, but not lower than 30 ft-lbf [40 J]. The average of the three shall not be less than the requirements of Table A.2.

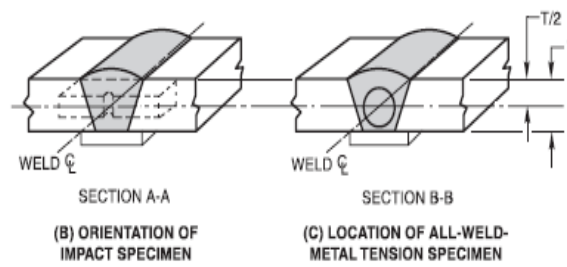
ANEXO B-6: Muestras de probetas requeridas.

ANNEX A

AWS D1.8/D1.8M:2009



(A) TEST PLATE SHOWING LOCATION OF TEST SPECIMENS

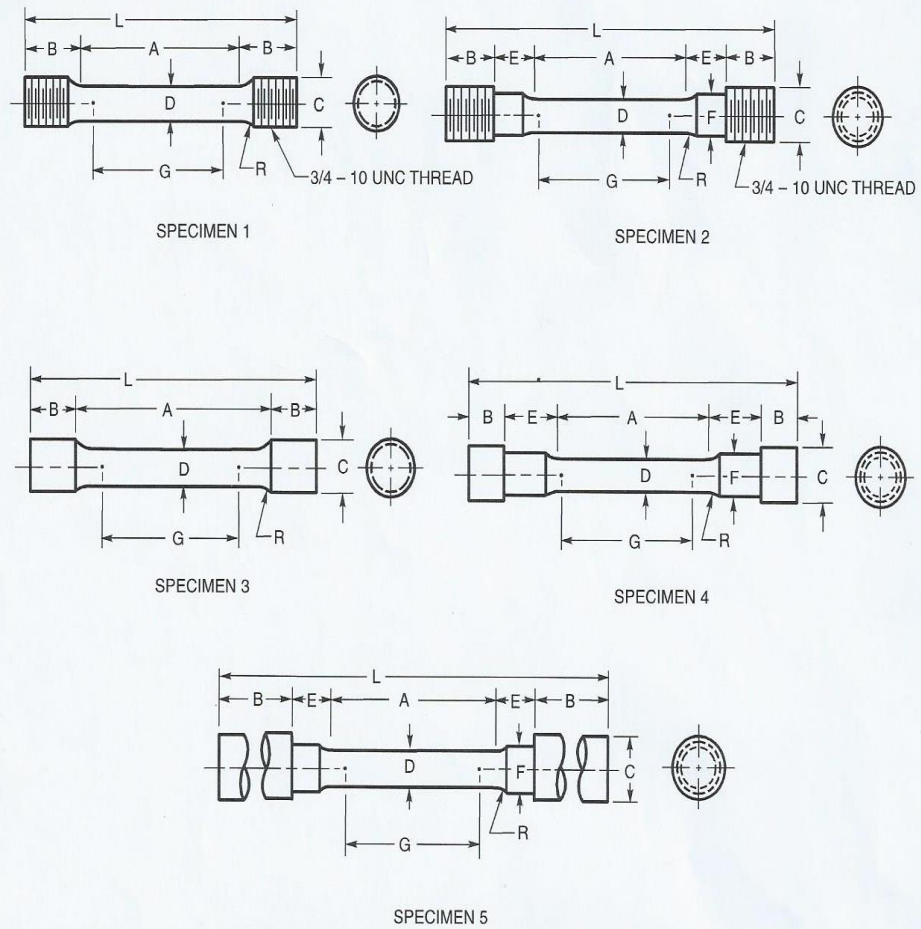


(B) ORIENTATION OF IMPACT SPECIMEN

(C) LOCATION OF ALL-WELD-METAL TENSION SPECIMEN

*For SAW, test plate thickness may be 1 in [25 mm].

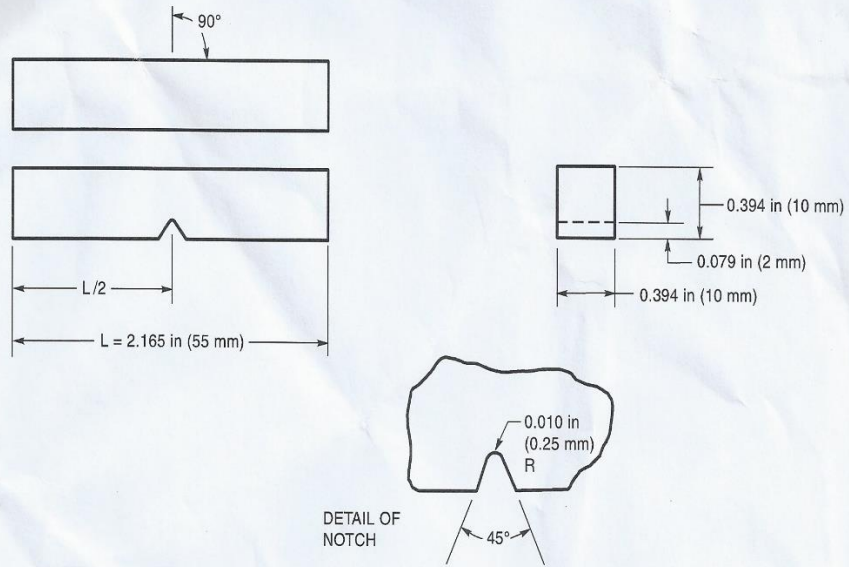
Figure A.1—Heat Input Envelope Test Plate (see A4, A5.1, A6)



Licensed by AWS to Centro de Fomento Productivo and Esteban López /
 Order # 186407 / Downloaded: 12/27/2018 11:43:46 AM /
 Single-user license only, copying and networking prohibited. /

	Dimensions				
	Specimen 1 in (mm)	Specimen 2 in (mm)	Specimen 3 in (mm)	Specimen 4 in (mm)	Specimen 5 in (mm)
G — gage length	2.000 ± 0.005 (50 ± 0.127)	2.000 ± 0.005 (50 ± 0.127)	2.000 ± 0.005 (50 ± 0.127)	2.000 ± 0.005 (50 ± 0.127)	2.000 ± 0.005 (50 ± 0.127)
D — diameter (Note 1)	0.500 ± 0.010 (13 ± 0.254)	0.500 ± 0.010 (13 ± 0.254)	0.500 ± 0.010 (13 ± 0.254)	0.500 ± 0.010 (13 ± 0.254)	0.500 ± 0.010 (13 ± 0.254)
R — radius of fillet, min.	3/8 (10)	3/8 (10)	1/16 (1.6)	3/8 (10)	3/8 (10)
A — length of reduced section (Note 2)	2-1/4 (56) min.	2-1/4 (56) min.	4 (101) approx.	2-1/4 (56) min.	2-1/4 (56) min.
L — over-all length approx.	5 (126)	5-1/2 (139)	5-1/2 (139)	4-3/4 (120)	9-1/2 (241)
B — length of end section	1-3/8 (35) approx.	1 (25) approx.	3/4 (19) approx.	1/2 (13) approx.	3 (76) min.
C — diameter of end section	3/4 (19)	3/4 (19)	23/32 (18)	7/8 (22)	3/4 (19)
E — length of shoulder and fillet section, approx.	—	5/8 (16)	—	3/4 (19)	5/8 (16)
F — diameter of shoulder	—	5/8 (16)	—	5/8 (16)	19/32 (15)

Figure 4.1 (Continued)—Round Tensile Specimens



NOTE—Dimensional Tolerances shall be as follows:

Notch length to edge	$90^\circ \pm 2^\circ$
Adjacent sides shall be at	$90^\circ \pm 10$ minutes
Cross section dimensions	± 0.003 in (0.076 mm)
Length of specimen (L)	$+0, -0.100$ in (+0, -2.5 mm)
Centering of notch ($L/2$)	± 0.039 in (1 mm)
Angle of notch	$\pm 1^\circ$
Radius of notch	± 0.001 in (0.025 mm)
Notch depth	± 0.001 in (0.025 mm)
Finish requirements	63 microinches (1.5 micrometers) R_a on notched surface and opposite face; 125 microinches (3 micrometers) R_a on other two surfaces

Figure 7.1—Charpy V-Notch Impact Specimen

Licensed by AWS to Centro de Fomento Productivo and Esteban López /
 Order # 186407 / Downloaded: 12/27/2018 11:43:46 AM /
 Single-user license only, copying and networking prohibited. /

ANEXO C-1: Especificaciones de soldadura.

WPS CP-002 - PLACA								
NOMBRE COMPAÑÍA:		EPN		N° IDENTIFICACIÓN:		CP-002		
PQR N°:		CP-002		FECHA:		29/05/2012		
SEGÚN NORMA:		AWS A5.1/A5.1M:2004		REALIZADO POR:		Piaún Cabrera		
ARTÍCULO I. JUNTA UTILIZADA		ARTÍCULO II. TÉCNICA DE SOLDADURA						
Tipo de Junta:		Junta a tope		Proceso de soldadura: SMAW				
Abertura de raíz:		6mm (+0.5, - 0.0mm)		Tipo de soldadura:				
Talón:		N/A		Manual: <input checked="" type="checkbox"/> Semiautomática: <input type="checkbox"/> Automática: <input type="checkbox"/>				
Ángulo de ranura:		20° (+ 5°, - 0°)		Soldadura a: Un lado: <input checked="" type="checkbox"/> Dos lados: <input type="checkbox"/>				
Placa de respaldo:		Sí: <input checked="" type="checkbox"/> No: <input type="checkbox"/>		Cordón de respaldo: Sí: <input type="checkbox"/> No: <input checked="" type="checkbox"/>				
Preparar bisel:		Sí: <input checked="" type="checkbox"/> No: <input type="checkbox"/>		Limpieza:				
Método:		Oxicorte, amolado o biselado		Pase raíz: Amoladora				
ARTÍCULO III. METAL BASE		ARTÍCULO V. POSICIÓN DE SOLDADURA						
Especificación:		ASTMA36		Posición de soldadura: 1G				
Espesor:		12 mm		Progresión:				
Longitud:		356mm		Técnica: Un pase: <input type="checkbox"/> Varios pases: <input checked="" type="checkbox"/>				
ARTÍCULO IV. METAL DE APORTE		ARTÍCULO VI. NOTAS						
Diámetro:		3.2 mm		Precalentamiento: 105°C mínimo				
Denominación AWS:		E 7018		Tiempo entre pases: 105°C - 175°C				
Casa comercial:		INDURA		ARTÍCULO VI. NOTAS				
Denominación comercial:		E7018-RH		Verificar alineación de la junta				
				Asegurar limpieza de las partes				
DETALLE DE LA JUNTA								
N° DE PASE	METAL DE APORTE		CORRIENTE		TENSIÓN DE TRABAJO (VOLTIOS)	VEL. DE AVANCE (mm/min)	TÉCNICA DE SOLDADURA	
	Clase	Diámetro (mm)	Tipo y polaridad	Intensidad (Amperios)			Oscilado	Recto
1	E 7018	3.2	DC+	130-140	20-24	172- 210		x
2	E 7018	3.2	DC+	130-140	20-24	172- 210		x
3-n	E 7018	3.2	DC+	130-140	20-24	172- 210		x

ANEXO C-2: Características del electrodo de acero al carbono E7018-AR Indura

INDURA 7018-AR	<i>Clasificación AWS: E-7018 / E-4918</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Electrodo para acero al carbono • Revestimiento bajo hidrógeno con hierro en polvo. Color gris 	<ul style="list-style-type: none"> • Toda posición • Corriente continua, electrodo positivo

Descripción

Electrodo de bajo contenido de hidrógeno.

Se caracteriza por depósitos de calidad radiográfica, arco fácil de establecer, excelentes características operativas, fácil desprendimiento de escoria y excelente presentación.

Usos

Se recomienda para trabajos donde se requiera una alta calidad radiográfica.

Aplicaciones típicas

- Construcción
- Reparación de buques
- Plataformas petroleras
- Cañerías, etc.

Procedimiento para soldar

Para soldaduras de filetes horizontales y trabajo de soldadura en sentido vertical descendente, debe usarse un arco corto. No se recomienda la técnica de arrastre.

En soldadura en posición sobrecabeza debe usarse un arco corto con ligero movimiento oscilatorio en la dirección de avance.

Debe evitarse la oscilación brusca del electrodo. Para mayores detalles ver página 33. Observe las recomendaciones para almacenaje de los electrodos, página 20.

Composición química (típica) del metal depositado:				
C 0,09%; Mn 1,05%; Si 0,55%; P 0,020%; S 0,015%				
Características típicas del metal depositado (según norma AWS: A5.1/A5.1M-04):				
Resultados de pruebas de tracción con probetas de metal de aporte	Requerimientos	Energía Absorbida Ch-v	Requerimientos	
Resistencia a la tracción : 572 MPa Límite de fluencia : 475 MPa Alargamiento en 50 mm : 31%	490 MPa 400 MPa 22%	135J a -30°C	27J a -30°C	
Amperajes recomendados:				
Diámetro mm	Longitud mm	Amperaje		Electrodos x kg aprox.
		mín.	máx.	
2,4	300	60	110	52
3,2	350	100	160	26
4,0	350	130	210	19
4,8	350	190	280	14

ANEXO C-3: Características del electrodo de acero al carbono E7018-SR Indura



INDURA
Tecnología a su Servicio

INDURA 7018-SR

Rev.01-010412



- Electrodo manual para aceros al carbono.
- Diseñado para soldaduras en estructuras anti-sísmicas.
- Revestimiento potásico bajo hidrógeno con hierro en polvo.
- Corriente continua-electrodo positivo.
- Revestimiento gris.

Clasificación:

DIN 1913 E 51 54 B(R)10	ASME IIC SFA 5.1/AWS A5.1 E 7018 / E4918
-----------------------------------	--

Características y Campos de usos:

- Electrodo de bajo contenido de hidrógeno.
- Diseñado para soldaduras críticas bajo la normativa anti-sísmica AWS D1.8
- Elevada resistencia al Impacto
- Aplicaciones típicas: Estructuras de Acero. Uniones Viga – Columna, Uniones Críticas en sistema de cargas sísmicas.

Análisis Típico del metal depositado (% en peso)

C, %	Mn, %	Si, %	P, %	S, %	Cr %	Ni %	Mo %
0.06	1,49	0.738	0.009	0.010	0.044	0.042	0.013

Propiedades Mecánicas Típicas del Metal Depositado

Tratamiento Térmico	Esf. Fluencia en 0.2%, MPa	Esf. Máx. de Tracción, MPa	Elongación (L=4d), %	E. Absorbida Ch-v
S/T.T	448	534	32	180J a 20°C


Parámetros de Soldadura y Datos

Diámetro, mm	2.4	3.2	4.0	4.8
Longitud, mm	350	350	350	350
Int. de Corr., A	70 - 120	120 - 150	140 - 200	200 - 275
Nº elect/Kg	55	28	20	14

Secado

Reacondicionar a 250°C por 2 horas, mantener electrodos en estufas (100°C)



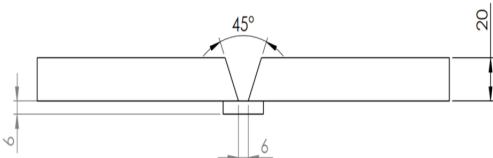
Posición de Soldadura





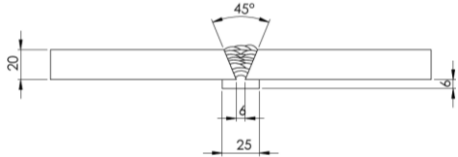
CCEP

ANEXO C-5: WPS Y PQR del procedimiento de soldadura para el electrodo E7018-SR de diámetro 3/32" con temperatura baja de precalentamiento.

WPS:

		<p align="center">UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTADA DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</p>							
WPS ESPECIFICACION DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA									
Institución: U.T.A. Realizado por: Eduardo Ronquillo Fecha: 22/05/2019			WPS No: T-WPS-2019-01 PQR de soporte No: T-PQR-2019-01 Código: AWS D1.8 SUPLEMENTO SISMICO						
Proceso de soldadura: MANUAL <input checked="" type="checkbox"/> SEMIAUTOMATICO AUTOMATICO SMAW <input checked="" type="checkbox"/> GMAW SAW FCAW GTAW OTROS									
Soldador: Cesar Chicaiza por: Ing. Oscar Analuiza			Autorizado TRATAMIENTO TÉRMICO POST SOLDADURA Temperatura: NO APLICA Tiempo: NO APLICA						
DISEÑO DE UNIÓN Tipo de unión: A tope, ranura en V Simple <input checked="" type="checkbox"/> Respaldo: SI <input checked="" type="checkbox"/> NO Apertura de Raíz: <input checked="" type="checkbox"/> 6 mm +2-0 Longitud de cara de raíz: 0 mm Angulo de ranura: 45° +10-0 Limpieza de raíz: SI:(X) NO: Método: Esmeril			POSICIÓN Ranura: 1G Filete: Plancha: <input checked="" type="checkbox"/> Tubería: PRECALENTAMIENTO Temperatura de precalentamiento: 40 °C Max Temperatura de interface: 120 °C Max						
METAL BASE MB1 Grupo: 1 Especificación de Acero: ASTM A 36 Grado: ---- Espesor de la plancha: 20mm Diámetro (Tubería): -			POSTCALENTAMIENTO Temperatura: - Tiempo: -						
METAL DE APORTE Especificación AWS: A5.1 Clasificación AWS: E7018-SR Marca: INDURA Tamaño del electrodo: 3/32 pulgada			TÉCNICA Cordón con oscilación <input checked="" type="checkbox"/> Cordón sin oscilación: Técnica de empuje: Técnica de arrastre: <input checked="" type="checkbox"/> Capa simple: Capa múltiple: <input checked="" type="checkbox"/> Limpieza Inicial/Interpases Herramientas eléctricas: <input checked="" type="checkbox"/> Herramientas manuales:						
ENTRADA DE CALOR KJ/in-KJ/mm 30KJ/in-1,2KJ/mm			CROQUIS DE LA JUNTA DE SOLDADURA 						
PROTECCIÓN Fundente: Revestimiento Gas: _____ Composición: _____ Velocidad de flujo: _____ Tamaño de la boquilla: _____									
CARACTERÍSTICAS ELECTRICAS									
PASE	N	AWS DESIGNACIÓN	Diámetro	Corriente de soldeo		CA	DC		Velocidad mm/min
				Amperio	Voltio		DIR	INV	
Raíz	1	E7018-SR	3/32	97	20-22			+	250-15
Relleno	2-15	E7018-SR	3/32	97	20-22			+	250-15
Capas	16-18	E7018-SR	3/32	97	20-22			+	250-15
OBSERVACIONES									
Debe tener una completa fusión entre la placa de respaldo y el material base, en toda la longitud de la soldadura La placa de respaldo debe tener un espesor mínimo de acuerdo a lo requerido por el código AWS D1.8 de 6mm Se debe realizar su correcto precalentamiento para retirar la humedad de la placa mediante oxiacetilénica o sopletes. Las probetas son preparadas, soldadas y ensayadas de acuerdo a los requerimientos del código AWS D1.8.									
ELABORADO POR:			REVISADO POR		APROBADO POR:				
Eduardo Ronquillo FECHA: 27-05-2019			Ing. Oscar Analuiza FECHA: 27-05-2019		Ing. Oscar Analuiza FECHA: 27-05-2019				

PQR

		<p align="center">UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTADA DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</p>			
PQR CERTIFICADO DE CALIFICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO					
Institución: U.T.A. Realizado por: Eduardo Ronquillo Fecha: 22/05/2019			WPS No: T-WPS-2019-01 PQR de soporte No: T-PQR-2019-01 Código: AWS D1.8 SUPLEMENTO SISMICO		
Proceso de soldadura: <input checked="" type="checkbox"/> MANUAL <input checked="" type="checkbox"/> SEMIAUTOMÁTICO <input type="checkbox"/> AUTOMÁTICO <input type="checkbox"/> SMAW <input checked="" type="checkbox"/> GMAW <input type="checkbox"/> SAW <input type="checkbox"/> FCAW <input type="checkbox"/> GTAW <input type="checkbox"/> OTROS					
Soldador: Cesar Chicaiza por: Ing. Oscar Analuiza			Autorizado TRATAMIENTO TÉRMICO POST SOLDADURA Temperatura: NO APLICA Tiempo: NO APLICA		
DISEÑO DE UNIÓN Tipo de unión: A tope, ranura en V Simple <input checked="" type="checkbox"/> Respaldo: SI <input checked="" type="checkbox"/> NO Apertura de Raíz: <input checked="" type="checkbox"/> 6 mm +2-0 Longitud de cara de raíz: 0 mm Angulo de ranura: 45° +10-0 Limpieza de raíz: SI:(X) NO: Método: Esmeril			POSICIÓN Ranura: 1G Filete: Plancha: <input checked="" type="checkbox"/> Tubería:		
METAL BASE MB1 Grupo: 1 Especificación de Acero: ASTM A 36 Grado: ---- Espesor de la plancha: 20mm Diámetro (Tubería): -			PRECALENTAMIENTO Temperatura de precalentamiento: 40 °C Max Temperatura de interface: 120 °C Max		
METAL DE APORTE Especificación AWS: A5.1 Clasificación AWS: E7018-SR Marca: INDURA Tamaño del electrodo: 3/32 pulgada			POSTCALENTAMIENTO Temperatura: - Tiempo: -		
ENTRADA DE CALOR KJ/in-KJ/mm 30KJ/in-1,2KJ/mm			TÉCNICA Cordón con oscilación <input checked="" type="checkbox"/> Cordón sin oscilación: Técnica de empuje: Técnica de arrastre: <input checked="" type="checkbox"/> Capa simple: Capa múltiple: <input checked="" type="checkbox"/> Limpieza Inicial/Interpases Herramientas eléctricas: <input checked="" type="checkbox"/> Herramientas manuales:		
PROTECCIÓN Fundente: Revestimiento Gas: _____ Composición: _____ Velocidad de flujo: _____ Tamaño de la boquilla: _____			DISEÑO DE JUNTA DE SOLDADURA 		
CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS					
AWS DESIGNACIÓN	Ø (pulg)	CORRIENTE DC + (A)(70-120)	VOLTAJE (V)	T °C MÁXIMA PRE.	T °C MÁXIMA INTERPASS
E7018-AR	3/32	97	20-22	40	120
PASE	N°	VELOCIDAD (mm/min)	PASE	N°	VELOCIDAD (mm/min)
Raíz	1	250-2:28	Relleno	10	250-1:25
Relleno	2	250-2:48	Relleno	11	250-1:30
Relleno	3	250-2:55	Relleno	12	250-1:55
Relleno	4	250-1:30	Relleno	13	250-1:40
Relleno	5	250-1:58	Relleno	14	250-1:41
Relleno	6	250-2:01	Relleno	15	250-2:05
Relleno	7	250-2:15	Capas	16	250-1:53
Relleno	8	250-1:48	Capas	17	250-2:12
Relleno	9	250-2:11	Capas	18	250-2:18
ELABORADO POR:		REVISADO POR		APROBADO POR:	
Eduardo Ronquillo FECHA: 27-05-2019		Ing. Oscar Analuiza FECHA: 27-05-2019		Ing. Oscar Analuiza FECHA: 27-05-2019	

ANEXO D: Resultados del centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero del H.G.P. de Tungurahua.

ANEXO D-1: Informe de ensayo de tracción del material base

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Díametro (mm)	Longitud Inicial (mm)	Longitud Final (mm)	Fuerza Máxima (N)	Fuerza rotura (N)	Fuerza de fluencia (N)	Resistencia a la tracción	Resistencia de rotura (MPa)	Límite fluencia (MPa)	% Elongación (Calculado)	Rotura dentro de la zona calibrada
1	180458891920190228-ETB 00-1	26,5	44,2	12,75	50	61,023	62000,01	47800,01	32850,01	485,60	374,38	257,29	21,44	SI
2	180458891920190228-ETB 00-2	26,5	44,2	12,66	50	61,380	62400,01	48900,01	33100,01	495,71	388,46	262,95	21,96	SI
3	180458891920190228-ETB 00-3	26,5	44,2	12,55	50	61,490	60000,01	45900,01	30900,01	485,04	371,05	249,79	22,58	SI *
4	180458891920190228-ETB 00-4	26,5	44,2	12,42	50	60,201	60000,01	46250,01	31400,01	495,24	381,75	259,18	21,8	SI
5	180458891920190228-ETB 00-5	26,5	44,2	12,58	50	61,320	59900,01	44550,01	30200,01	481,92	358,42	242,97	20,44	SI
Promedio \bar{X}							60860,010	46680,010	31690,010	488,703	374,815	254,437	21,644	
Desviación estándar S_{n-1}							1232,071	1696,541	1251,199	6,34	11,573	8,001	0,789	
Coeficiente de variación CV							2,024	3,634	3,948	1,298	3,034	3,145	3,646	

ANEXO D-2: Informe de ensayo de tracción de probetas



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carrocero



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

RECEPCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS

Informe N°: 180458891920190228-ETM	
DATOS DEL CLIENTE	
Empresa / Cliente: Eduardo Benjamín Ronquillo Bombón	
Dirección: Calle Alfonso Troya, Barrio San Isidro, Ambato.	
Núm. de cédula / RUC: 1804588919	Teléfono: 0998461423
E-mail: eduarbom26@gmail.com	

DATOS INFORMATIVOS	
Laboratorio: Resistencia de Materiales.	
Designación del material: Material de aporte E7018AR y E7018SR	
Método de ensayo: AWS B4.0: Métodos de prueba estándar para Prueba de tensión de materiales metálicos.	

Número de Probetas cuantificadas

N°	Identificación del grupo	Material de Aporte	Diámetro de electrodo	Temperatura (°C)	Probetas a ensayar
1	180444086320181109-ETM 01	E 7018-AR	3/32	Alta (300 máx.)	3
2	180444086320181109-ETM 02	E 7018-AR	3/32	Baja (120 máx.)	3
3	180444086320181109-ETM 03	E 7018-AR	1/8	Alta (300 máx.)	3
4	180444086320181109-ETM 04	E 7018-AR	1/8	Baja (120 máx.)	3
5	180444086320181109-ETM 05	E 7018-SR	3/32	Alta (300 máx.)	3
6	180444086320181109-ETM 06	E 7018-SR	3/32	Baja (120 máx.)	3
7	180444086320181109-ETM 07	E 7018-SR	1/8	Alta (300 máx.)	3
8	180444086320181109-ETM 08	E 7018-SR	1/8	Baja (120 máx.)	3
Total					24

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

Código: RG-RM-001
Fecha de Elaboración: 06-07-2016
Fecha de última aprobación: 02-02-2018
Revisión: 3

RECEPCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE
MUESTRAS

Página 1 de 2



ENSAYO SOLICITADO

No.	No. DE PROBETA	DESCRIPCIÓN	FECHAS RECEPCIÓN
1	180458891920190228-ETM 01-1	Cumple criterios dimensionales	2019/02/28
2	180458891920190228-ETM 01-2	Cumple criterios dimensionales	2019/02/28
3	180458891920190228-ETM 01-3	Cumple criterios dimensionales	2019/02/28
4	180458891920190228-ETM 02-1	Cumple criterios dimensionales	2019/02/28
5	180458891920190228-ETM 02-2	Cumple criterios dimensionales	2019/02/28
6	180458891920190228-ETM 02-3	Cumple criterios dimensionales	2019/02/28
7	180458891920190228-ETM 03-1	Cumple criterios dimensionales	2019/02/28
8	180458891920190228-ETM 03-2	Cumple criterios dimensionales	2019/02/28
9	180458891920190228-ETM 03-3	Cumple criterios dimensionales	2019/02/28
10	180458891920190228-ETM 04-1	Cumple criterios dimensionales	2019/02/28
11	180458891920190228-ETM 04-2	Cumple criterios dimensionales	2019/02/28
12	180458891920190228-ETM 04-3	Cumple criterios dimensionales	2019/02/28
13	180458891920190228-ETM 05-1	Cumple criterios dimensionales	2019/02/28
14	180458891920190228-ETM 05-2	Cumple criterios dimensionales	2019/02/28
15	180458891920190228-ETM 05-3	Cumple criterios dimensionales	2019/02/28
16	180458891920190228-ETM 06-1	Cumple criterios dimensionales	2019/02/28
17	180458891920190228-ETM 06-2	Cumple criterios dimensionales	2019/02/28
18	180458891920190228-ETM 06-3	Cumple criterios dimensionales	2019/02/28
19	180458891920190228-ETM 07-1	Cumple criterios dimensionales	2019/02/28
20	180458891920190228-ETM 07-2	Cumple criterios dimensionales	2019/02/28
21	180458891920190228-ETM 07-3	Cumple criterios dimensionales	2019/02/28
22	180458891920190228-ETM 08-1	Cumple criterios dimensionales	2019/02/28
23	180458891920190228-ETM 08-2	Cumple criterios dimensionales	2019/02/28
24	180458891920190228-ETM 08-3	Cumple criterios dimensionales	2019/02/28

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

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

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



LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES
ENSAYO DE TRACCIÓN DE MATERIALES METÁLICOS
INFORME DE RESULTADOS N°: 180458891920190228-ETM

DATOS GENERALES

N° de proforma: RM_2019_017
Empresa/Clientes: Eduardo Benjamín Ronquillo Bombón
RUC/C.I.: 1804588919 **Ciudad:** Ambato.
Dirección: Calle Alfonso Troya, Barrio San Isidro.
Teléfono: 0998461423 **Correo:** eduarbom26@gmail.com
DATOS DEL ENSAYO:
Lugar de Ejecución del Ensayo: Laboratorio de Resistencia de Materiales.
Dirección: Ambato/Catiglata. Toronto y Rio de Janeiro.
Método de ensayo: AWS B4.0: Métodos de prueba estándar para Prueba de tensión de materiales metálicos.
Tipo de ensayo: Cuantitativo
Tipo de probeta: Cilíndrica **Longitud calibrada:** 50 mm
Equipo utilizado: Máquina de ensayos universal para metales Metro test 1500 KN.
Modelo: STH-1500 S/C **Serie:** 8802M001
Velocidad de ensayo: 10 mm/min. **Precarga:** 5000 N.
Fecha de Inicio de Ensayo: 2019/02/28 **Fecha de Finalización de Ensayo:** 2019/03/01.

Los resultados obtenidos en el presente informe corresponden a ensayos realizados en *probetas de soldadura de acuerdo al Suplemento para la Soldadura Sísmica AWS D1.8*. Las probetas fueron recibidas en el Laboratorio de Resistencia de Materiales del CFPMC del H.G.P. Tungurahua.

OBJETOS DE ENSAYO

Número de Probetas cuantificadas

N°	Identificación del grupo	Material de Aporte	Diámetro de electrodo	Temperatura (°C)	Probetas a ensayar
1	180444086320181109-ETM 01	E 7018-AR	3/32	Alta (300 máx.)	3
2	180444086320181109-ETM 02	E 7018-AR	3/32	Baja (120 máx.)	3
3	180444086320181109-ETM 03	E 7018-AR	1/8	Alta (300 máx.)	3

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

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

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

Lugar y fecha de emisión de Informe: Ambato, 25 de marzo de 2019.

N°. Factura: 001-002-000006682.





Centro de Fomento Productivo
Metalmecánico Carrocero



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

Nº	Identificación del grupo	Material de Aporte	Diámetro de electrodo	Temperatura (°C)	Probetas a ensayar
4	180444086320181109-ETM 04	E 7018-AR	1/8	Baja (120 máx.)	3
5	180444086320181109-ETM 05	E 7018-SR	3/32	Alta (300 máx.)	3
6	180444086320181109-ETM 06	E 7018-SR	3/32	Baja (120 máx.)	3
7	180444086320181109-ETM 07	E 7018-SR	1/8	Alta (300 máx.)	3
8	180444086320181109-ETM 08	E 7018-SR	1/8	Baja (120 máx.)	3
				Total	24



Código: RG-RM-008
Fecha de Elaboración: 08-03-2017
Fecha de última aprobación: 16-05-2017
Revisión: 1

INFORME DE ENSAYO DE TRACCIÓN
MATERIALES METÁLICOS

Página 2 de 6



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carrotero



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

Resultados:

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Diámetro (mm)	Longitud Inicial (mm)	Longitud Final (mm)	Fuerza Máxima (N)	Fuerza rotura (N)	Fuerza de fluencia (N)	Resistencia a la tracción	Resistencia de rotura (MPa)	Límite fluencia (MPa)	% Elongación (Calculado)	Rotura dentro de la zona calibrada
1	180458891920190228-ETM 01-1	25,8	44,0	12,62	50	63,130	71750,01	47850,00	62150,01	573,61	382,54	496,86	26,26	SI
2	180458891920190228-ETM 01-2	25,8	44,0	12,32	50	63,800	69900,01	45550,00	62350,01	586,36	382,10	523,03	27,60	SI
3	180458891920190228-ETM 01-3	25,8	44,0	12,58	50	64,400	72300,01	47250,00	62850,01	581,68	380,15	505,65	28,80	SI
Promedio \bar{X}							71316,677	46883,333	62450,010	580,551	381,594	508,514	27,553	
Desviación estándar S_{n-1}							1257,312	1193,035	360,555	6,453	1,273	13,317	1,271	
Coeficiente de variación CV							1,763	2,545	0,577	1,112	0,334	2,619	4,612	

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Diámetro (mm)	Longitud Inicial (mm)	Longitud Final (mm)	Fuerza Máxima (N)	Fuerza rotura (N)	Fuerza de fluencia (N)	Resistencia a la tracción	Resistencia de rotura (MPa)	Límite fluencia (MPa)	% Elongación (Calculado)	Rotura dentro de la zona calibrada
4	180458891920190228-ETM 02-1	24,7	45,8	12,22	50	62,240	74550,01	47800,00	66650,01	635,65	407,56	568,29	24,48	SI
5	180458891920190228-ETM 02-2	24,7	45,8	12,52	50	61,870	76000,01	47050,00	67150,01	617,33	382,17	545,44	23,74	SI
6	180458891920190228-ETM 02-3	24,7	45,8	12,28	50	63,330	75350,01	47750,00	67950,01	636,20	403,17	573,72	26,66	SI
Promedio \bar{X}							75300,010	47533,333	67250,010	629,726	397,635	562,484	24,960	
Desviación estándar S_{n-1}							726,292	419,325	655,744	10,741	13,569	15,008	1,518	
Coeficiente de variación CV							0,965	0,882	0,975	1,706	3,412	2,668	6,082	



Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Diámetro (mm)	Longitud Inicial (mm)	Longitud Final (mm)	Fuerza Máxima (N)	Fuerza rotura (N)	Fuerza de fluencia (N)	Resistencia a la tracción	Resistencia de rotura (MPa)	Límite fluencia (MPa)	% Elongación (Calculado)	Rotura dentro de la zona calibrada
7	180458891920190228-ETM 03-1	27,7	45,1	12,19	50	67,800	70550,01	43700,00	63150,01	604,50	374,44	541,10	35,60	SI
8	180458891920190228-ETM 03-2	27,7	45,1	12,24	50	67,900	73350,01	43200,00	65100,01	623,37	367,14	553,26	35,80	SI
9	180458891920190228-ETM 03-3	27,7	45,1	12,52	50	66,660	75700,01	49500,00	68000,01	614,89	402,07	552,35	33,32	SI
					Promedio \bar{X}		73200,010	45466,667	65416,677	614,256	381,219	548,901	34,907	
					Desviación estándar S_{n-1}		2578,275	3501,904	2440,458	9,450	18,427	6,773	1,378	
					Coefficiente de variación CV		3,522	7,702	3,731	1,538	4,834	1,234	3,947	

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Diámetro (mm)	Longitud Inicial (mm)	Longitud Final (mm)	Fuerza Máxima (N)	Fuerza rotura (N)	Fuerza de fluencia (N)	Resistencia a la tracción	Resistencia de rotura (MPa)	Límite fluencia (MPa)	% Elongación (Calculado)	Rotura dentro de la zona calibrada
10	180458891920190228-ETM 04-1	28,8	43,5	12,70	50	61,810	84200,01	54550,01	72450,01	664,68	430,62	571,93	23,62	SI
11	180458891920190228-ETM 04-2	28,8	43,5	12,73	50	60,190	83600,01	54300,01	74450,01	656,84	426,63	584,95	20,38	SI
12	180458891920190228-ETM 04-3	28,8	43,5	12,69	50	62,910	82900,01	53550,01	73550,01	655,45	423,40	581,53	25,82	SI
					Promedio \bar{X}		83566,677	54133,343	73483,343	658,992	426,884	579,468	23,273	
					Desviación estándar S_{n-1}		650,641	520,416	1001,665	4,977	3,620	6,750	2,737	
					Coefficiente de variación CV		0,779	0,961	1,363	0,755	0,848	1,165	11,758	



Centro de Fomento Productivo
Metalmecánico Carroceros



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

Prueba	Identificación de prueba	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Diámetro (mm)	Longitud Inicial (mm)	Longitud Final (mm)	Fuerza Máxima (N)	Fuerza rotura (N)	Fuerza de fluencia (N)	Resistencia a la tracción	Resistencia de rotura (MPa)	Límite fluencia (MPa)	% Elongación (Calculado)	Rotura dentro de la zona calibrada
13	180458891920190228-ETM 05-1	28,4	43,5	12,38	50	60,230	87100,01	59250,01	74350,01	723,58	492,22	617,66	20,46	SI
14	180458891920190228-ETM 05-2	28,4	43,5	12,23	50	61,330	92250,01	73850,01	79550,01	785,28	628,65	677,17	22,66	SI
15	180458891920190228-ETM 05-3	28,4	43,5	12,63	50	61,240	84650,01	63750,01	73800,01	675,66	508,84	589,06	22,48	SI
				Promedio \bar{X}		88000,010	65616,677	75900,010	728,174	543,236	627,964	21,867		
				Desviación estándar S_{n-1}		3879,111	7476,853	3172,932	54,952	74,435	44,949	1,222		
				Coeficiente de variación CV		4,408	11,395	4,180	7,546	13,702	7,158	5,586		

Prueba	Identificación de prueba	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Diámetro (mm)	Longitud Inicial (mm)	Longitud Final (mm)	Fuerza Máxima (N)	Fuerza rotura (N)	Fuerza de fluencia (N)	Resistencia a la tracción	Resistencia de rotura (MPa)	Límite fluencia (MPa)	% Elongación (Calculado)	Rotura dentro de la zona calibrada
16	180458891920190228-ETM 06-1	28,3	47,8	12,81	50	63,470	104050,02	77450,01	97400,01	807,34	600,94	755,74	26,94	SI
17	180458891920190228-ETM 06-2	28,3	47,8	12,64	50	62,340	99100,01	74750,01	91550,01	789,75	595,70	729,58	24,68	SI
18	180458891920190228-ETM 06-3	28,3	47,8	12,64	50	62,220	99400,01	74400,01	94550,01	792,14	592,91	753,49	24,44	SI
				Promedio \bar{X}		100850,013	75533,343	94500,010	796,409	596,518	746,270	25,353		
				Desviación estándar S_{n-1}		2775,344	1669,082	2925,320	9,538	4,078	14,495	1,379		
				Coeficiente de variación CV		2,752	2,210	3,096	1,198	0,684	1,942	5,440		

Código: RG-RM-008
Fecha de Elaboración: 08-03-2017
Fecha de última aprobación: 16-05-2017

INFORME DE ENSAYO DE TRACCIÓN MATERIALES METÁLICOS

Página 5 de 6



Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Diámetro (mm)	Longitud Inicial (mm)	Longitud Final (mm)	Fuerza Máxima (N)	Fuerza rotura (N)	Fuerza de fluencia (N)	Resistencia a la tracción	Resistencia de rotura (MPa)	Límite fluencia (MPa)	% Elongación (Calculado)	Rotura dentro de la zona calibrada
19	180458891920190228-ETM 07-1	23,4	55,1	12,34	50	63,910	86100,01	71150,01	71550,01	719,92	594,91	598,26	27,82	SI
20	180458891920190228-ETM 07-2	23,4	55,1	12,58	50	62,890	88600,01	60350,01	76000,01	712,82	485,54	611,45	25,78	SI
21	180458891920190228-ETM 07-3	23,4	55,1	12,72	50	63,930	88150,01	65450,01	73100,01	693,68	515,05	575,25	27,86	SI
					Promedio \bar{X}		87616,677	65650,010	73550,010	708,807	531,834	594,986	27,153	
					Desviación estándar S_{n-1}		1332,604	5402,777	2258,871	13,573	56,586	18,324	1,190	
					Coeficiente de variación CV		1,521	8,230	3,071	1,915	10,640	3,080	4,381	

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Diámetro (mm)	Longitud Inicial (mm)	Longitud Final (mm)	Fuerza Máxima (N)	Fuerza rotura (N)	Fuerza de fluencia (N)	Resistencia a la tracción	Resistencia de rotura (MPa)	Límite fluencia (MPa)	% Elongación (Calculado)	Rotura dentro de la zona calibrada
22	180458891920190228-ETM 08-1	23,8	52,5	12,55	50	61,360	98400,01	78050,01	91300,01	795,46	630,95	738,06	22,72	SI
23	180458891920190228-ETM 08-2	23,8	52,5	12,46	50	62,920	94500,01	71050,01	86950,01	775,01	582,69	713,09	25,84	SI
24	180458891920190228-ETM 08-3	23,8	52,5	12,14	50	56,470	91700,01	76850,01	85250,01	792,21	663,92	736,49	12,94	NO
					Promedio \bar{X}		94866,677	75316,677	87833,343	787,560	625,854	729,214	20,500	
					Desviación estándar S_{n-1}		3365,016	3743,439	3120,230	10,991	40,854	13,987	6,730	
					Coeficiente de variación CV		3,547	4,970	3,552	1,396	6,528	1,918	32,831	

ANEXO D-3: Informe de ensayo de impacto de material base

Resultados:

Ítem	Identificación de probeta	Temperatura °C	Humedad Relativa %	Sección transversal de la probeta			Energía absorbida (J)	Resistencia al impacto (K, CU) (J/cm ²)	Aspecto de la fractura (% de cizallamiento)		Fractura de la probeta	
				Altura (cm)	Ancho (cm)	Área (cm ²)			SI	NO	SI	NO
6	180458891920190228-EIB 00-1	24,9	52,3	9,35	7,94	74,239	70,19	1,008	40		X	
7	180458891920190228-EIB 00-2	24,9	52,3	9,55	8,05	76,8775	71,57	1,017	50		X	
8	180458891920190228-EIB 00-3	24,9	52,3	9,65	8,6	82,99	73,28	1,020	50		X	
9	180458891920190228-EIB 00-4	24,9	52,3	9,75	8,48	82,68	79,21	1,090	50		X	
10	180458891920190228-EIB 00-5	24,9	52,3	9,82	8,91	87,4962	77,23	1,077	40		X	
							Promedio \bar{X}	74,296				
							Desviación estándar S_{n-1}	3,810				
							Coefficiente de variación CV	5,129				

ANEXO D-4: Informe de ensayo de impacto de probetas



RECEPCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS

Informe N°: 180458891920190228-EIM	
DATOS DEL CLIENTE	
Empresa / Cliente: Eduardo Benjamín Ronquillo Bombón.	
Dirección: Calle Alfonso Troya, Barrio San Isidro, Ambato.	
Núm. de cédula / RUC: 1804588919	Teléfono: 0998461423
E-mail: eduarbom26@gmail.com	

DATOS INFORMATIVOS
Laboratorio: Resistencia de Materiales
Designación del material: Material de aporte E7018AR y E7018SR (declarado por el cliente)
Método de ensayo: ASTM E23 – 16b Método de prueba estándar para Prueba de Impacto de Barras de Materiales Metálicos

Número de Probetas cuantificadas

N°	Identificación del grupo	Material de aporte	Diámetro electrodo	Temperatura (°C)	Placa	Probetas a ensayar
1	180458891920190228-EIM 01	E7018-AR	3/32	Alta (300 máx.)	1	5
2	180458891920190228-EIM 02	E7018-AR	3/32	Alta (300 máx.)	3	5
3	180458891920190228-EIM 03	E7018-AR	3/32	Baja (120 máx.)	1	5
4	180458891920190228-EIM 04	E7018-AR	3/32	Baja (120 máx.)	3	5
5	180458891920190228-EIM 05	E7018-AR	1/8	Alta (300 máx.)	1	5
6	180458891920190228-EIM 06	E7018-AR	1/8	Alta (300 máx.)	2	5
7	180458891920190228-EIM 07	E7018-AR	1/8	Baja (120 máx.)	1	5
8	180458891920190228-EIM 08	E7018-AR	1/8	Baja (120 máx.)	2	5
9	180458891920190228-EIM 09	E7018-SR	3/32	Alta (300 máx.)	1	5
10	180458891920190228-EIM 10	E7018-SR	3/32	Alta (300 máx.)	3	5
11	180458891920190228-EIM 11	E7018-SR	3/32	Baja (120 máx.)	1	5
12	180458891920190228-EIM 12	E7018-SR	3/32	Baja (120 máx.)	2	5
13	180458891920190228-EIM 13	E7018-SR	1/8	Alta (300 máx.)	1	5
14	180458891920190228-EIM 14	E7018-SR	1/8	Alta (300 máx.)	3	5
15	180458891920190228-EIM 15	E7018-SR	1/8	Baja (120 máx.)	1	5
16	180458891920190228-EIM 16	E7018-SR	1/8	Baja (120 máx.)	3	5
Total						80

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



ENSAYO SOLICITADO

No.	No. DE PROBETA	DESCRIPCIÓN	FECHA RECEPCIÓN
1	180458891920190228-EIM 01-1	Cumple con los criterios dimensionales	2019/02/28
2	180458891920190228-EIM 01-2	Cumple con los criterios dimensionales	2019/02/28
3	180458891920190228-EIM 01-3	Cumple con los criterios dimensionales	2019/02/28
4	180458891920190228-EIM 01-4	Cumple con los criterios dimensionales	2019/02/28
5	180458891920190228-EIM 01-5	Cumple con los criterios dimensionales	2019/02/28
6	180458891920190228-EIM 02-1	Cumple con los criterios dimensionales	2019/02/28
7	180458891920190228-EIM 02-2	Cumple con los criterios dimensionales	2019/02/28
8	180458891920190228-EIM 02-3	Cumple con los criterios dimensionales	2019/02/28
9	180458891920190228-EIM 02-4	Cumple con los criterios dimensionales	2019/02/28
10	180458891920190228-EIM 02-5	Cumple con los criterios dimensionales	2019/02/28
11	180458891920190228-EIM 03-1	Cumple con los criterios dimensionales	2019/02/28
12	180458891920190228-EIM 03-2	Cumple con los criterios dimensionales	2019/02/28
13	180458891920190228-EIM 03-3	Cumple con los criterios dimensionales	2019/02/28
14	180458891920190228-EIM 03-4	Cumple con los criterios dimensionales	2019/02/28
15	180458891920190228-EIM 03-5	Cumple con los criterios dimensionales	2019/02/28
16	180458891920190228-EIM 04-1	Cumple con los criterios dimensionales	2019/02/28
17	180458891920190228-EIM 04-2	Cumple con los criterios dimensionales	2019/02/28
18	180458891920190228-EIM 04-3	Cumple con los criterios dimensionales	2019/02/28
19	180458891920190228-EIM 04-4	Cumple con los criterios dimensionales	2019/02/28
20	180458891920190228-EIM 04-5	Cumple con los criterios dimensionales	2019/02/28
21	180458891920190228-EIM 05-1	Cumple con los criterios dimensionales	2019/02/28
22	180458891920190228-EIM 05-2	Cumple con los criterios dimensionales	2019/02/28
23	180458891920190228-EIM 05-3	Cumple con los criterios dimensionales	2019/02/28
24	180458891920190228-EIM 05-4	Cumple con los criterios dimensionales	2019/02/28
25	180458891920190228-EIM 05-5	Cumple con los criterios dimensionales	2019/02/28
26	180458891920190228-EIM 06-1	Cumple con los criterios dimensionales	2019/02/28
27	180458891920190228-EIM 06-2	Cumple con los criterios dimensionales	2019/02/28
28	180458891920190228-EIM 06-3	Cumple con los criterios dimensionales	2019/02/28
29	180458891920190228-EIM 06-4	Cumple con los criterios dimensionales	2019/02/28
30	180458891920190228-EIM 06-5	Cumple con los criterios dimensionales	2019/02/28
31	180458891920190228-EIM 07-1	Cumple con los criterios dimensionales	2019/02/28
32	180458891920190228-EIM 07-2	Cumple con los criterios dimensionales	2019/02/28
33	180458891920190228-EIM 07-3	Cumple con los criterios dimensionales	2019/02/28
34	180458891920190228-EIM 07-4	Cumple con los criterios dimensionales	2019/02/28
35	180458891920190228-EIM 07-5	Cumple con los criterios dimensionales	2019/02/28
36	180458891920190228-EIM 08-1	Cumple con los criterios dimensionales	2019/02/28
37	180458891920190228-EIM 08-2	Cumple con los criterios dimensionales	2019/02/28
38	180458891920190228-EIM 08-3	Cumple con los criterios dimensionales	2019/02/28
39	180458891920190228-EIM 08-4	Cumple con los criterios dimensionales	2019/02/28
40	180458891920190228-EIM 08-5	Cumple con los criterios dimensionales	2019/02/28
41	180458891920190228-EIM 09-1	Cumple con los criterios dimensionales	2019/02/28
42	180458891920190228-EIM 09-2	Cumple con los criterios dimensionales	2019/02/28
43	180458891920190228-EIM 09-3	Cumple con los criterios dimensionales	2019/02/28
44	180458891920190228-EIM 09-4	Cumple con los criterios dimensionales	2019/02/28
45	180458891920190228-EIM 09-5	Cumple con los criterios dimensionales	2019/02/28
46	180458891920190228-EIM 10-1	Cumple con los criterios dimensionales	2019/02/28
47	180458891920190228-EIM 10-2	Cumple con los criterios dimensionales	2019/02/28
48	180458891920190228-EIM 10-3	Cumple con los criterios dimensionales	2019/02/28
49	180458891920190228-EIM 10-4	Cumple con los criterios dimensionales	2019/02/28
50	180458891920190228-EIM 10-5	Cumple con los criterios dimensionales	2019/02/28
51	180458891920190228-EIM 11-1	Cumple con los criterios dimensionales	2019/02/28
52	180458891920190228-EIM 11-2	Cumple con los criterios dimensionales	2019/02/28
53	180458891920190228-EIM 11-3	Cumple con los criterios dimensionales	2019/02/28
54	180458891920190228-EIM 11-4	Cumple con los criterios dimensionales	2019/02/28
55	180458891920190228-EIM 11-5	Cumple con los criterios dimensionales	2019/02/28



56	180458891920190228-EIM 12-1	Cumple con los criterios dimensionales	2019/02/28
57	180458891920190228-EIM 12-2	Cumple con los criterios dimensionales	2019/02/28
58	180458891920190228-EIM 12-3	Cumple con los criterios dimensionales	2019/02/28
59	180458891920190228-EIM 12-4	Cumple con los criterios dimensionales	2019/02/28
60	180458891920190228-EIM 12-5	Cumple con los criterios dimensionales	2019/02/28
61	180458891920190228-EIM 13-1	Cumple con los criterios dimensionales	2019/02/28
62	180458891920190228-EIM 13-2	Cumple con los criterios dimensionales	2019/02/28
63	180458891920190228-EIM 13-3	Cumple con los criterios dimensionales	2019/02/28
64	180458891920190228-EIM 13-4	Cumple con los criterios dimensionales	2019/02/28
65	180458891920190228-EIM 13-5	Cumple con los criterios dimensionales	2019/02/28
66	180458891920190228-EIM 14-1	Cumple con los criterios dimensionales	2019/02/28
67	180458891920190228-EIM 14-2	Cumple con los criterios dimensionales	2019/02/28
68	180458891920190228-EIM 14-3	Cumple con los criterios dimensionales	2019/02/28
69	180458891920190228-EIM 14-4	Cumple con los criterios dimensionales	2019/02/28
70	180458891920190228-EIM 14-5	Cumple con los criterios dimensionales	2019/02/28
71	180458891920190228-EIM 15-1	Cumple con los criterios dimensionales	2019/02/28
72	180458891920190228-EIM 15-2	Cumple con los criterios dimensionales	2019/02/28
73	180458891920190228-EIM 15-3	Cumple con los criterios dimensionales	2019/02/28
74	180458891920190228-EIM 15-4	Cumple con los criterios dimensionales	2019/02/28
75	180458891920190228-EIM 15-5	Cumple con los criterios dimensionales	2019/02/28
76	180458891920190228-EIM 16-1	Cumple con los criterios dimensionales	2019/02/28
77	180458891920190228-EIM 16-2	Cumple con los criterios dimensionales	2019/02/28
78	180458891920190228-EIM 16-3	Cumple con los criterios dimensionales	2019/02/28
79	180458891920190228-EIM 16-4	Cumple con los criterios dimensionales	2019/02/28
80	180458891920190228-EIM 16-5	Cumple con los criterios dimensionales	2019/02/28

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

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

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



LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES
ENSAYO DE IMPACTO CHARPY DE MATERIALES METÁLICOS

INFORME DE RESULTADOS N°: 180444086320181109-EIM

DATOS GENERALES

N° de proforma: RM_2019_016
Empresa / Cliente: Eduardo Benjamín Ronquillo Bombón.
RUC/C.I.: 1804588919 **Ciudad:** Ambato.
Dirección: Calle Alfonso Troya, Barrio San Isidro, Ambato.
Correo: eduarbom26@gmail.com. **Teléfono:** 0998461423.
Datos del ensayo
Lugar de Ejecución del Ensayo: Laboratorio de Resistencia de Materiales.
Dirección: Ambato/Catiglata, Toronto y Río de Janciro.
Método de ensayo: ASTM E23 – 16b Método de prueba estándar para Prueba de Impacto de Barras de Materiales Metálicos.
Tipo de ensayo: Cuantitativo
Energía utilizada (J): 450(J)
Tipo de muestra: Entalle en "V".
Acondicionamiento de la probeta: -18 °C.
Equipo utilizado: Máquina de ensayos Charpy. PIC 450 J.
Modelo: PIC 450/C **Serie:** M152552AR14.
Fecha de Inicio de Ensayo: 2019/03/08. **Fecha de Finalización de Ensayo:** 2019/03/13.
 Los resultados obtenidos en el presente informe corresponden a ensayos realizados en *probetas de soldadura de acuerdo al Suplemento para la Soldadura Sismica AWS D1.8*. Las probetas fueron recibidas en el Laboratorio de Resistencia de Materiales del CFPMC del H.G.P. Tungurahua.

OBJETOS DE ENSAYO

Número de Probetas cuantificadas:

N°	Identificación del grupo	Material de aporte	Diámetro electrodo	Temperatura (°C)	Placa	Probetas a ensayar
1	180458891920190228-EIM 01	E7018-AR	3/32	Alta (300 máx.)	1	5
2	180458891920190228-EIM 02	E7018-AR	3/32	Alta (300 máx.)	3	5

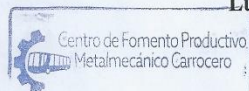
Observaciones: La fabricación de la probeta para la ejecución del ensayo de Resistencia al impacto es responsabilidad del cliente.

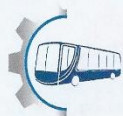
Nota: Este informe no significa certificación de calidad, no debe ser usado con fines publicitarios y no debe ser reproducido total ni parcialmente.

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

Lugar y fecha de emisión de Informe: Ambato, 04 de abril de 2019.

N°. Factura: 001-002-000006753.





N°	Identificación del grupo	Material de aporte	Diámetro de electrodo	Temperatura (°C)	Placa	Probetas a ensayar
3	180458891920190228-EIM 03	E7018-AR	3/32	Baja (120 máx.)	1	5
4	180458891920190228-EIM 04	E7018-AR	3/32	Baja (120 máx.)	3	5
5	180458891920190228-EIM 05	E7018-AR	1/8	Alta (300 máx.)	1	5
6	180458891920190228-EIM 06	E7018-AR	1/8	Alta (300 máx.)	2	5
7	180458891920190228-EIM 07	E7018-AR	1/8	Baja (120 máx.)	1	5
8	180458891920190228-EIM 08	E7018-AR	1/8	Baja (120 máx.)	2	5
9	180458891920190228-EIM 09	E7018-SR	3/32	Alta (300 máx.)	1	5
10	180458891920190228-EIM 10	E7018-SR	3/32	Alta (300 máx.)	3	5
11	180458891920190228-EIM 11	E7018-SR	3/32	Baja (120 máx.)	1	5
12	180458891920190228-EIM 12	E7018-SR	3/32	Baja (120 máx.)	2	5
13	180458891920190228-EIM 13	E7018-SR	1/8	Alta (300 máx.)	1	5
14	180458891920190228-EIM 14	E7018-SR	1/8	Alta (300 máx.)	3	5
15	180458891920190228-EIM 15	E7018-SR	1/8	Baja (120 máx.)	1	5
16	180458891920190228-EIM 16	E7018-SR	1/8	Baja (120 máx.)	3	5
Total						80



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carrizero



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

Resultados:

Ítem	Identificación de probeta	Temperatura °C	Humedad Relativa %	Sección transversal de la probeta			Energía absorbida (J)	Resistencia al impacto (KCCU) (J/ cm ²)	Aspecto de la fractura (% de cizallamiento)	Fractura de la probeta	
				Altura (cm)	Ancho (cm)	Área (cm ²)				SI	NO
1	1804588919201902228-EIM 01-1	24,9	54,1	9,52	7,81	74,35120	85,45	1,149	40	X	X
2	1804588919201902228-EIM 01-2	24,9	54,1	9,55	7,53	71,91150	84,11	1,170	40	X	X
3	1804588919201902228-EIM 01-3	24,9	54,1	9,41	7,77	73,11570	64,31	0,880	40	X	X
4	1804588919201902228-EIM 01-4	24,9	54,1	9,39	8,05	75,58950	101,04	1,337	40	X	X
5	1804588919201902228-EIM 01-5	24,9	54,1	9,3	7,82	72,72600	85,34	1,173	50	X	X
						Promedio \bar{X}	84,050	1,142			
						Desviación estándar S_{n-1}	13,057	0,165			
						Coefficiente de variación CV	15,535	14,431			

Ítem	Identificación de probeta	Temperatura °C	Humedad Relativa %	Sección transversal de la probeta			Energía absorbida (J)	Resistencia al impacto (KCCU) (J/ cm ²)	Aspecto de la fractura (% de cizallamiento)	Fractura de la probeta	
				Altura (cm)	Ancho (cm)	Área (cm ²)				SI	NO
6	1804588919201902228-EIM 02-1	24,9	52,1	9,75	7,94	77,41500	82,66	1,068	40	X	X
7	1804588919201902228-EIM 02-2	24,9	52,1	9,75	8,05	78,48750	60,97	0,777	40	X	X
8	1804588919201902228-EIM 02-3	24,9	52,1	9,7	7,6	73,72000	86,45	1,173	40	X	X
9	1804588919201902228-EIM 02-4	24,9	52,1	9,75	7,48	72,93000	94,11	1,290	40	X	X
10	1804588919201902228-EIM 02-5	24,9	52,1	9,82	7,91	77,67620	83,65	1,077	50	X	X
						Promedio \bar{X}	81,568	1,077			
						Desviación estándar S_{n-1}	12,359	0,190			
						Coefficiente de variación CV	15,151	17,674			



Ítem	Identificación de probeta	Temperatura °C	Humedad Relativa %	Sección transversal de la probeta			Energía absorbida (J)	Resistencia al impacto (KCU) (J/cm²)	Aspecto de la fractura (% de cizallamiento)		Fractura de la probeta	
				Altura (cm)	Ancho (cm)	Área (cm²)			SI	NO	SI	NO
11	1804588919201902228-EIM 03-1	25,1	52,1	9,33	7,74	72,21420	110,56	1,531	50	X	X	
12	1804588919201902228-EIM 03-2	25,1	52,1	9,53	7,91	75,38230	105,54	1,400	40	X	X	
13	1804588919201902228-EIM 03-3	25,1	52,1	9,78	7,53	73,64340	102,58	1,393	40	X	X	
14	1804588919201902228-EIM 03-4	25,1	52,1	9,82	7,95	78,06900	106,12	1,359	40	X	X	
15	1804588919201902228-EIM 03-5	25,1	52,1	10	7,93	79,30000	89,56	1,129	40	X	X	
Promedio \bar{X}							102,872					
Desviación estándar S_{n-1}							7,970					
Coeficiente de variación CV							7,747					

Ítem	Identificación de probeta	Temperatura °C	Humedad Relativa %	Sección transversal de la probeta			Energía absorbida (J)	Resistencia al impacto (KCU) (J/cm²)	Aspecto de la fractura (% de cizallamiento)		Fractura de la probeta	
				Altura (cm)	Ancho (cm)	Área (cm²)			SI	NO	SI	NO
16	1804588919201902228-EIM 04-1	25,2	51,7	9,51	7,65	72,75150	75,78	1,042	40	X	X	
17	1804588919201902228-EIM 04-2	25,2	51,7	9,51	7,4	70,37400	104,82	1,489	50	X	X	
18	1804588919201902228-EIM 04-3	25,2	51,7	9,58	7,53	72,13740	112,25	1,556	50	X	X	
19	1804588919201902228-EIM 04-4	25,2	51,7	9,49	7,61	72,21890	105,56	1,462	50	X	X	
20	1804588919201902228-EIM 04-5	25,2	51,7	9,45	7,21	68,13450	105,78	1,553	50	X	X	
Promedio \bar{X}							100,838					
Desviación estándar S_{n-1}							14,324					
Coeficiente de variación CV							14,205					



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carrocero



Honorable Gobierno
Provincial de Turgurahua

Ítem	Identificación de probeta	Temperatura °C	Humedad Relativa %	Sección transversal de la probeta			Energía absorbida (J)	Resistencia al impacto (KCU)	Aspecto de la fractura (% de cizallamiento)	Fractura de la probeta	
				Altura (cm)	Ancho (cm)	Área (cm ²)				SI	NO
21	180458891920190228-EIM 05-1	25,3	51,2	9,72	7,8	75,81600	112,32	1,481	40	X	
22	180458891920190228-EIM 05-2	25,3	51,2	9,73	8,17	79,49410	85,89	1,080	50	X	
23	180458891920190228-EIM 05-3	25,3	51,2	9,68	7,75	75,02000	85,15	1,135	40	X	
24	180458891920190228-EIM 05-4	25,3	51,2	9,61	7,87	75,63070	78,45	1,037	40	X	
25	180458891920190228-EIM 05-5	25,3	51,2	9,47	7,74	73,29780	86,01	1,173	40	X	
				Promedio \bar{X}			89,564	1,182			
				Desviación estándar S_{n-1}			13,105	0,176			
				Coeficiente de variación CV			14,632	14,855			

Ítem	Identificación de probeta	Temperatura °C	Humedad Relativa %	Sección transversal de la probeta			Energía absorbida (J)	Resistencia al impacto (KCU)	Aspecto de la fractura (% de cizallamiento)	Fractura de la probeta	
				Altura (cm)	Ancho (cm)	Área (cm ²)				SI	NO
26	180458891920190228-EIM 06-1	25,5	60,3	9,84	8,1	79,70400	86,14	1,081	50	X	
27	180458891920190228-EIM 06-2	25,5	60,3	9,67	8,01	77,45670	84,52	1,091	40	X	
28	180458891920190228-EIM 06-3	25,5	60,3	10,08	7,87	79,32960	98,45	1,241	40	X	
29	180458891920190228-EIM 06-4	25,5	60,3	10,02	7,75	77,65500	84,45	1,088	40	X	
30	180458891920190228-EIM 06-5	25,5	60,3	9,9	7,97	78,90300	61,59	0,781	40	X	
				Promedio \bar{X}			83,030	1,056			
				Desviación estándar S_{n-1}			13,336	0,168			
				Coeficiente de variación CV			16,061	15,909			

INFORME DE ENSAYO DE IMPACTO CHARPY DE MATERIALES METÁLICOS.

Página 5 de 10

Código: RG-RM-041
Fecha de Elaboración: 28-04-2017
Fecha de última aprobación: 19-11-2018



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carrocero



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

Ítem	Identificación de probeta	Temperatura °C	Humedad Relativa %	Sección transversal de la probeta			Energía absorbida (J)	Resistencia al impacto (KCCU) (J/cm ²)	Aspecto de la fractura (% de eizallamiento)	Fractura de la probeta	
				Altura (cm)	Ancho (cm)	Área (cm ²)				SI	NO
31	1804588919201902228-EIM 07-1	25,7	51,2	10,4	7,61	79,14400	125,45	1,585	50	X	
32	1804588919201902228-EIM 07-2	25,7	51,2	10,39	7,65	79,48350	106,45	1,339	40	X	
33	1804588919201902228-EIM 07-3	25,7	51,2	10,47	7,58	79,36260	104,85	1,321	50	X	
34	1804588919201902228-EIM 07-4	25,7	51,2	10,55	7,87	83,02850	105,58	1,272	50	X	
35	1804588919201902228-EIM 07-5	25,7	51,2	10,15	7,91	80,28650	100,45	1,251	50	X	
							Promedio \bar{X}	108,556			
							Desviación estándar S_{n-1}	9,723			
							Coefficiente de variación CV	8,957			

Ítem	Identificación de probeta	Temperatura °C	Humedad Relativa %	Sección transversal de la probeta			Energía absorbida (J)	Resistencia al impacto (KCCU) (J/cm ²)	Aspecto de la fractura (% de eizallamiento)	Fractura de la probeta	
				Altura (cm)	Ancho (cm)	Área (cm ²)				SI	NO
36	1804588919201902228-EIM 08-1	25,9	50,3	10,34	7,84	81,06560	107,85	1,330	50	X	
37	1804588919201902228-EIM 08-2	25,9	50,3	10,33	7,95	82,12350	105,58	1,286	50	X	
38	1804588919201902228-EIM 08-3	25,9	50,3	10,34	7,86	81,27240	104,45	1,285	60	X	
39	1804588919201902228-EIM 08-4	25,9	50,3	10,29	7,81	80,36490	126,60	1,575	50	X	
40	1804588919201902228-EIM 08-5	25,9	50,3	10,17	8,01	81,46170	95,78	1,176	60	X	
							Promedio \bar{X}	108,052			
							Desviación estándar S_{n-1}	11,333			
							Coefficiente de variación CV	10,489			

INFORME DE ENSAYO DE IMPACTO CHARPY DE MATERIALES METÁLICOS.

Página 6 de 10

Código: RG-RM-041
Fecha de Elaboración: 28-04-2017
Fecha de última aprobación: 19-11-2018
Revisión: 1



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carracero



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

Ítem	Identificación de probeta	Temperatura °C	Humedad Relativa %	Sección transversal de la probeta			Energía absorbida (J)	Resistencia al impacto (KCU) (J/cm²)	Aspecto de la fractura (% de cizallamiento)	Fractura de la probeta			
				Altura (cm)	Ancho (cm)	Área (cm²)				SI	NO		
41	180458891920190228-EIM 09-1	22.2	58.1	9.62	7.7	74.07400	154.29	2.083	50	X	X		
42	180458891920190228-EIM 09-2	23.5	55.5	9.61	8.03	77.16830	106.05	1.374	60	X	X		
43	180458891920190228-EIM 09-3	23.5	55.5	9.73	7.66	74.53180	174.42	2.340	50	X	X		
44	180458891920190228-EIM 09-4	23.5	55.5	9.57	8	76.56000	170.25	2.224	50	X	X		
45	180458891920190228-EIM 09-5	23.5	55.5	9.6	7.65	73.44000	145.53	1.982	40	X	X		
							Promedio \bar{X}	150.108					
							Desviación estándar S_p-1	27.278	0.376				
							Coeficiente de variación CV					18.172	18.779

Ítem	Identificación de probeta	Temperatura °C	Humedad Relativa %	Sección transversal de la probeta			Energía absorbida (J)	Resistencia al impacto (KCU) (J/cm²)	Aspecto de la fractura (% de cizallamiento)	Fractura de la probeta			
				Altura (cm)	Ancho (cm)	Área (cm²)				SI	NO		
46	180458891920190228-EIM 10-1	22.7	54.2	9.89	7.61	75.26290	128.42	1.706	50	X	X		
47	180458891920190228-EIM 10-2	22.7	54.2	9.87	7.5	74.02500	183.35	2.477	60	X	X		
48	180458891920190228-EIM 10-3	22.7	54.2	10	7.59	75.90000	176.21	2.322	50	X	X		
49	180458891920190228-EIM 10-4	22.7	54.2	9.93	7.9	78.44700	143.21	1.826	60	X	X		
50	180458891920190228-EIM 10-5	22.7	54.2	10.06	7.4	74.44400	153.12	2.057	70	X	X		
							Promedio \bar{X}	156.862	2.077				
							Desviación estándar S_p-1	22.832	0.324				
							Coeficiente de variación CV					14.556	15.612



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carrocero



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

Ítem	Identificación de probeta	Temperatura °C	Humedad Relativa %	Sección transversal de la probeta			Energía absorbida (J)	Resistencia al impacto (KCU) (J/cm²)	Aspecto de la fractura (% de cizallamiento)	Fractura de la probeta	
				Altura (cm)	Ancho (cm)	Área (cm²)				SI	NO
51	1804588919201902228-EIM 11-1	23,2	52,8	9,82	8,17	80,22940	98,45	1,227	30	X	
52	1804588919201902228-EIM 11-2	23,2	52,8	10,15	8,07	81,91050	135,54	1,655	20	X	
53	1804588919201902228-EIM 11-3	23,2	52,8	10,09	7,97	80,41730	134,65	1,674	30	X	
54	1804588919201902228-EIM 11-4	23,2	52,8	10,14	7,99	81,01860	136,56	1,686	40	X	
55	1804588919201902228-EIM 11-5	23,2	52,8	10,19	7,92	80,70480	146,76	1,818	30	X	
				Promedio \bar{X}			130,392	1,612			
				Desviación estándar S_{n-1}			18,513	0,225			
				Coeficiente de variación CV			14,198	13,937			

Ítem	Identificación de probeta	Temperatura °C	Humedad Relativa %	Sección transversal de la probeta			Energía absorbida (J)	Resistencia al impacto (KCU) (J/cm²)	Aspecto de la fractura (% de cizallamiento)	Fractura de la probeta	
				Altura (cm)	Ancho (cm)	Área (cm²)				SI	NO
56	1804588919201902228-EIM 12-1	25,6	55,4	9,83	7,87	77,36210	130,45	1,686	30	X	
57	1804588919201902228-EIM 12-2	25,6	55,4	10,19	7,86	80,09340	143,64	1,793	40	X	
58	1804588919201902228-EIM 12-3	25,6	55,4	10,36	7,78	80,60080	133,45	1,656	30	X	
59	1804588919201902228-EIM 12-4	25,6	55,4	9,99	7,93	79,22070	170,45	2,152	70	X	
60	1804588919201902228-EIM 12-5	25,6	55,4	10,54	8,08	85,16320	93,05	1,093	40	X	
				Promedio \bar{X}			134,208	1,676			
				Desviación estándar S_{n-1}			27,889	0,381			
				Coeficiente de variación CV			20,780	22,738			

Código: RG-FM-041
Fecha de Elaboración: 28-04-2017
Fecha de última aprobación: 19-11-2018
D:\materiales\

INFORME DE ENSAYO DE IMPACTO CHARPY DE MATERIALES METÁLICOS.

Página 8 de 10



Centro de Fomento Productivo
Metalmecánico Carrocerío



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

Ítem	Identificación de probeta	Temperatura °C	Humedad Relativa %	Sección transversal de la probeta			Energía absorbida (J)	Resistencia al impacto (KCU) (J/ cm ²)	Aspecto de la fractura (% de cizallamiento)	Fractura de la probeta	
				Altura (cm)	Ancho (cm)	Área (cm ²)				SI	NO
61	180458891920190228-EIM 13-1	24,0	57,2	9,94	7,89	78,42660	158,85	2,025	40	X	X
62	180458891920190228-EIM 13-2	24,0	57,2	9,95	8,04	79,99800	159,44	1,993	40	X	X
63	180458891920190228-EIM 13-3	24,0	57,2	10,4	7,68	79,87200	148,29	1,857	30	X	X
64	180458891920190228-EIM 13-4	24,0	57,2	10,1	7,75	78,27500	173,68	2,219	30	X	X
65	180458891920190228-EIM 13-5	24,0	57,2	10,05	8,09	81,30450	149,29	1,836	30	X	X
				Promedio \bar{X}			157,910	1,986			
				Desviación estándar S_{p-1}			10,232	0,154			
				Coeficiente de variación CV			6,480	7,760			

Ítem	Identificación de probeta	Temperatura °C	Humedad Relativa %	Sección transversal de la probeta			Energía absorbida (J)	Resistencia al impacto (KCU) (J/ cm ²)	Aspecto de la fractura (% de cizallamiento)	Fractura de la probeta	
				Altura (cm)	Ancho (cm)	Área (cm ²)				SI	NO
66	180458891920190228-EIM 14-1	24,1	54,8	10,13	7,32	74,15160	158,85	2,142	50	X	X
67	180458891920190228-EIM 14-2	24,1	54,8	9,88	7,79	76,96320	150,56	1,956	30	X	X
68	180458891920190228-EIM 14-3	24,1	54,8	9,76	7,72	75,34720	154,45	2,050	30	X	X
69	180458891920190228-EIM 14-4	24,1	54,8	9,95	7,11	70,74450	123,06	1,739	30	X	X
70	180458891920190228-EIM 14-5	24,1	54,8	9,97	7,76	77,36720	149,56	1,933	20	X	X
				Promedio \bar{X}			147,296	1,964			
				Desviación estándar S_{p-1}			14,034	0,150			
				Coeficiente de variación CV			9,528	7,660			

Código: RG-RM-041
Fecha de Elaboración: 28-04-2017
Fecha de última aprobación: 19-11-2018
Revisión: 1

INFORME DE ENSAYO DE IMPACTO CHARPY DE MATERIALES METÁLICOS.

Página 9 de 10



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carrocero



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

Ítem	Identificación de probeta	Temperatura °C	Humedad Relativa %	Sección transversal de la probeta			Energía absorbida (J)	Resistencia al impacto (KCU) (J/cm²)	Aspecto de la fractura (% de cizallamiento)	Fractura de la probeta		
				Altura (cm)	Ancho (cm)	Área (cm²)				SI	NO	
71	1804588919201902228-EIM 15-1	24,2	55,1	9,92	7,63	75,68960	159,56	2,108	40	X		
72	1804588919201902228-EIM 15-2	24,2	55,1	9,95	7,81	77,70950	137,64	1,771	40	X		
73	1804588919201902228-EIM 15-3	24,2	55,1	9,96	7,9	78,68400	137,67	1,750	40	X		
74	1804588919201902228-EIM 15-4	24,2	55,1	10,07	7,69	77,43830	135,24	1,746	50	X		
75	1804588919201902228-EIM 15-5	24,2	55,1	10,08	7,24	72,97920	93,05	1,275	30	X		
							Promedio \bar{X}	132,632				
							Desviación estándar S_{n-1}	24,234	0,297			
							Coefficiente de variación CV	18,271	17,154			

Ítem	Identificación de probeta	Temperatura °C	Humedad Relativa %	Sección transversal de la probeta			Energía absorbida (J)	Resistencia al impacto (KCU) (J/cm²)	Aspecto de la fractura (% de cizallamiento)	Fractura de la probeta	
				Altura (cm)	Ancho (cm)	Área (cm²)				SI	NO
76	1804588919201902228-EIM 16-1	24,7	53,1	9,62	7,4	71,18800	135,45	1,903	40	X	
77	1804588919201902228-EIM 16-2	24,7	53,1	9,65	7,6	73,34000	136,34	1,859	40	X	
78	1804588919201902228-EIM 16-3	24,7	53,1	9,53	7,89	75,19170	98,67	1,312	30	X	
79	1804588919201902228-EIM 16-4	24,7	53,1	9,57	7,8	74,64600	134,67	1,804	40	X	
80	1804588919201902228-EIM 16-5	24,7	53,1	9,47	7,59	71,87730	155,32	2,161	30	X	
							Promedio \bar{X}	132,090	1,808		
							Desviación estándar S_{n-1}	20,570	0,309		
							Coefficiente de variación CV	15,573	17,092		

Observaciones: Ninguna

INFORME DE ENSAYO DE IMPACTO CHARPY DE MATERIALES METÁLICOS.

Página 10 de 10

Código: EG-RM-041
Fecha de Elaboración: 28-04-2017
Fecha de última aprobación: 19-11-2018

ANEXO D-5: Informe de ensayo metalográfico de probetas



CENTRO DE TRANSFERENCIA Y TECNOLOGÍA FACULTAD INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA - UTA



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
Laboratorio – Ingeniería Mecánica


ENSAYO METALOGRAFÍA

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo No:	01
Identificación del componente de estudio:	PROBETA DE SOLDADURA		
Solicitado por:	Sr. Eduardo Ronquillo	Fecha:	15/04/2019
Centro de Estudio y Análisis:	Laboratorio de Metalografía - FICM		

PARÁMETROS

ORDEN: 49

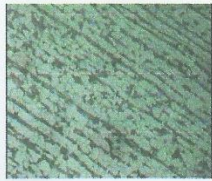


Equipo:	Microscopio Metalográfico	Marca:	VANGUARD	Modelo: N267521
	Temperatura Ambiente:	Magnificación:	Filtro:	Iluminación:
	17.00 °C	40-400X	4 colores	Luz fluorescente

PARÁMETROS DEL ENSAYO METALGRÁFICO

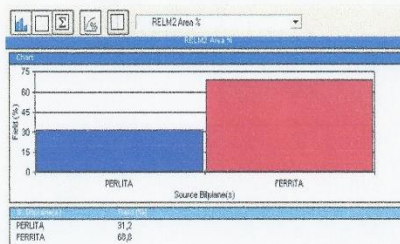
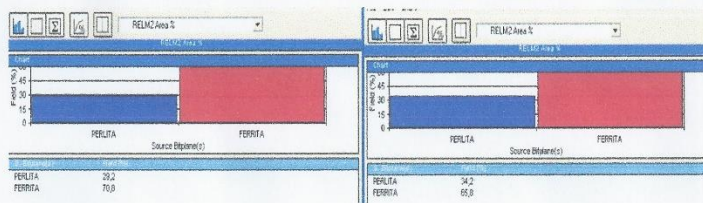
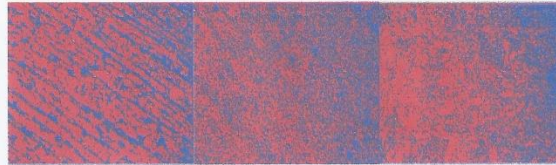
Acondicionamiento de la superficie:	Pulido Mecánico		
Temperatura durante el pulido:	24 °C	Superficie preparada en:	Lijas: 240, 320, 400, 600, 1500
Ataque Químico de la superficie con:	Nital 4	Durante:	8 segundos

RESULTADO:

FOTOGRAFÍAS DE LA MICROESTRUCTURA

		
A36	ZAT	SOLDADURA

• Análisis mediante Software



MATERIAL BASE A36	ZAT	SOLDADURA
Porcentaje de Carbono $\%C = 0.738 \%P + 0.022$ $\%C = 0.237\%$	Porcentaje de Carbono $\%C = 0.738 \%P + 0.022$ $\%C = 0.274\%$	Porcentaje de Carbono $\%C = 0.738 \%P + 0.022$ $\%C = 0.252\%$
Dureza Brinell $HB = \%P(HB P) + \%F(HB F)$ $HB = 133.8 HB$	Dureza Brinell $HB = \%P(HB P) + \%F(HB F)$ $HB = 141.3 HB$	Dureza Brinell $HB = \%P(HB P) + \%F(HB F)$ $HB = 136.8 HB$
Resistencia a la Tracción $\sigma_u = 500HB (psi)$ $\sigma_u = 500(133.8) (psi)$ $\sigma_u = 66.900 (kpsi)$	Resistencia a la Tracción $\sigma_u = 500HB (psi)$ $\sigma_u = 500(141.3) (psi)$ $\sigma_u = 70.650 (kpsi)$	Resistencia a la Tracción $\sigma_u = 500HB (psi)$ $\sigma_u = 500(136.8) (psi)$ $\sigma_u = 68.400 (kpsi)$



CENTRO DE TRANSFERENCIA Y TECNOLOGÍA FACULTAD INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA - UTA



.....
Edo. Gustavo Pomaquero
TÉCNICO LABORATORISTA



.....
Ing. Sebastián Villegas
TÉCNICO DE LABORATORIO



.....
Ing. Santiago Medina
COORDINADOR DE CTT

ANEXO E-1: Norma AWS B4.0

STD-AWS B4.0-ENGL 1998 ■ 0784265 0509329 671 ■

15

A2. Tension Tests

1. Scope

1.1 This section covers the tension testing of welded joints.

1.2 This standard does not specify required properties or acceptance criteria.

1.3 When this standard is used as a portion of a specification for a welded structure or assembly or for qualification, the following information shall be furnished:

- (1) The specific type(s) and number of specimens required
- (2) Base metal specification/identification
- (3) Filler material specification/identification
- (4) The anticipated property values and whether they are maximum or minimum requirements
- (5) Location and orientation of the specimens
- (6) Report form when required
- (7) Postweld thermal or mechanical processing treatments, as applicable

1.4 This standard is applicable to the following, when specified:

- (1) Qualification of materials and welding procedures where specified mechanical properties are required
- (2) Information, basis for acceptance and manufacturing quality control where mechanical properties are requested
- (3) Research and development

1.5 Safety Precautions. Safety precautions shall conform to the latest edition of ANSI/ASC Z49.1, *Safety in Welding, Cutting, and Allied Processes* published by the American Welding Society.

Note: This standard may involve hazardous materials, operations, and equipment. The standard does not purport to address all of the safety problems associated with its use. It is the responsibility of the user to establish appropriate safety and health practices. The user should determine the applicability of any regulatory limitations prior to use.

2. Applicable Documents

Reference should be made to the latest edition of the following documents:

ANSI/ASME B46.1	Surface Texture
ASTM E4	Standard Practices for Load Verification of Testing Machines
ASTM E8	Standard Methods of Tension Testing of Metallic Materials

ASTM B557	Standard Methods of Tension Testing Wrought and Cast Aluminum, and Magnesium Alloy Products
-----------	---

ANSI/AWS A2.4	Standard Symbols for Welding, Brazing, and Nondestructive Examination
---------------	---

ANSI/AWS A3.0	Standard Welding Terms and Definitions
---------------	--

The sources of these documents are the following:

American Society of Mechanical Engineers (ASME)
345 East 47th Street
New York, NY 10017

American Society for Testing and Materials (ASTM)
100 Barr Harbor Drive
West Conshohocken, PA 19428-2959

American Welding Society (AWS)
550 N.W. LeJeune Road
Miami, FL 33126

3. Summary of Method

Tension testing of welded joints is done by means of a calibrated testing machine and devices following the procedures described in section 8.

4. Significance

4.1 Tension tests provide information on the load bearing capacities, joint design and ductility of welded joints. The data obtained from tension tests may include:

- (1) Ultimate tensile strength
- (2) Yield strength
- (3) Yield point if it occurs
- (4) Percent elongation
- (5) Percent reduction of area
- (6) Stress-strain diagram
- (7) Location and mode of fracture

4.2 Tension tests provide quantitative data which can be compared and analyzed for use in the design and analysis of welded structures. Fracture surfaces may also provide information on the presence and effects of discontinuities such as incomplete fusion, incomplete joint penetration, porosity, inclusions and cracking.

8. Procedure

8.1 The testing procedure for weld specimens shall be as specified in ASTM E8.

8.2 Round Tension Specimens. Mechanical properties, namely ultimate tensile strength (UTS), yield strength at the specified offset, yield point if it occurs, elongation in a specified gage length and reduction of area are determined for round all-weld-metal tension specimens. If a yield point is reported, it shall have been determined in accordance with ASTM E8. The minimum original diameter shall be used for all calculations. For round transverse weld tension specimens, only ultimate tensile strength is determined, unless otherwise specified.

Ultimate Tensile Strength =

$$\frac{\text{Maximum Load}}{\text{Original Cross Sectional Area}} = \frac{P_{(\text{MAXIMUM})}}{\left(\frac{\pi D^2}{4}\right)}$$

Yield Strength at Specified Offset =

$$\frac{\text{Load at Specified Offset}}{\text{Original Cross Sectional Area}} = \frac{P_{(\text{Specified Offset})}}{\left(\frac{\pi D^2}{4}\right)}$$

Yield Point =

$$\frac{\text{Maximum Load prior to Specified Offset}}{\text{Original Cross Sectional Area}} = \frac{P_{(\text{yp})}}{\left(\frac{\pi D^2}{4}\right)}$$

Percent Elongation =

$$\frac{\text{Final gage length} - \text{Original gage length}}{\text{Original gage length}} \times 100 =$$

$$\frac{G_f - G_o}{G_o} \times 100$$

Percent Reduction of Area =

$$\frac{(\text{Original Diameter})^2 - (\text{Final Diameter})^2}{(\text{Original Diameter})^2} \times 100 =$$

$$\frac{D_o^2 - D_f^2}{D_o^2} \times 100$$

8.3 Rectangular Tension Tests (Figures A12, A13, A14). The ultimate tensile strength calculation for rectangular tension test is the following:

Ultimate Tensile Strength =

$$\frac{\text{Maximum Load}}{\text{Original Area}} = \frac{P_{(\text{MAXIMUM})}}{W \times T}$$

8.4 Tubular Tension Tests. The ultimate tensile strength calculation for reduced section (Figure A14) is the same as shown in section 8.3. The ultimate tensile strength calculation for full section (Figure A15) is as follows:

Ultimate Tensile Strength =

$$\frac{\text{Maximum Load}}{\text{Original Area}} = \frac{P_{(\text{MAXIMUM})}}{0.7854 \times (OD^2 + ID^2)}$$

9. Report

In addition to the requirements of applicable documents, the report shall include the following:

- (1) Base metal specification
- (2) Filler metal specification
- (3) Welding procedure (process and parameters)
- (4) Specimen type
- (5) Joint geometry
- (6) Location of fracture and type of failure (ductile or brittle)
- (7) Calculated ultimate tensile strength
- (8) For round all-weld-metal specimen only: yield strength at the specified offset, yield point if it occurs, percent elongation in the specified gage length and percent reduction of area
- (9) Any observation of unusual characteristics of the specimens or procedure

A3. Fracture Toughness Tests

1. Scope

1.1 This section covers the fracture toughness testing of welds. Methods include the Charpy V-Notch (C_v), the Dynamic Tear (DT), the Plane-Strain Fracture Toughness (K_{Ic}) and the Drop Weight Nil-Ductility Temperature (DWNDT) Tests.

1.2 When a fracture toughness test is required, the preparation of the weld, the test specimen and the test methods shall conform to this standard.

1.3 This standard is applicable to the following when specified:

- (1) For qualification of materials, welding procedures and welding personnel where a specified level of fracture toughness is required.
- (2) For information, specification of acceptance and manufacturing quality control where a minimum criterion for fracture toughness is requested. Detailed discussion of the selection of test method and a specified minimum value in a specific case is beyond the scope of this standard.
- (3) Research and development.

1.4 When this standard is used the following information shall be furnished:

- (1) The specific types and number of specimens required.
- (2) Base metal specifications/identification
- (3) Filler material specification/identification
- (4) The anticipated property values and whether they are maximum or minimum requirements
- (5) Location and orientation of the specimen and notch
- (6) Joint geometry
- (7) Test temperature
- (8) Postweld thermal or mechanical treatments

1.5 Safety Precautions. Safety precautions shall conform to the latest edition of ANSI/ASC Z49.1, *Safety in Welding, Cutting, and Allied Processes* published by the American Welding Society.

Note: This standard may involve hazardous materials, operations, and equipment. The standard does not purport to address all of the safety problems associated with its use. It is the responsibility of the user to establish appropriate safety and health practices. The user should determine the applicability of any regulatory limitations prior to use.

2. Applicable Documents

Reference should be made to the latest edition of the following documents:

ANSI/ASME B46.1	Surface Texture
ASTM E23	Standard Methods for Notched Bar Impact Testing of Metallic Materials
ASTM E208	Standard Method for Conducting Drop-Weight Test to Determine Nil-Ductility Transition Temperature of Ferritic Steels
ASTM A370	Standard Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products
ASTM E399	Test Method for Plane-Strain Fracture Toughness of Metallic Materials
ASTM E604	Standard Test Method for Dynamic Tear Testing of Metallic Materials
ASTM E616	Standard Terminology Relating to Fracture Testing
ANSI/AWS A2.4	Standard Symbols for Welding, Brazing, and Nondestructive Examination
ANSI/AWS A3.0	Standard Welding Terms and Definitions

The sources for these documents are the following:

- American Society of Mechanical Engineers (ASME)
345 East 47th Street
New York, NY 10017
- American Society for Testing and Materials (ASTM)
100 Barr Harbor Drive
West Conshohocken, PA 19428-2959
- American Welding Society (AWS)
550 N.W. LeJeune Road
Miami, FL 33126

3. Summary of Method

3.1 The method selected for fracture toughness testing shall be that required in the specification of a material, fabrication document or as otherwise specified.

3.2 Specimens shall be removed from a weldment so that the results of the test are representative of the structural performance of the weld joint.

Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials [Metric]¹

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

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

1. Scope *

1.1 These test methods cover the tension testing of metallic materials in any form at room temperature, specifically, the methods of determination of yield strength, yield point elongation, tensile strength, elongation, and reduction of area.

NOTE 1—These test methods are the metric companion of Test Methods E 8. Committee E-28 was granted an exception in 1997 by the Committee on Standards to maintain E 8 and E8M as separate companion standards rather than combining standards as recommended by the Form and Style manual.

NOTE 2—These metric test methods are essentially the same as those in Test Methods E 8, and are compatible in technical content except that gage lengths are required to be 5D for most round specimens rather than 4D as specified in Test Methods E 8. Test specimens made from powder metallurgy (P/M) materials are exempt from this requirement by industry-wide agreement to keep the pressing of the material to a specific projected area and density.

NOTE 3—Exceptions to the provisions of these test methods may need to be made in individual specifications or test methods for a particular material. For examples, see Test Methods and Definitions A 370 and Test Methods B 557M.

NOTE 4—Room temperature shall be considered to be 10 to 38°C unless otherwise specified.

1.2 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:

- A 356/A356M Specification for Steel Castings, Carbon, Low Alloy, and Stainless Steel, Heavy-Walled for Steam Turbines²
- A 370 Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products³
- B 557M Test Methods of Tension Testing Wrought and Cast

¹ These test methods are under the jurisdiction of ASTM Committee E28 on Mechanical Testing and are the direct responsibility of Subcommittee E28.04 on Uniaxial Testing.

Current edition approved Dec. 10, 2000. Published February 2001. Originally published as E 8M – 84. Last previous edition E 8M – 00a.

² Annual Book of ASTM Standards, Vol 01.02.

³ Annual Book of ASTM Standards, Vol 01.03.

Aluminum- and Magnesium-Alloy Products [Metric]⁴

E 4 Practices for Force Verification of Testing Machines⁵

E 6 Terminology Relating to Methods of Mechanical Testing⁵

E 8 Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials⁵

E 29 Practice for Using Significant Digits in Test Data to Determine Conformance with Specifications⁶

E 83 Practice for Verification and Classification of Extensometers⁵

E 345 Test Methods of Tension Testing of Metallic Foil⁵

E 691 Practice for Conducting an Interlaboratory Study to Determine the Precision of a Test Method⁶

E 1012 Practice for Verification of Specimen Alignment Under Tensile Loading⁵

3. Terminology

3.1 **Definitions**—The definitions of terms relating to tension testing appearing in Terminology E 6 shall be considered as applying to the terms used in these test methods of tension testing. Additional terms being defined are as follows:

3.1.1 **discontinuous yielding**—a hesitation or fluctuation of force observed at the onset of plastic deformation, due to localized yielding. (The stress-strain curve need not appear to be discontinuous.)

3.1.2 **lower yield strength, LYS** [FL^{-2}]⁷—the minimum stress recorded during discontinuous yielding, ignoring transient effects.

3.1.3 **upper yield strength, UYS** [FL^{-2}]⁷—the first stress maximum (stress at first zero slope) associated with discontinuous yielding.

3.1.4 **yield point elongation, YPE**—the strain (expressed in percent) separating the stress-strain curve's first point of zero slope from the point of transition from discontinuous yielding to uniform strain hardening. If the transition occurs over a range of strain, the YPE end point is the intersection between (a) a horizontal line drawn tangent to the curve at the last zero slope and (b) a line drawn tangent to the strain hardening portion of the stress-strain curve at the point of inflection. If there is no point at or near the onset of yielding at which the

⁴ Annual Book of ASTM Standards, Vol 02.02.

⁵ Annual Book of ASTM Standards, Vol 03.01.

⁶ Annual Book of ASTM Standards, Vol 14.02.

*A Summary of Changes section appears at the end of this standard.

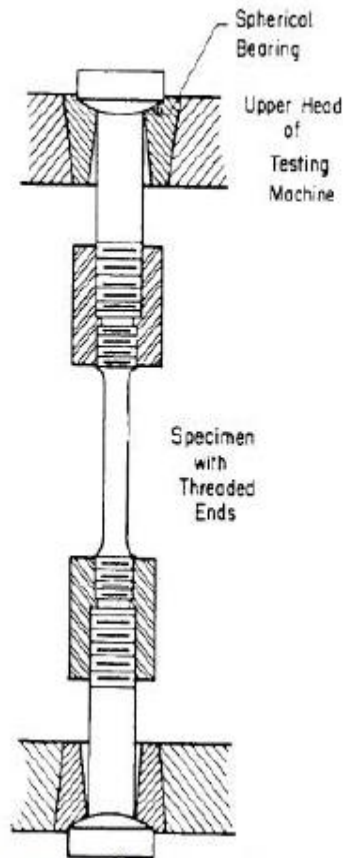


FIG. 3 Gripping Device for Threaded-End Specimens

within the gage length. For this reason, a small taper is permitted in the reduced section of each of the specimens described in the following sections.

6.1.4 *Specimen Surface Finish*—When materials are tested with surface conditions other than as manufactured, the surface finish of the test specimens shall be as provided in the applicable product specifications.

NOTE 8—Particular attention should be given to the uniformity and quality of surface finish of specimens for high strength and very low ductility materials, since this has been shown to be a factor in the variability of test results.

6.2 *Plate-Type Specimens*—The standard plate-type specimen is shown in Fig. 1. This specimen is used for testing metallic materials in the form of plate, shapes, and flat material having a nominal thickness of 5 mm or over. When product specifications so permit, other types of specimens may be used, as provided in 6.3, 6.4, and 6.5.

6.3 *Sheet-Type Specimens:*

6.3.1 The standard sheet-type test specimen is shown in Fig. 1. This specimen is used for testing metallic materials in the form of sheet, plate, flat wire, strip, band, hoop, rectangles, and shapes ranging in nominal thickness from 0.13 to 19 mm. When product specifications so permit, other types of specimens may be used as provided in 6.2, 6.4, and 6.5.

NOTE 9—Test Methods E345 may be used for tension testing of

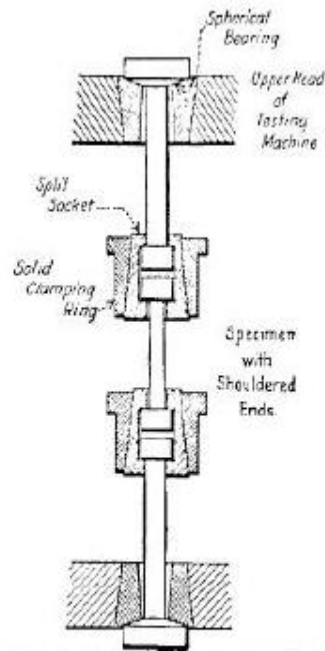


FIG. 4 Gripping Device for Shouldered-End Specimens

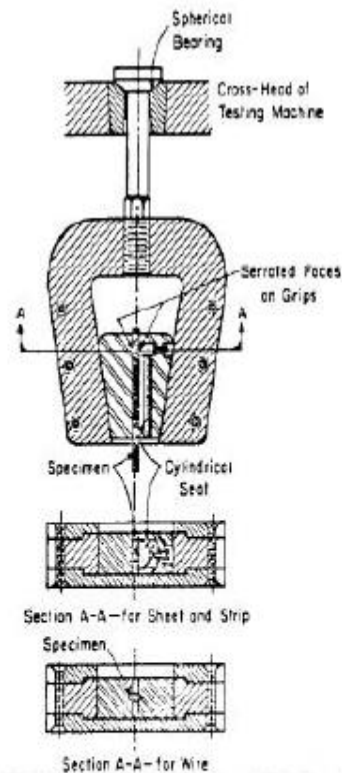


FIG. 5 Gripping Devices for Sheet and Wire Specimens

materials in thicknesses up to 0.150 mm.

6.3.2 Pin ends as shown in Fig. 7 may be used. In order to avoid buckling in tests of thin- and high-strength materials, it

experimentally determined by using suitable length-measuring and timing devices.

NOTE 21—For machines not having crossheads or having stationary crossheads, the phrase “free-running crosshead speed” may be interpreted to mean the free-running rate of grip separation.

7.6.3 Speed of Testing When Determining Yield Properties—Unless otherwise specified, any convenient speed of testing may be used up to one half the specified yield strength or up to one quarter the specified tensile strength, whichever is smaller. The speed above this point shall be within the limits specified. If different speed limitations are required for use in determining yield strength, yield point elongation, tensile strength, elongation, and reduction of area, they should be stated in the product specifications. In the absence of any specified limitations on speed of testing, the following general rules shall apply:

NOTE 22—In the previous and following paragraphs, the yield properties referred to include yield strength and yield point elongation.

7.6.3.1 The speed of testing shall be such that the forces and strains used in obtaining the test results are accurately indicated.

7.6.3.2 When performing a test to determine yield properties, the rate of stress application shall be between 1.15 and 11.5 MPa/s.

NOTE 23—When a specimen being tested begins to yield, the stressing rate decreases and may even become negative in the case of a specimen with discontinuous yielding. To maintain a constant stressing rate in this case would require the testing machine to operate at extremely high speeds and, in many cases, this is not practical. The speed of the testing machine shall not be increased in order to maintain a stressing rate when the specimen begins to yield. In practice, it is simpler to use either a strain rate, a rate of separation of the heads, or a free-running crosshead speed which approximates the desired stressing rate. As an example, use a strain rate that is less than 11.5 MPa/s divided by the nominal Young’s Modulus of the material being tested. As another example, find a rate of separation of the heads through experimentation which would approximate the desired stressing rate prior to the onset of yielding, and maintain that rate of separation of the heads through the region that yield properties are determined. While both of these methods will provide similar rates of stressing and straining prior to the onset of yielding, the rates of stressing and straining may be different in the region where yield properties are determined. This difference is due to the change in the rate of elastic deformation of the testing machine, before and after the onset of yielding. In addition, the use of any of the methods other than rate of straining may result in different stressing and straining rates when using different testing machines, due to differences in the stiffness of the testing machines used.

7.6.4 Speed of Testing When Determining Tensile Strength—In the absence of any specified limitations on speed of testing, the following general rules shall apply for materials with expected elongations greater than 5%. When determining only the tensile strength, or after the yield behavior has been recorded, the speed of the testing machine shall be set between 0.05 and 0.5 m/m of the length of the reduced section (or distance between the grips for specimens not having reduced sections) per minute. Alternatively, an extensometer and strain rate indicator may be used to set the strain between 0.05 and 0.5 m/m/min.

NOTE 24—For materials with expected elongations less than or equal to 5%, the speed of the testing machine may be maintained throughout the test at the speed used to determine yield properties.

NOTE 25—Tensile strength and elongation are sensitive to test speed for many materials (see Appendix XI) to the extent that variations within the range of test speeds given above can significantly affect results.

7.7 Determination of Yield Strength—Determine yield strength by any of the methods described in 7.7.1 to 7.7.4. Where extensometers are employed, use only those which are verified over a strain range in which the yield strength will be determined (see 5.4).

NOTE 26—For example, a verified strain range of 0.2 to 2.0% is appropriate for use in determining the yield strengths of many metals.

NOTE 27—Determination of yield behavior on materials which cannot support an appropriate extensometer (thin wire, for example) is problematic and outside the scope of this standard.

7.7.1 Offset Method—To determine the yield strength by the offset method, it is necessary to secure data (autographic or numerical) from which a stress-strain diagram may be drawn. Then on the stress-strain diagram (Fig. 21) lay off O_m equal to the specified value of the offset, draw mn parallel to OA , and thus locate r , the intersection of mn with the stress-strain diagram (Note 33). In reporting values of yield strength obtained by this method, the specified value of offset used should be stated in parentheses after the term yield strength, as follows:

$$\text{yield strength (offset = 0.2\%)} = 360 \text{ MPa} \quad (3)$$

In using this method, a Class B2 or better extensometer (see Practice E 83) shall be used.

NOTE 28—There are two general types of extensometers, averaging and non-averaging, the use of which is dependent on the product tested. For most machined specimens, there are minimal differences. However, for some forgings and tube sections, significant differences in measured yield strength can occur. For these cases, it is recommended that the averaging type be used.

NOTE 29—When there is a disagreement over yield properties, the

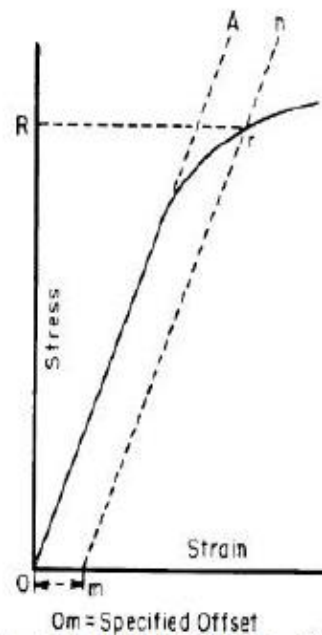


FIG. 21 Stress-Strain Diagram for Determination of Yield Strength by the Offset Method

offset method for determining yield strength is recommended as the referee method.

7.7.2 Extension-Under-Load Method—Yield strength by the extension-under-load method may be determined by: (1) using autographic or numerical devices to secure stress-strain data, and then analyzing this data (graphically or using automated methods) to determine the stress value at the specified value of extension, or (2) using devices that indicate when the specified extension occurs, so that the stress then occurring may be ascertained (Note 31). Any of these devices may be automatic. This method is illustrated in Fig. 22. The stress at the specified extension shall be reported as follows:

$$\text{yield strength (EUL} = 0.5\%) = 300 \text{ MPa} \quad (4)$$

Extensometers and other devices used in determination of the extension shall meet Class B2 requirements (see Practice E 83) at the strain of interest, except where use of low-magnification Class C devices is helpful, such as in facilitating measurement of YPE if observed. If Class C devices are used, this must be reported along with the results.

Note 30—The appropriate value of the total extension must be specified. For steels with nominal yield strengths of less than 550 MPa, an appropriate value is 0.005 minimum (0.5%) of the gage length. For higher strength steels, a greater extension or the offset method should be used.

Note 31—When no other means of measuring elongation are available, a pair of dividers or similar device can be used to determine a point of detectable elongation between two gage marks on the specimen. The gage length shall be 50 mm. The stress corresponding to the load at the instant of detectable elongation may be recorded as the *approximate* extension-under-load yield strength.

7.7.3 Autographic Diagram Method (for materials exhibiting discontinuous yielding)—Obtain stress-strain (or force-elongation) data or construct a stress-strain (or load-elongation) diagram using an autographic device. Determine the upper or lower yield strength as follows:

7.7.3.1 Record the stress corresponding to the maximum force at the onset of discontinuous yielding as the upper yield strength. This is illustrated in Fig. 23 and Fig. 24.

Note 32—If multiple peaks are observed at the onset of discontinuous

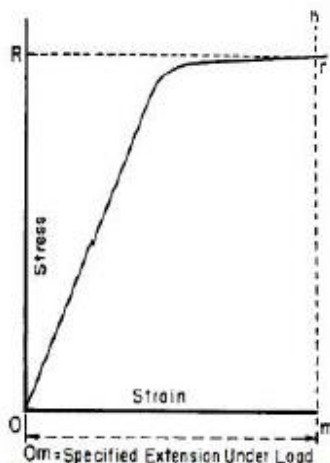


FIG. 22 Stress-Strain Diagram for Determination of Yield Strength by the Extension-Under-Load Method

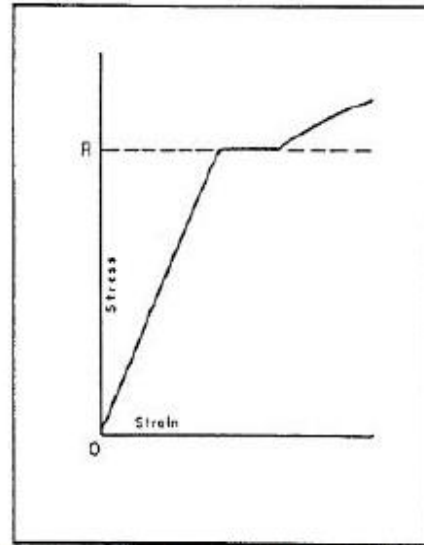


FIG. 23 Stress-Strain Diagram Showing Upper Yield Strength Corresponding with Top of Knee

yielding, the first is considered the upper yield strength. (See Fig. 24.)

7.7.3.2 Record the minimum stress observed during discontinuous yielding (ignoring transient effects) as the lower yield strength. This is illustrated in Fig. 24.

Note 33—Yield properties of materials exhibiting yield point elongation are often less repeatable and less reproducible than those of similar materials having no YPE. Offset and EUL yield strengths may be significantly affected by force fluctuations occurring in the region where the offset or extension intersects the stress-strain curve. Determination of upper or lower yield strengths (or both) may therefore be preferable for such materials, although these properties are dependent on variables such as test machine stiffness and alignment. Speed of testing may also have a significant effect, regardless of the method employed.

Note 34—Where low-magnification autographic recordings are needed to facilitate measurement of yield point elongation for materials which may have discontinuous yielding, Class C extensometers may be employed. When this is done but the material exhibits no discontinuous yielding, the extension-under-load yield strength may be determined instead, using the autographic recording (see Extension-Under-Load Method).

7.7.4 Halt-of-the-Force Method (for materials exhibiting discontinuous yielding)—Apply an increasing force to the specimen at a uniform deformation rate. When the force hesitates, record the corresponding stress as the upper yield strength.

Note 35—The Halt-of-the-Force Method was formerly known as the Halt-of-the-Pointer Method, the Drop-of-the-Beam Method, and the Halt-of-the-Load Method.

7.8 Yield Point Elongation—Calculate the yield point elongation from the stress-strain diagram or data by determining the difference in strain between the upper yield strength (first zero slope) and the onset of uniform strain hardening (see definition of YPE and Fig. 24).

Note 36—The stress-strain curve of a material exhibiting only a hint of the behavior causing YPE may have an inflection at the onset of yielding

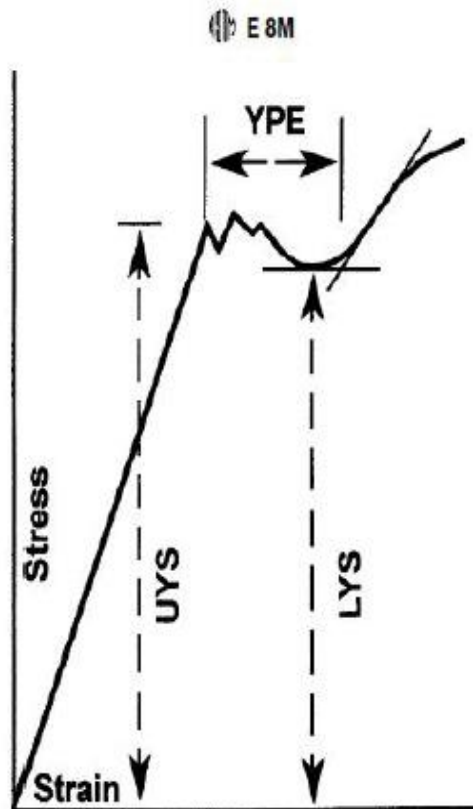


FIG. 24 Stress-Strain Diagram Showing Yield Point Elongation and Upper and Lower Yield Strengths

with no point where the slope reaches zero (Fig. 25). Such a material has no YPE, but may be characterized as exhibiting an *inflection*. Materials exhibiting inflections, like those with measurable YPE, may, in certain applications, acquire an unacceptable surface appearance during forming.

7.9 Tensile Strength—Calculate the tensile strength by dividing the maximum force carried by the specimen during the tension test by the original cross-sectional area of the specimen.

NOTE 37—If the upper yield strength is the maximum stress recorded, and if the stress-strain curve resembles that of Fig. 26, it is recommended that the maximum stress *after discontinuous yielding* be reported as the tensile strength. Where this may occur, determination of the tensile strength should be in accordance with the agreement between the parties involved.

7.10 Elongation:

7.10.1 In reporting values of elongation, give both the original gage length and the percentage increase. If any device other than an extensometer is placed in contact with the specimen's reduced section during the test, this shall also be noted.

Example: elongation = 30 % increase (50-mm gage length) (5)

NOTE 38—Elongation results are very sensitive to variables such as: (a) speed of testing, (b) specimen geometry (gage length, diameter, width, and thickness), (c) heat dissipation (through grips, extensometers, or other devices in contact with the reduced section), (d) surface finish in reduced section (especially burrs or notches), (e) alignment, and (f) fillets and tapers. Parties involved in comparison or conformance testing should standardize the above items, and it is recommended that use of ancillary devices (such as extensometer supports) which may remove heat from

specimens be avoided. See Appendix X1, for additional information on the effects of these variables.

7.10.2 When the specified elongation is greater than 3 %, fit ends of the fractured specimen together carefully and measure the distance between the gage marks to the nearest 0.25 mm for gage lengths of 50 mm and under, and to at least the nearest 0.5 % of the gage length for gage lengths over 50 mm. A percentage scale reading to 0.5 % of the gage length may be used.

7.10.3 When the *specified* elongation is 3 % or less, determine the elongation of the specimen using the following procedure, except that the procedure given in 7.10.2 may be used instead when the *measured* elongation is greater than 3 %.

7.10.3.1 Prior to testing, measure the original gage length of the specimen to the nearest 0.05 mm.

7.10.3.2 Remove partly torn fragments that will interfere with fitting together the ends of the fractured specimen or with making the final measurement.

7.10.3.3 Fit the fractured ends together with matched surfaces and apply a force along the axis of the specimen sufficient to close the fractured ends together. If desired, this force may then be removed carefully, provided the specimen remains intact.

NOTE 39—The use of a force of approximately 15 MPa has been found to give satisfactory results on test specimens of aluminum alloy.

7.10.3.4 Measure the final gage length to the nearest 0.05 mm and report the elongation to the nearest 0.2 %.

7.10.4 Elongation measured per paragraph 7.10.2 or 7.10.3

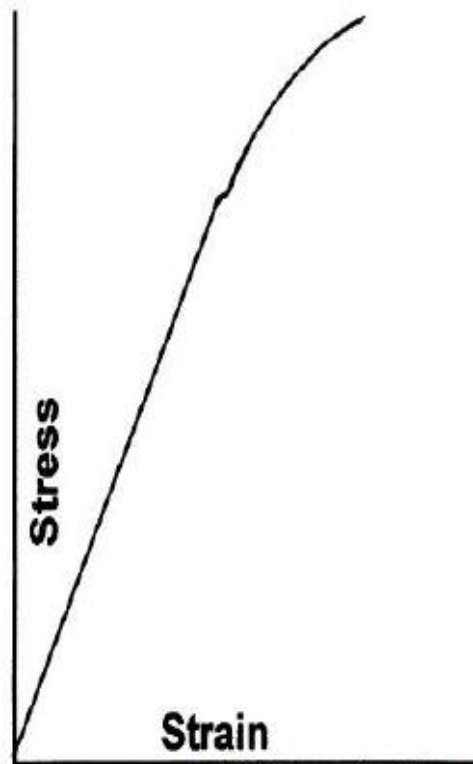


FIG. 25 Stress-Strain Diagram With an Inflection, But No YPE

may be affected by location of the fracture, relative to the marked gage length. If any part of the fracture occurs outside the gage marks or is located less than 25 % of the elongated gage length from either gage mark, the elongation value obtained using that pair of gage marks may be abnormally low and non-representative of the material. If such an elongation measure is obtained in acceptance testing involving only a minimum requirement and meets the requirement, no further testing need be done. Otherwise, discard the test and retest the material.

7.10.5 Elongation at fracture is defined as the elongation measured just prior to the sudden decrease in force associated with fracture. For many ductile materials not exhibiting a sudden decrease in force, the elongation at fracture can be taken as the strain measured just prior to when the force falls below 10 % of the maximum force encountered during the test.

7.10.5.1 Elongation at fracture shall include elastic and plastic elongation and may be determined with autographic or automated methods using extensometers verified over the strain range of interest (see 5.4). Use a class B2 or better extensometer for materials having less than 5 % elongation, a class C or better extensometer for materials having elongation greater than or equal to 5 % but less than 50 %, and a class D or better extensometer for materials having 50 % or greater elongation. In all cases, the extensometer gage length shall be the nominal gage length required for the specimen being tested. Due to the lack of precision in fitting fractured ends together, the elongation after fracture using the manual methods of the preceding paragraphs may differ from the elongation at fracture determined with extensometers.

7.10.5.2 Percent elongation at fracture may be calculated directly from elongation at fracture data and be reported instead of percent elongation as calculated in paragraphs 7.10.2 to 7.10.3. However, these two parameters are not interchangeable. Use of the elongation at fracture method generally provides more repeatable results.

Note 40—When disagreements arise over the percent elongation results, agreement must be reached on which method to use to obtain the results.

7.11 Reduction of Area:

7.11.1 The reduced area used to calculate reduction of area (see 7.11.2 and 7.11.3) shall be the minimum cross section at the location of fracture.

7.11.2 *Specimens With Originally Circular Cross Sections*—Fit the ends of the fractured specimen together and measure the reduced diameter to the same accuracy as the original measurement.

Note 41—Because of anisotropy, circular cross sections often do not remain circular during straining in tension. The shape is usually elliptical, thus, the area may be calculated by $\pi \cdot d_1 \cdot d_2 / 4$, where d_1 and d_2 are the major and minor diameters, respectively.

7.11.3 *Specimens With Originally Rectangular Cross Sections*—Fit the ends of the fractured specimen together and measure the thickness and width at the minimum cross section to the same accuracy as the original measurements.

Note 42—Because of the constraint to deformation that occurs at the corners of rectangular specimens, the dimensions at the center of the original flat surfaces are less than those at the corners. The shapes of these surfaces are often assumed to be parabolic. When this assumption is made,

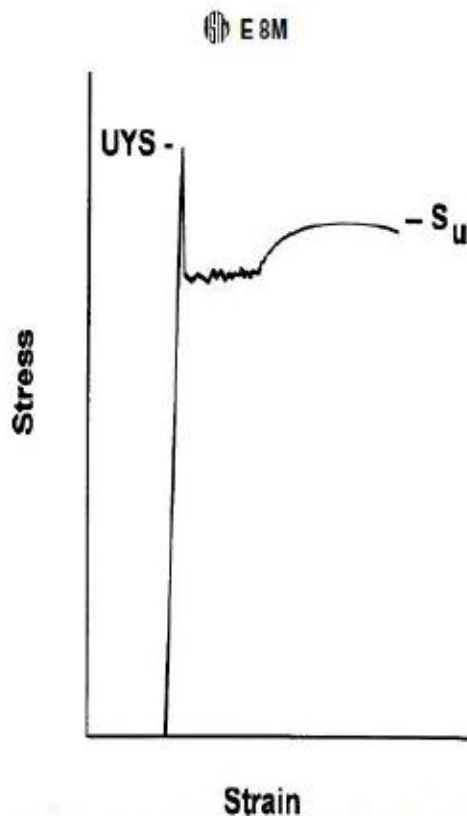


FIG. 26 Stress-Strain Diagram in Which the Upper Yield Strength is the Maximum Stress Recorded

an effective thickness, L , may be calculated by: $(t_1 + 4t_2 + t_3)/6$, where t_1 and t_3 are the thicknesses at the corners, and t_2 is the thickness at the mid-width. An effective width may be similarly calculated.

7.11.4 Calculate the reduced area based upon the dimensions determined in 7.11.2 or 7.11.3. The difference between the area thus found and the area of the original cross section expressed as a percentage of the original area is the reduction of area.

7.11.5 If any part of the fracture takes place outside the middle half of the reduced section or in a punched or scribed gage mark within the reduced section, the reduction of area value obtained may not be representative of the material. In acceptance testing, if the reduction of area so calculated meets the minimum requirements specified, no further testing is required, but if the reduction of area is less than the minimum requirements, discard the test results and retest.

7.11.6 Results of measurements of reduction of area shall be rounded using the procedures of Practice E 29 and any specific procedures in the product specifications. In the absence of a specified procedure, it is recommended that reduction of area test values in the range from 0 to 10% be rounded to the nearest 0.5% and test values of 10% and greater to the nearest 1%.

7.12 *Rounding Reported Test Data for Yield Strength and Tensile Strength*—Test data should be rounded using the procedures of Practice E 29 and the specific procedures in the product specifications. In the absence of a specified procedure for rounding the test data, one of the procedures described in the following paragraphs is recommended.

7.12.1 For test values up to 500 MPa, round to the nearest 1 MPa; for test values of 500 MPa and up to 1000 MPa, round to the nearest 5 MPa; for test values of 1000 MPa and greater, round to the nearest 10 MPa.

NOTE 43—For steel products, see Test Methods and Definitions A 370.

7.12.2 For all test values, round to the nearest 1 MPa.













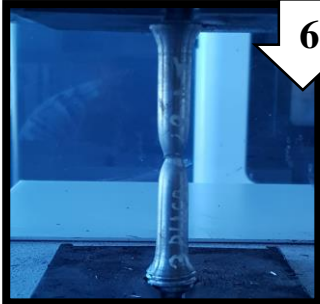

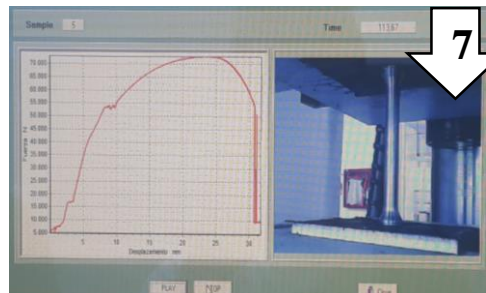
NOTE 44—For aluminum- and magnesium-alloy products, see Methods B 557M.

7.12.3 For all test values, round to the nearest 5 MPa.

7.13 *Replacement of Specimens*—A test specimen may be discarded and a replacement specimen selected from the same lot of material in the following cases:

- 7.13.1 The original specimen had a poorly machined surface,
- 7.13.2 The original specimen had the wrong dimensions,
- 7.13.3 The specimen's properties were changed because of poor machining practice,
- 7.13.4 The test procedure was incorrect,
- 7.13.5 The fracture was outside the gage length,
- 7.13.6 For elongation determinations, the fracture was outside the middle half of the gage length, or
- 7.13.7 There was a malfunction of the testing equipment.

NOTE 45—The tension specimen is inappropriate for assessing some types of imperfections in a material. Other methods and specimens employing ultrasonics, dye penetrants, radiography, etc., may be considered when flaws such as cracks, flakes, porosity, etc., are revealed during a test and soundness is a condition of acceptance.

CORTADOR	<p>Corte de las probetas para el ensayo de tracción (probetas circulares) según el código AWS D1.8</p> <div style="text-align: center;">  </div>	<div style="text-align: center;">  </div>  <div style="text-align: center;"> <p>AWS D1.8 Anexo A</p> </div>
AYUDANTE TESISTA	<p>Verificación de medidas y control de calidad AWS D1.8</p> <div style="text-align: center;">  </div>  <div style="text-align: center;"> <p>AWS B4.0</p> </div>	<p>Maquinado de las probetas circulares tomadas del cordón de soldadura</p> <div style="text-align: center;">  </div> 
CFPMC	<p>Control de la temperatura ambiente para la realización de los ensayos</p> <div style="text-align: center;">  </div> 	<p>Máquina de ensayos universal para metales ASTM E08</p> <div style="text-align: center;">  </div>  <div style="text-align: center;"> <p>ASTM E08</p> </div>
Eduardo Ronquillo	<p>Análisis de probetas</p> <div style="text-align: center;">  </div> 	<p>Graficas diagramas esfuerzo vs deformación</p> <div style="text-align: center;">  </div> 
Elaborado: Eduardo Ronquillo		Revisado: Ing. Oscar Analuiza

1

2

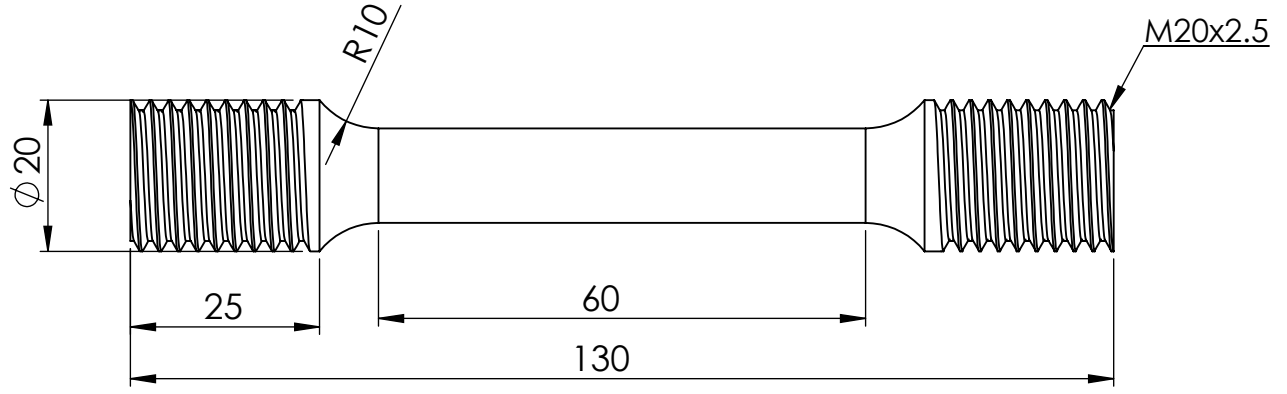
3

4

A

N5
▽

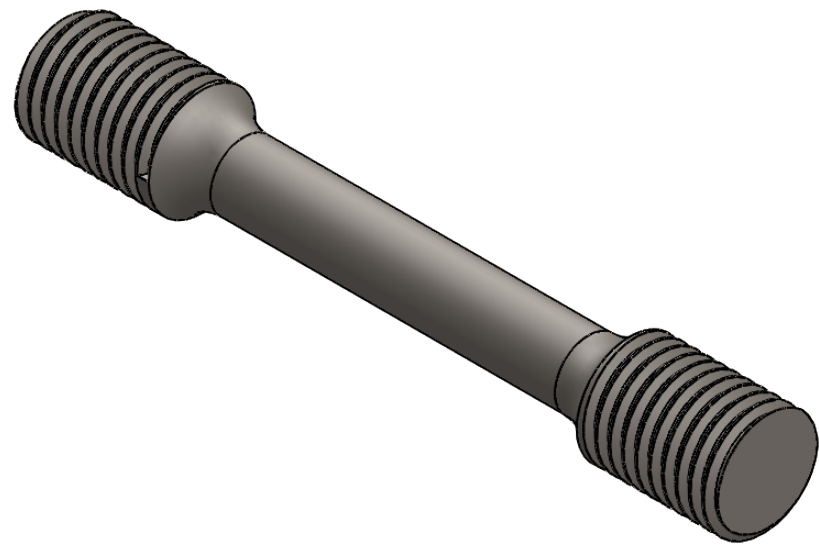
B



C

D

E



				TOLERANCIA: ±1	PESO: 0.189 kg	MATERIAL: ACERO ASTM A 36		
					FECHA	NOMBRE	TÍTULO: Probeta para Ensayo de Tracción	ESCALA: 1:1
					DIBUJÓ: 14/01/2019	Eduardo Ronquillo	N.º DE LÁMINA HOJA 1 DE 1	REGISTRO:
					REVISÓ: 14/01/2019	Eduardo Ronquillo		
					APROBÓ: 15/01/2019	Ing. Oscar Analuiza		
EDICIÓN:	MODIFICACIÓN:	FECHA:	NOMBRE:	U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA		SUSTITUCIÓN:		

ANEXO E-3: Norma ASTM E23



Designation: E 23 – 00

Standard Test Methods for Notched Bar Impact Testing of Metallic Materials¹

This standard is issued under the fixed designation E 23; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

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

1. Scope

1.1 These test methods describe notched-bar impact testing of metallic materials by the Charpy (simple-beam) test and the Izod (cantilever-beam) test. They give the requirements for: test specimens, test procedures, test reports, test machines (see Annex A1) verifying Charpy impact machines (see Annex A2), optional test specimen configurations (see Annex A3), pre-cracking Charpy V-notch specimens (see Annex A4), designation of test specimen orientation (see Annex A5), and determining the percent of shear fracture on the surface of broken impact specimens (see Annex A6). In addition, information is provided on the significance of notched-bar impact testing (see Appendix X1), methods of measuring the center of strike (see Appendix X2), and the availability of Charpy V-notch verification specimens (see Appendix X3).

1.2 These test methods do not address the problems associated with impact testing at temperatures below -196°C (-320°F , 77°K).

1.3 The values stated in SI units are to be regarded as the standard. Inch-pound units are provided for information only.

1.4 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.* Specific precautionary statements are given in Section 5.

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:

E 177 Practice for Use of the Terms Precision and Bias in ASTM Test Methods²

E 399 Test Method for Plane-Strain Fracture Toughness of Metallic Materials³

E 604 Test Method for Dynamic Tear Energy of Metallic Materials³

E 691 Practice for Conducting an Interlaboratory Study to Determine the Precision of a Test Method²

¹ These test methods are under the jurisdiction of ASTM Committee E-28 on Mechanical Testing and are the direct responsibility of Subcommittee E28-07 on Impact Testing.

Current edition approved May 10, 2000. Published August 2000. Originally published as E 23 – 33 T. Last previous edition E 23 – 98.

² Annual Book of ASTM Standards, Vol 14.02.

³ Annual Book of ASTM Standards, Vol 03.01.

E 1271 Practice for Qualifying Charpy Verification Specimens of Heat-treated Steel³

E 1313 Guide for Recommended Formats for Data Records Used in Computerization of Mechanical Test Data for Metals⁴

3. Summary of Test Method

3.1 The essential features of an impact test are: a suitable specimen (specimens of several different types are recognized), an anvil or support on which the test specimen is placed to receive the blow of the moving mass, a moving mass that has sufficient energy to break the specimen placed in its path, and a device for measuring the energy absorbed by the broken specimen.

4. Significance and Use

4.1 These test methods of impact testing relate specifically to the behavior of metal when subjected to a single application of a force resulting in multi-axial stresses associated with a notch, coupled with high rates of loading and in some cases with high or low temperatures. For some materials and temperatures the results of impact tests on notched specimens, when correlated with service experience, have been found to predict the likelihood of brittle fracture accurately. Further information on significance appears in Appendix X1.

5. Precautions in Operation of Machine

5.1 Safety precautions should be taken to protect personnel from the swinging pendulum, flying broken specimens, and hazards associated with specimen warming and cooling media.

6. Apparatus

6.1 General Requirements:

6.1.1 The testing machine shall be a pendulum type of rigid construction.

6.1.2 The testing machine shall be designed and built to conform with the requirements given in Annex A1.

6.2 Inspection and Verification

6.2.1 Inspection procedures to verify impact machines directly are provided in A2.2 and A2.3. The items listed in A2.2 must be inspected annually.

6.2.2 The procedures to verify Charpy V-notch machines

⁴ Annual Book of ASTM Standards, Vol 14.01.

indirectly, using verification specimens, are given in A2.4. Charpy impact machines must be verified annually.

7. Test Specimens

7.1 Configuration and Orientation:

7.1.1 Specimens shall be taken from the material as specified by the applicable specification. Specimen orientation should be designated according to the terminology given in Annex A5.

7.1.2 The type of specimen chosen depends largely upon the characteristics of the material to be tested. A given specimen may not be equally satisfactory for soft nonferrous metals and hardened steels; therefore, many types of specimens are recognized. In general, sharper and deeper notches are required to distinguish differences in very ductile materials or when using low testing velocities.

7.1.3 The specimens shown in Figs. 1 and 2 are those most widely used and most generally satisfactory. They are particularly suitable for ferrous metals, excepting cast iron.⁵

7.1.4 The specimen commonly found suitable for die-cast alloys is shown in Fig. 3.

7.1.5 The specimens commonly found suitable for powdered metals (P/M) are shown in Figs. 4 and 5. The specimen

surface may be in the as-produced condition or smoothly machined, but polishing has proven generally unnecessary. Unnotched specimens are used with P/M materials. In P/M materials, the impact test results are affected by specimen orientation. Therefore, unless otherwise specified, the position of the specimen in the machine shall be such that the pendulum will strike a surface that is parallel to the compacting direction.

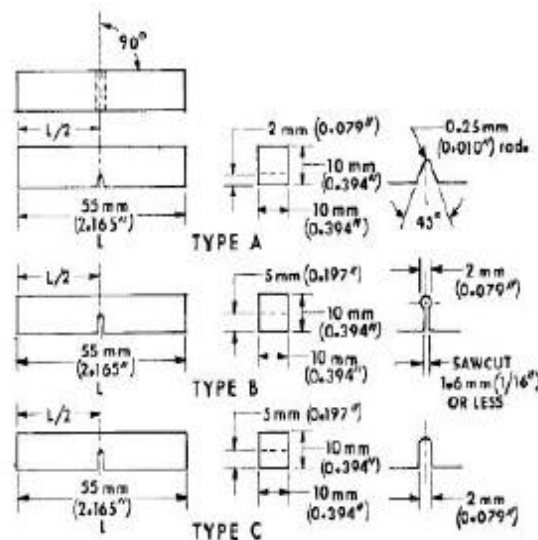
7.1.6 Sub-size and supplementary specimen recommendations are given in Annex A3.

7.2 Specimen Machining:

7.2.1 When heat-treated materials are being evaluated, the specimen shall be finish machined, including notching, after the final heat treatment, unless it can be demonstrated that the impact properties of specimens machined before heat treatment are identical to those machined after heat treatment.

7.2.2 Notches shall be smoothly machined but polishing has proven generally unnecessary. However, since variations in notch dimensions will seriously affect the results of the tests, adhering to the tolerances given in Fig. 1 is necessary (Appendix X1.2 illustrates the effects from varying notch dimensions on Type A specimens). In keyhole specimens, the round hole shall be carefully drilled with a slow feed rate. The slot may be cut by any feasible method, but care must be exercised in cutting the slot to ensure that the surface of the drilled hole opposite the slot is not damaged.

⁵ Report of Subcommittee XV on Impact Testing of Committee A-3 on Cast Iron, Proceedings, ASTM, Vol 33 Part 1, 1933.



Note 1—Permissible variations shall be as follows:

Notch length to edge	90° ± 2°
Adjacent sides shall be at	90° ± 10 min
Cross-section dimensions	± 0.075 mm (± 0.003 in.)
Length of specimen (L)	+0, -2.5 mm (+0, -0.100 in.)
Centering of notch (L/2)	± 1 mm (± 0.039 in.)
Angle of notch	± 1°
Radius of notch	± 0.025 mm (± 0.001 in.)
Notch depth:	
Type A specimen	± 0.025 mm (± 0.001 in.)
Types B and C specimen	± 0.075 mm (± 0.003 in.)
Finish requirements	2 μm (63 μin.) on notched surface and opposite face; 4 μm (125 μin.) on other two surfaces

FIG. 1 Charpy (Simple-Beam) Impact Test Specimens, Types A, B, and C

NOTE A2.2—Expansion bolts or fasteners with driven inserts shall not be used for foundations. These fasteners will work loose and/or tighten up against the bottom of the machine indicating a false high torque value when the bolts are tightened.

A2.2.7 Check the indicator zero and the friction loss of the machine as described in 8.1.

A2.3 *Direct Verification of Parts to be Verified at Least Once:*

A2.3.1 Specimen anvils and supports or Izod vises shall conform to the dimensions shown in Fig. A1.2 or Fig. A1.3.

NOTE A2.3—The impact machine will be inaccurate to the extent that some energy is used in deformation or movement of its component parts or of the machine as a whole; this energy will be registered as used in fracturing the specimen.

A2.3.2 The striker shall conform to the dimensions shown in Fig. A1.2 or Fig. A1.3. The mounting surfaces must be clean and free of defects that would prevent a good fit. Check that the striker complies with A1.10.3 (for Charpy tests) or A1.11.1 (for Izod tests).

A2.3.3 The pendulum alignment shall comply with A1.4 and A1.5. If the side play in the pendulum or the radial play in the bearings exceeds the specified limits, adjust or replace the bearings.

A2.3.4 *Determine the Center of Strike*—For Charpy machines the center of strike of the pendulum is determined using a half-width specimen (10 by 5 mm) in the test position. With the striker in contact with the specimen, a line marked along the top edge of the specimen on the striker will indicate the center of strike. For Izod machines, the center of strike may be considered to be the contact line when the pendulum is brought into contact with a specimen in the normal testing position.

A2.3.5 *Determine the Potential Energy*—The following procedure shall be used when the center of strike of the pendulum is coincident with the radial line from the centerline of the pendulum bearings (herein called the axis of rotation) to the center of gravity (see Appendix X2). If the center of strike is more than 1.0 mm (0.04 in.) from this line, suitable corrections in elevation of the center of strike must be made in A2.3.8.1 and A2.3.9, so that elevations set or measured correspond to what they would be if the center of strike were on this line. The potential energy of the system is equal to the height from which the pendulum falls, as determined in A2.3.5.2, times the supporting force, as determined in A2.3.5.1.

A2.3.5.1 To measure the supporting force, support the pendulum horizontally to within 15:1000 with two supports, one at the bearings (or center of rotation) and the other at the center of strike on the striker (see Fig. A2.1). Then arrange the support at the striker to react upon some suitable weighing device such as a platform scale or balance, and determine the weight to within 0.4 %. Take care to minimize friction at either point of support. Make contact with the striker through a round rod crossing the edge at a 90° angle. The supporting force is the scale reading minus the weights of the supporting rod and any chims that may be used to maintain the pendulum in a horizontal position.

A2.3.5.2 Determine the height of pendulum drop for compliance with the requirement of A1.7. On Charpy machines determine the height from the top edge of a half-width (or

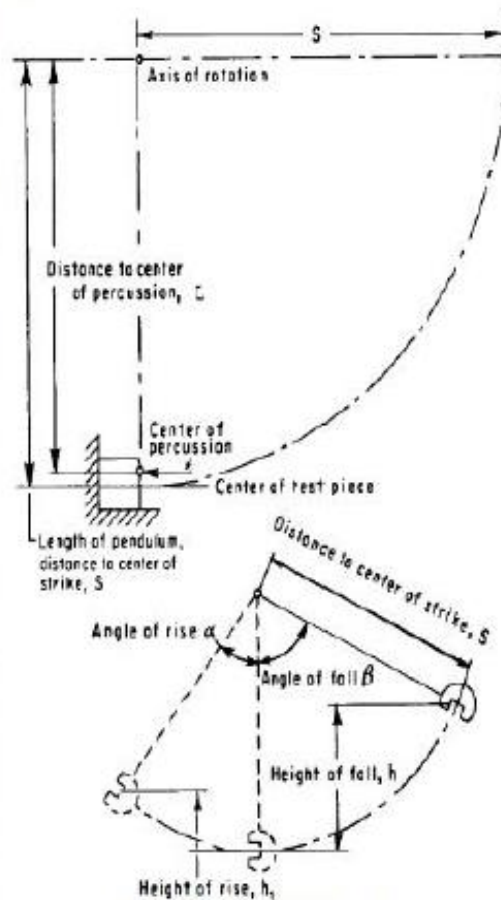


FIG. A2.1 Dimensions for Calculations

center of a full-width) specimen to the elevated position of the center of strike to 0.1 %. On Izod machines determine the height from a distance 22.66 mm (0.892 in.) above the vise to the release position of the center of strike to 0.1 %. The height may be determined by direct measurement of the elevation of the center of strike or by calculation from the change in angle of the pendulum using the following formulas (see Fig. A2.1):

$$h = S(1 - \cos(\beta)) \quad (A2.1)$$

$$h_1 = S(1 - \cos(\alpha)) \quad (A2.2)$$

where

- h = initial elevation of the striker, m (ft),
- S = length of the pendulum distance to the center of strike, m (ft),
- β = angle of fall,
- h_1 = height of rise, m (ft), and
- α = angle of rise.

A2.3.6 Determine the impact velocity, $[v]$, of the machine, neglecting friction, by means of the following equation:

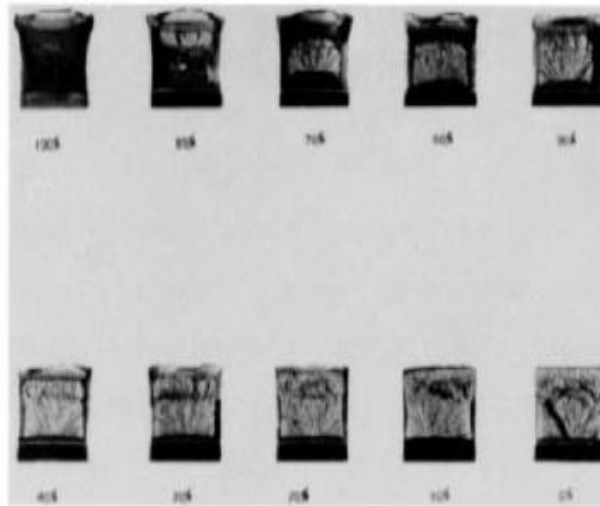
$$v = \sqrt{2gh} \quad (A2.3)$$

E 23

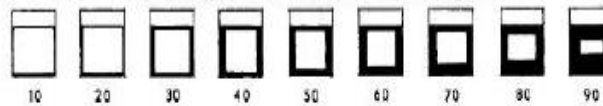
TABLE A6.2 Percent Shear for Measurements Made in Inches

NOTE: 1—100 % shear is to be reported when either A or B is zero.

Dimension B, in.	Dimension A, in.																
	0.05	0.10	0.12	0.14	0.16	0.18	0.20	0.22	0.24	0.26	0.28	0.30	0.32	0.34	0.36	0.38	0.40
0.05	96	96	95	94	94	93	92	91	90	90	89	88	87	86	85	85	84
0.10	96	92	90	89	87	85	84	82	81	79	77	76	74	73	71	69	68
0.12	95	90	88	86	85	83	81	79	77	75	73	71	69	67	65	63	61
0.14	94	89	86	84	82	80	77	75	73	71	68	66	64	62	59	57	55
0.16	94	87	85	82	79	77	74	72	69	67	64	61	59	56	53	51	48
0.18	93	86	83	80	77	74	72	68	65	62	59	56	54	51	48	45	42
0.20	92	84	81	77	74	72	68	65	61	58	55	52	48	45	42	39	36
0.22	91	82	79	75	72	68	65	61	57	54	50	47	43	40	36	33	29
0.24	90	81	77	73	69	65	61	57	54	50	46	42	38	34	30	27	23
0.26	90	79	75	71	67	62	58	54	50	46	41	37	33	29	25	20	18
0.28	89	77	73	68	64	59	55	50	46	41	37	32	28	23	18	14	10
0.30	88	76	71	66	61	56	52	47	42	37	32	27	23	18	13	9	3
0.31	88	75	70	65	60	55	50	45	40	35	30	25	20	16	10	5	0



(a) Fracture Appearance Charts and Percent Shear Fracture Comparison



(b) Guide for Estimating Fracture Appearance

FIG. A6.1 Fracture Appearance

APPENDICES



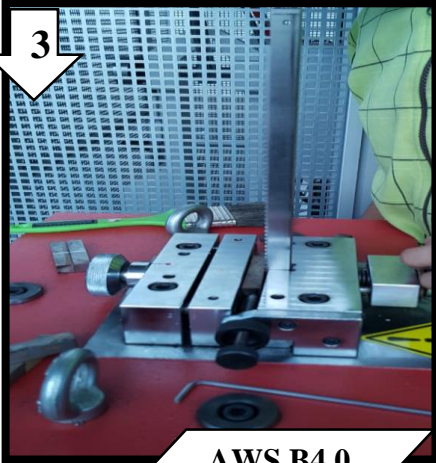

(Nonmandatory Information)

XI. NOTES ON SIGNIFICANCE OF NOTCHED-BAR IMPACT TESTING

XI.1 *Notch Behavior:*

XI.1.1 The Charpy V-notch (CVN) impact test has been

used extensively in mechanical testing of steel products, in research, and in procurement specifications for over three

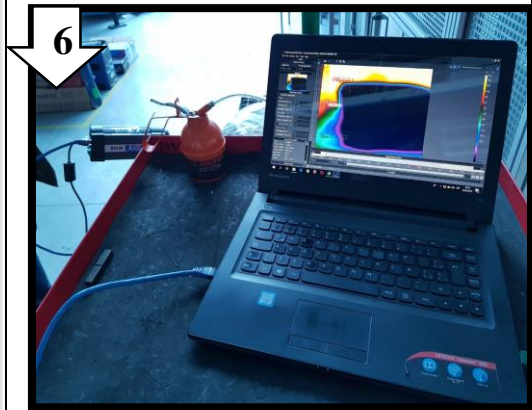
CORTADOR	<p style="text-align: center;">Corte de probetas de impacto en sentido transversal a la soldadura</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div data-bbox="453 331 767 555" style="border: 1px solid black; padding: 10px; text-align: center;"> <p>ENSAYO DE IMPACTO</p> </div> <div data-bbox="817 293 1289 680" style="text-align: center;">  <p>AWS D1.8 Anexo A</p> </div> </div>	
AYUDANTE TESISISTA	<p>Maquinado de las probetas, por el método de arranque de viruta. AWS D1.8.</p> <div style="text-align: center;">  </div>	
CFPMC	<p>Elaboración del entalle en V en el cordón de soldadura de acuerdo AWS B4.0</p> <div style="text-align: center;">  <p>AWS B4.0</p> </div>	<p>Control de mediciones de la probeta de ensayo, AWS B4.0</p> <div style="text-align: center;">  </div>

Disminuir la temperatura a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ requisito mínimo para ensayar las probetas.



AWS D1.8

Control de la temperatura uniformemente sobre la probeta mediante la cámara Termográfica.

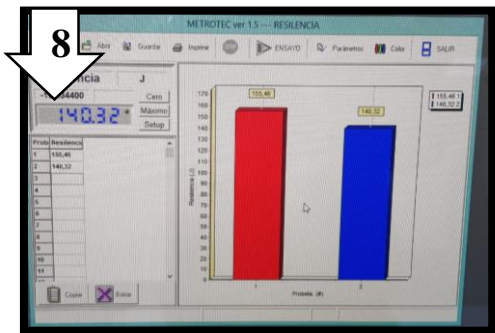


Máquina de ensayos Charpy PIC 450 J. ASTM E23-16b.



ASTM E23-16b

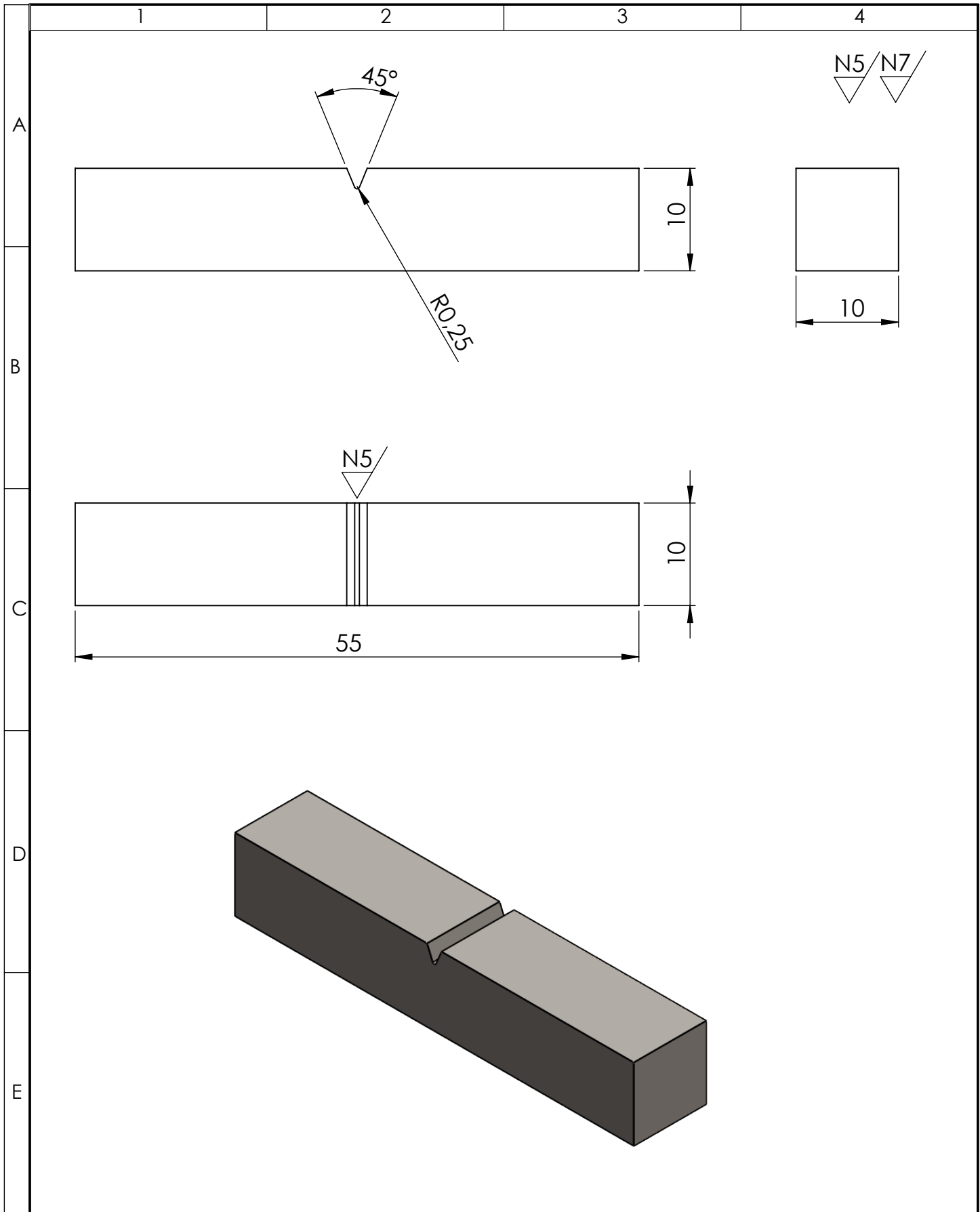
Evaluación del ensayo de Impacto



Elaborado:Eduardo Ronquillo

Revisado: Oscar Analuiza

Fecha:
20/05/2019



				TOLERANCIA: ±1	PESO: 0.429Kg	MATERIAL: ACERO ASTM A 36		
						TÍTULO: PROBETA PARA ENSAYO DE IMPACTO	ESCALA: 1:1	
				DIBUJÓ:	FECHA:		NOMBRE:	
				REVISÓ:	14/01/2019		Eduardo Ronquillo	
				APROBÓ:	15/01/2019	Ing. Oscar Analuiza		
				U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA		N.º DE LÁMINA	REGISTRO:	
						HOJA 1 DE 1		
EDICIÓN:	MODIFICACIÓN:	FECHA:	NOMBRE:	SUSTITUCIÓN:				



Standard Practice for Preparation of Metallographic Specimens¹

This standard is issued under the fixed designation E 3; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

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

1. Scope

1.1 The primary objective of metallographic examinations is to reveal the constituents and structure of metals and their alloys by means of the light microscope. In special cases, the objective of the examination may require the development of less detail than in other cases but, under nearly all conditions, the proper selection and preparation of the specimen is of major importance. Because of the diversity in available equipment and the wide variety of problems encountered, the following text presents for the guidance of the metallographer only those practices which experience has shown are generally satisfactory; it cannot and does not describe the variations in technique required to solve individual problems.

NOTE 1—For a more extensive description of various metallographic techniques, refer to Samuels, L. E., *Metallographic Polishing by Mechanical Methods*, American Society for Metals (ASM) Metals Park, OH, 3rd Ed., 1982; Petzow, G., *Metallographic Etching, ASM, 1978*; and VanderVoort, G., *Metallography: Principles and Practice*, McGraw Hill, NY, 1984.

1.2 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

2. Referenced Documents

- 2.1 *ASTM Standards*:
 E 7 Terminology Relating to Metallography²
 E 45 Practice for Determining the Inclusion Content of Steel²
 E 340 Test Method for Macroetching Metals and Alloys²
 E 407 Test Methods for Microetching Metals and Alloys²
 E 1077 Test Method for Estimating the Depth of Decarburization of Steel Specimens²
 E 1268 Practice for Assessing the Degree of Banding or Orientation of Microstructures²
 E 1558 Guide to Electrolytic Polishing of Metallographic Specimens²

¹ This practice is under the jurisdiction of ASTM Committee E-4 on Metallography and is the direct responsibility of Subcommittee E04.01 on Sampling, Specimen Preparation, and Photography.

Current edition approved Jan. 15, 1995. Published March 1995. Originally published as E 3 – 21 T. Last previous edition E 3 – 80 (1986).

² *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 03.01.

3. Significance and Use

3.1 Microstructures have a strong influence on the properties and successful application of metals and alloys. Determination and control of microstructure requires the use of metallographic examination.

3.2 Many specifications contain a requirement regarding microstructure; hence, a major use for metallographic examination is inspection to ensure that the requirement is met. Other major uses for metallographic examination are in failure analysis, and in research and development.

3.3 Proper choice of specimen location and orientation will minimize the number of specimens required and simplify their interpretation. It is easy to take too few specimens for study, but it is seldom that too many are studied.

4. Selection of Metallographic Specimens

4.1 The selection of test specimens for metallographic examination is extremely important because, if their interpretation is to be of value, the specimens must be representative of the material that is being studied. The intent or purpose of the metallographic examination will usually dictate the location of the specimens to be studied. With respect to purpose of study, metallographic examination may be divided into three classifications:

4.1.1 *General Studies or Routine Work*—Specimens from locations that are most likely to reveal the maximum variations within the material under study should be chosen. For example, specimens should be taken from a casting in the zones wherein maximum segregation might be expected to occur as well as specimens from sections where segregation should be at a minimum. In the examination of strip or wire, test specimens should be taken from each end of the coils.

4.1.2 *Study of Failures*—Test specimens should be taken as closely as possible to the fracture or to the initiation of the failure. Before taking the metallographic specimens, study of the fracture surface should be complete, or, at the very least, the fracture surface should be documented. Specimens should be taken in many cases from a sound area for a comparison of structures and properties.

4.1.3 *Research Studies*—The nature of the study will dictate specimen location, orientation, etc. Sampling will usually be more extensive than in routine examinations.

4.2 Having established the location of the metallographic samples to be studied, the type of section to be examined must

be decided. For a casting, a section cut perpendicular to the surface will show the variations in structure from the outside to the interior of the casting. In hot-worked or cold-worked metals, both transverse and longitudinal sections should be studied. Special investigations may at times require specimens with surfaces prepared parallel to the original surface of the product. In the case of wire and small rounds, a longitudinal section through the center of the specimen proves advantageous when studied in conjunction with the transverse section.

4.3 Cross sections or transverse sections taken perpendicular to the main axis of the material are more suitable for revealing the following information:

4.3.1 Variations in structure from center to surface,

4.3.2 Distribution of nonmetallic impurities across the section,

4.3.3 Decarburization at the surface of a ferrous material (see Test Method E 1077),

4.3.4 Depth of surface imperfections,

4.3.5 Depth of corrosion,

4.3.6 Thickness of protective coatings, and

4.3.7 Structure of protective coating.

4.4 Longitudinal sections taken parallel to the main axis of the material are more suitable for revealing the following information:

4.4.1 Inclusion content of steel (see Practice E 45),

4.4.2 Degree of plastic deformation, as shown by grain distortion,

4.4.3 Presence or absence of banding in the structure (see Practice E 1268), and

4.4.4 The quality attained with any heat treatment.

4.5 The locations of surfaces examined should always be given in reporting results and in any illustrative micrographs. A suitable method of indicating surface locations is shown in Fig. 1.

5. Size of Metallographic Specimens

5.1 The specimens to be polished for metallographic examination are generally not more than about 12 to 25 mm (0.5 to 1.0 in.) square, or approximately 12 to 25 mm in diameter if the material is round. The height of the specimen should be no greater than necessary for convenient handling during polishing.

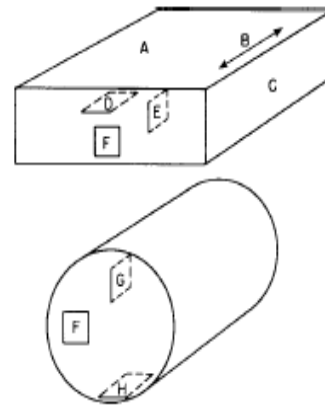
5.2 It is not always possible to secure specimens having the dimensions given in 5.1, when the material to be examined is smaller than the ideal dimensions. For example, in the polishing of wire, strip, and other small articles, it is necessary to mount the specimens because of their size and shape.

5.2.1 Larger samples may be mounted or not, as the available equipment dictates. However, the larger the specimen, the more difficult it is to prepare, especially by manual methods.

5.2.2 Specimens that are too small to be handled readily during polishing should be mounted to ensure a surface satisfactory for microscopical study. There are, based on technique used, three fundamental methods of mounting specimens (see Sections 7-9).

6. Cutting of Metallographic Specimens

6.1 In cutting the metallographic specimen from the main



Symbol in Diagram	Suggested Designation
A	Rolled surface
B	Direction of rolling
C	Rolled edge
D	Longitudinal (or lengthwise) section parallel to rolled surface
E	Longitudinal section perpendicular to rolled surface
F	Transverse section
G	Radial longitudinal section
H	Tangential longitudinal section

FIG. 1 Method of Designating Location of Area Shown in Photomicrograph.

body of the material, care must be exercised to minimize altering the structure of the metal. Three common types of sectioning are as follows:

6.1.1 Sawing, whether by hand or machine with lubrication, is easy and fast, and relatively cool. It can be used on all materials with hardnesses below approximately 35 HRC. It does produce a rough surface containing extensive plastic flow that must be removed in subsequent preparation.

6.1.2 An abrasive cut-off wheel will produce a smooth surface often ready for fine grinding. This method of sectioning is normally faster than sawing. The choice of cut-off wheel, lubricant, cooling conditions, and the grade and hardness of metal being cut will influence the quality of the cut. A poor choice of cutting conditions can easily overheat the specimen, producing an alteration of the microstructure. As a general rule, soft materials are cut with a hard bond wheel and hard materials with a soft bond wheel. Aluminum oxide abrasive wheels are preferred for ferrous metals and silicon carbide wheels are preferred for nonferrous alloys. Abrasive cut-off wheels are essential for sectioning metals with hardnesses above about 35 HRC. Extremely hard metallic materials and ceramics may be more effectively cut using diamond-impregnated cutting wheels. Manufacturer's instructions should be followed as to the choice of wheel and speeds.

6.1.3 Flame cutting completely alters the structure of the metal at the flame cut edge. If flame cutting is necessary to remove the specimen, it should be cut sufficiently large so that it can be recut to the proper size by some other method that will not substantially alter the structure. Exercise care to ensure that

the region of interest is not altered by the heat of the cutting flame.

6.2 Other methods of sectioning are permitted provided they do not alter the microstructure at the plane of polishing. All cutting operations produce some depth of damage, which will have to be removed in subsequent preparation steps.

7. Cleanliness

7.1 Cleanliness (see Appendix XI.) during specimen preparation is essential. All greases and oils on the specimen should be removed by some suitable organic solvent. Failure to clean thoroughly can prevent cold mounting castable resins from adhering to the specimen surface. Ultrasonic cleaning is particularly effective in removing the last traces of residues on a specimen surface.

7.2 Any coating metal that will interfere with the subsequent etching of the base metal should be removed before polishing, if possible. If etching is required, when studying the underlying steel in a galvanized specimen, the zinc coating should be removed before mounting to prevent galvanic effects. The coating can be removed by digestion in cold nitric acid (HNO_3 , sp gr 1.42), in dilute sulfuric acid (H_2SO_4) or in dilute hydrochloric acid (HCl). The HNO_3 method requires care to prevent overheating, since large samples will generate considerable heat. By placing the cleaning container in cold water during the stripping of the zinc, attack on the underlying steel will be minimized.

7.3 Oxidized or corroded surfaces may be cleaned as described in Appendix XI.

8. Mounting of Specimens

8.1 There are many instances where it will be advantageous to mount the specimens prior to grinding and polishing. Mounting of the specimen is usually performed on small, flimsy, or oddly shaped specimens, fractures, or in instances where the specimen edges are to be examined.

8.2 Specimens may be either mechanically mounted, mounted in plastic, or a combination of the two can be used to provide optimum results.

8.3 Mechanical Mounting:

8.3.1 Strip and sheet specimens are frequently mounted by binding or clamping several specimens into a pack held together by two end pieces and two bolts. Clamp mounting generally affords a means of rapid mounting with very good edge retention.

8.3.2 The specimens should be tightly bound together to prevent absorption and subsequent exudation of polishing materials or etchants.

8.3.3 The use of filler sheets of a softer material alternated with the specimen may be used in order to minimize the seepage of polishing materials and etchants. Use of filler material is especially advantageous if the specimens have a high degree of surface irregularities.

8.3.4 Filler material *must* be chosen so as not to react electrolytically with the specimen during etching. Thin pieces of plastic, lead, or copper are typical materials that are used. Copper is especially good for steel specimens since the usual etchants for steels will not attack the copper.

8.3.5 Alternatively, the specimens may be coated with a

layer of phenolic or epoxy resin before being placed in the clamp in order to minimize the absorption of polishing materials or etchants.

8.3.6 The clamp material should be similar in composition to the specimen to avoid galvanic effects that would inhibit etching. The specimen will not etch if the clamp material is more readily attacked by the etchant.

8.3.7 The clamp should preferably be of similar hardness as the specimens to minimize the rounding of the edges of the specimens during grinding and polishing.

8.3.8 Exercise care in clamping the specimen. Excessive clamping pressure may damage soft specimens; however, good sealing is required to prevent absorption of polishing materials or etchants.

8.4 Plastic Mounting:

8.4.1 Specimens may be embedded in plastic to protect them from damage and to provide a uniform format for both manual and automatic preparation. This is the most common method for mounting metallographic specimens. Mounting plastics may be divided into two classes—compression mounting and castable.

8.4.2 When mounting specimens in plastic, exercise care in order to avoid rounding of specimen edges during the grinding operation. There are several methods available that prevent rounding. The specimens may be surrounded by hard shot, small rivets, rings, etc., of approximately the same hardness or, when using casting resin, a slurry of resin and alumina may be poured around the specimen to prevent rounding. The specimens may also be plated before mounting (see Section 9).



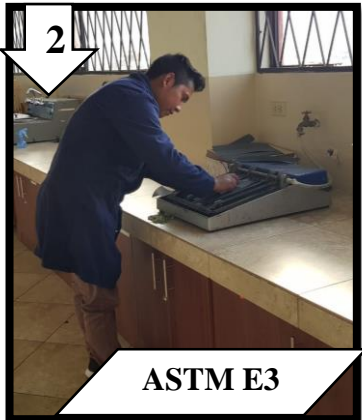



8.4.3 *Compression Mounting*—Thermosetting plastics require the use of a mounting press providing heat (up to approximately 160°C) and pressure (up to approximately 30 MPa). *The finished mounts can be ejected hot but the best results are obtained when the finished mount is cooled under pressure.* There are three types of thermosetting compression mounting plastics used predominantly in the metallographic laboratory. Regardless of the resin used to compression mount specimens, the best results are obtained when (1) the specimens are clean and dry, and (2) the cured mount is cooled under full pressure to below 30°C before ejection from the press.




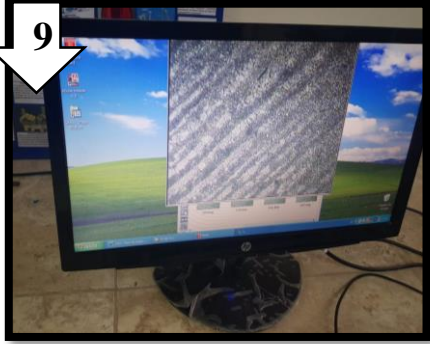
8.4.3.1 Wood-filled bakelite resins cure in 5 to 10 min, are relatively inexpensive, can be obtained in several colors, and are opaque. These resins have a tendency to pull away from the specimen leaving a crevice, which will trap liquids that later can smear, stain, and obscure a portion of the specimen.

8.4.3.2 Diallyl phthalate resins are less likely to shrink and are more resistance to attack by etchants. They are more expensive than the phenolic resins with about the same hardness.




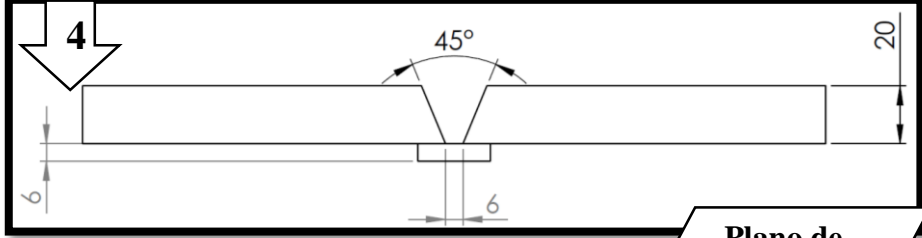
8.4.3.3 Filled dry epoxy resins provide minimal shrinkage. Commercial resins intended for metallography are usually filled with hard material, minimizing edge rounding during preparation. These resins are the most expensive of the three types of thermosetting plastics. Cost can be reduced by first adding a layer of filled epoxy resin and filling up the remainder of the press cavity with phenolic resin.






8.4.3.4 Resins are used in a similar fashion. Because of the

<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">EDUARDO RONQUILLO</p>	<p>Corte de las muestras de la parte soldada y del metal base, se lo corta mediante sierra manual para no tener cambios en la microestructura.</p> <div style="text-align: center;">  <p>ENSAYO METALOGRAFICO</p> </div>	<p style="text-align: center;">1</p>  <p style="text-align: center;">ASTM E3</p>
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">EDUARDO RONQUILLO</p>	<p>Preparación de la superficie de las probetas en el banco de lijas de 240-320-400-600 y 1500, utilizando agua como liquido lubricante, consiste frotar sobre las lijas en un solo sentido. Norma ASTM E3.</p> <p style="text-align: center;">2</p>  <p style="text-align: center;">ASTM E3</p>	<p>Máquina de montaje de probetas en caliente, procedimos a montar las diferentes muestras.</p> <p style="text-align: center;">3</p>  <p style="text-align: center;">ASTM E3</p>
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">EDUARDO RONQUILLO</p>	<p>Preparación de la superficie en la pulidora de discos con paño y utilizando alúmina, teniendo así una superficie plana y brillante.</p> <p style="text-align: center;">4</p>  <p style="text-align: center;">ASTM E3</p>	<p>Para el ataque químico de la superficie de la probeta se utiliza el reactivo Nital 4 durante 8 segundos, en la zona del metal base, ZAT y la soldadura de cada una de las probetas. ASTM E3</p> <p style="text-align: center;">5</p>  <p style="text-align: center;">ASTM E3</p>

EDUARDO RONQUILLO	<p>Se utiliza agua para su respectiva limpieza y evitando de tal manera que el reactivo no las quemé a las probetas.</p> 	<p>Las probetas tienen que ser secadas para poder observar la microestructura de manera nítida.</p> 	
EDUARDO RONQUILLO	<p>Las probetas son ubicadas en el microscopio para poder observar la microestructura a las diferentes magnificaciones.</p> 	<p>La microestructura puede ser apreciada en el monitor de manera de fotografías para proceder a los diferentes análisis requeridos como los porcentajes de los componentes presentes en las diferentes zonas evaluadas.</p> 	
Elaborado: Eduardo Ronquillo		Revisado: Ing. Oscar Analuiza	Fecha: 20/05/2019

ANEXO F-1: CORTE DE PLACAS

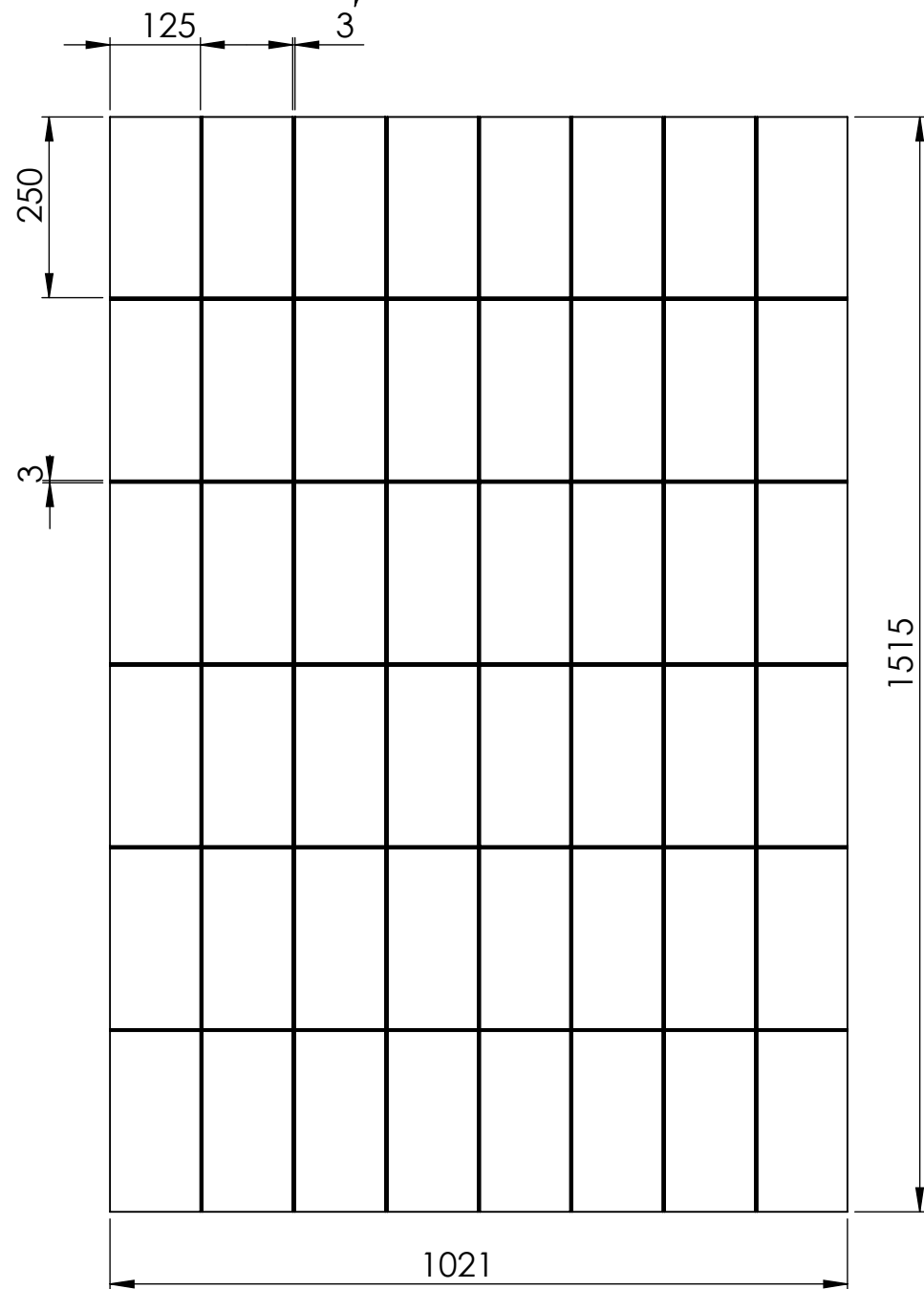
CORTADOR	<p>Trazado de medidas de acuerdo al plano de corte</p>
	<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-right: 20px;"> <p>CORTE Y ARMADO DE PLACAS</p> </div>  </div>
CORTADOR	<p>Corte de placas longitudinales</p>
	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> </div>
RESIDENTE	<p>Definir las características de la junta tope a realizarse</p>
	<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;">  <div style="margin-left: 20px; border: 1px solid black; padding: 5px; transform: rotate(-15deg);"> <p>Plano de diseño</p> </div> </div>

CORTADOR	<p>Bisel a 45 grados de la junta a tope mediante oxicorte</p>  <p>5</p>	<p>Limpieza del biselado y exterior de las placas.</p>  <p>6</p>
	<p>Armado de elementos</p>  <p>7</p>	
RESIDENTE	<p>Verificacion de armado de elementos</p>  <p>9</p> <p style="text-align: center;">AWS D1.8</p>	<p>Control de corte y medidas</p>  <p>8</p>
	<p>Elaborado: Eduardo Ronquillo</p>	<p>Verificado: Ing. Oscar Analuiza</p>

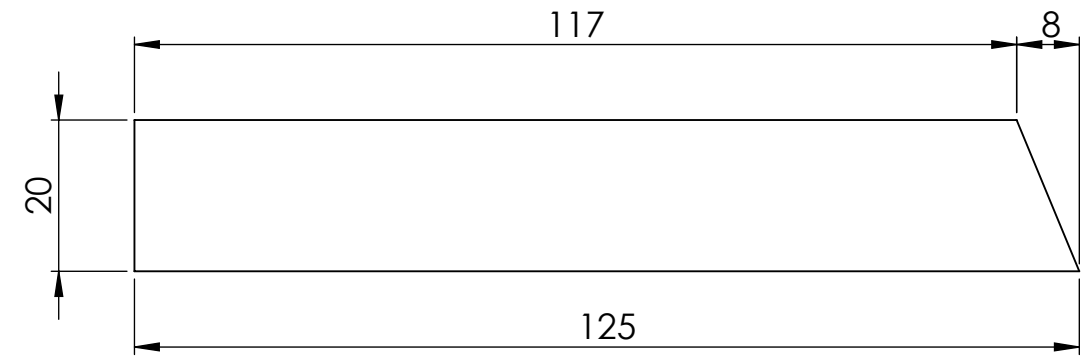
ANEXO F-1

PLANCHA DE ACERO ASTM A 36

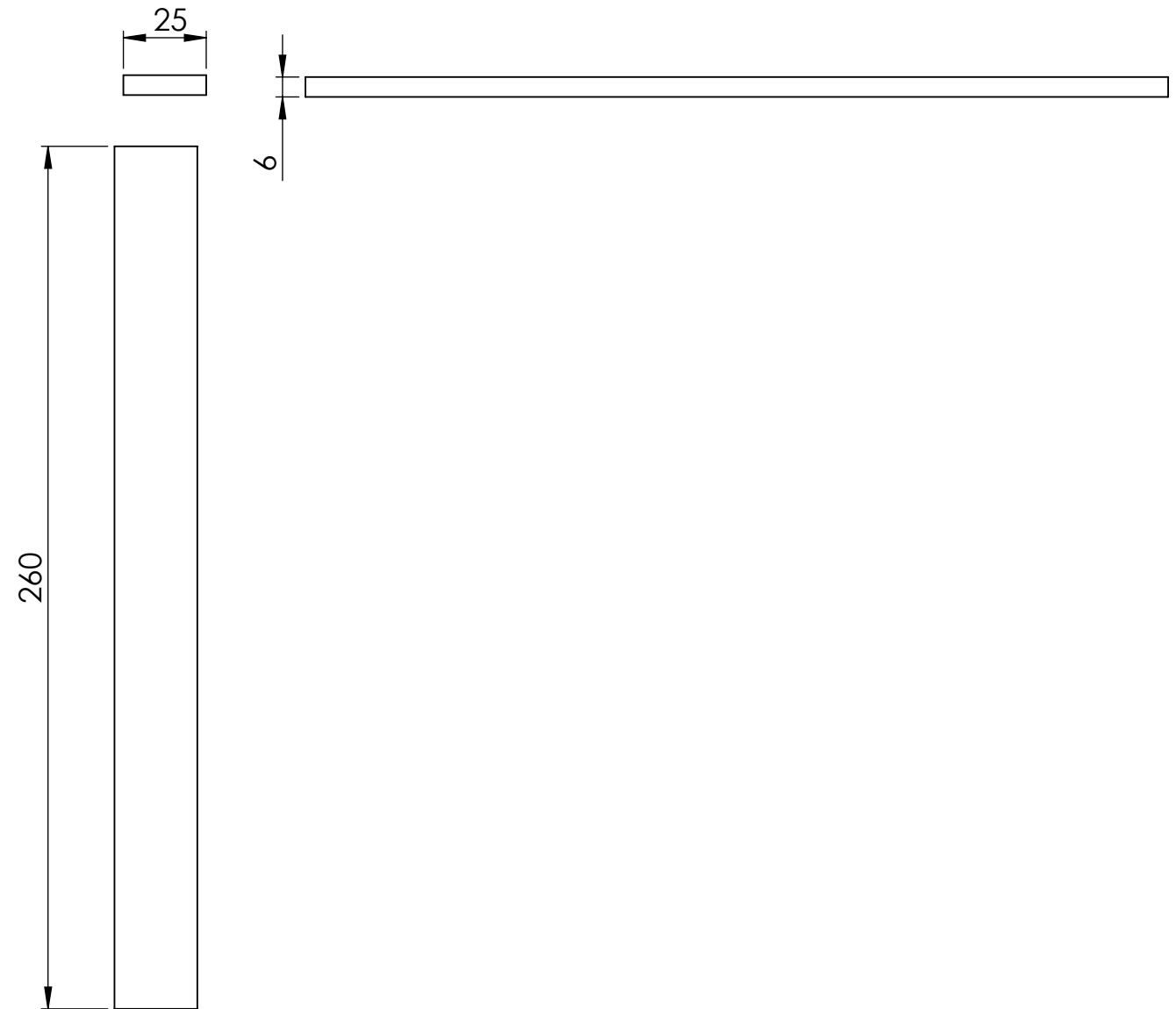
Corte con Oxicorte



MUESTRA PROBETA, CANT: 48U



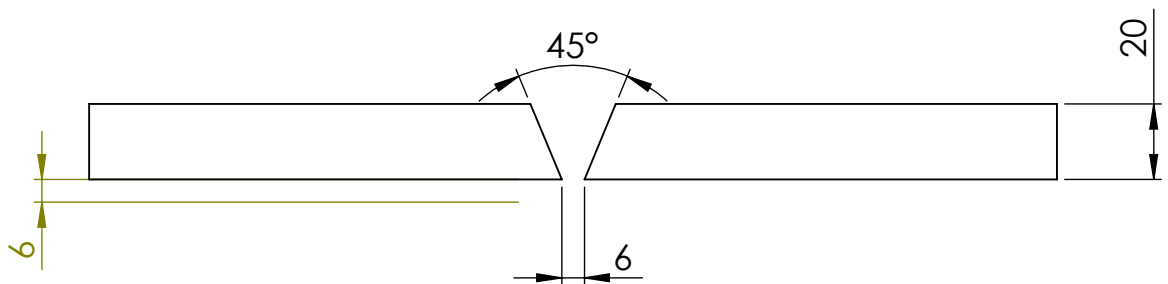
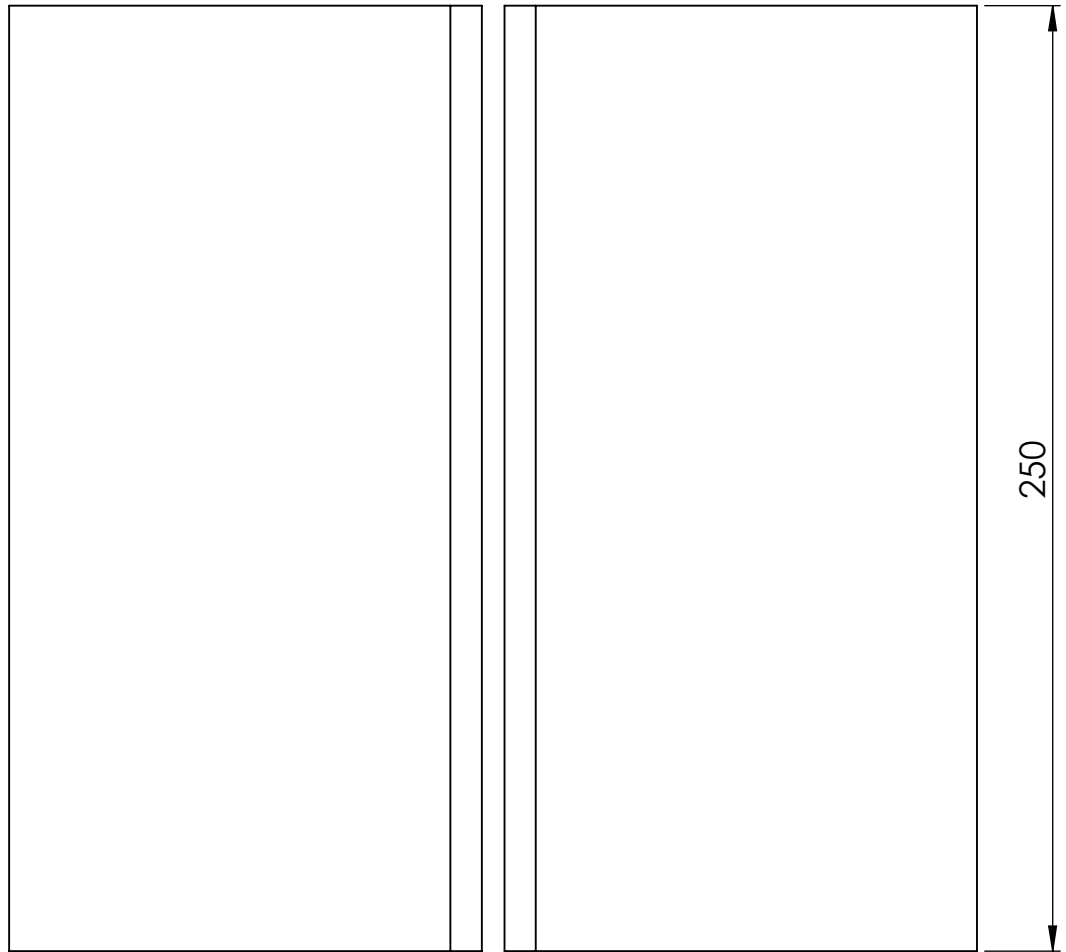
PLACA RESPALDO, CANT: 24U



		TOLERANCIA:	PESO:	MATERIAL:	
		±1	gr	Acero ASTM A 36	
		FECHA	NOMBRE	TÍTULO:	ESCALA:
		DIBUJO: 19/11/2018	Eduardo Ronquillo	CORTE PLACAS PARA PROBETAS	1:10
		REVISO: 19/11/2018	Eduardo Ronquillo		
		APROBO: 20/11/2018	Ing. Oscar Analuiza		
		U.T.A.		N.º DE LAMINA	REGISTRO:
		INGENIERIA MECANICA		HOJA 1 DE 1	
EDICIÓN:	MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:	SUSTITUCION:	

ANEXO F-2

N7



				TOLERANCIA: ±1	PESO: 9.7Kg	MATERIAL: ACERO ASTM A 36	
						TÍTULO: PRÓBETAS SEGÚN EL CÓDIGO AWS D1.8	ESCALA: 1:5
				FECHA	NOMBRE		
				DIBUJÓ: 21/11/2018	Eduardo Ronquillo		
				REVISÓ: 21/11/2018	Eduardo Ronquillo		
				APROBÓ: 22/11/2018	Ing. Oscar Analuiza		
				U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA		N.º DE LÁMINA	REGISTRO:
						HOJA 1 DE 1	
EDICIÓN:	MODIFICACIÓN:	FECHA:	NOMBRE:	SUSTITUCIÓN:			

ANEXO F-3: SOLDADURA DE PLACAS

RESIDENTE	Parámetros de soldadura	
SOLDADOR	<p>Calibración del equipo de soldadura con los parámetros establecidos</p> <p>3</p> 	<p>Verificación del calentamiento de los electrodos para la soldadura</p> <p>2</p>  <p>AWS A5.1</p>
	<p>Pre calentamiento de la placa</p> <p>5</p> 	<p>Limpieza con la grata para eliminar todo tipo de escoria</p> <p>4</p> 

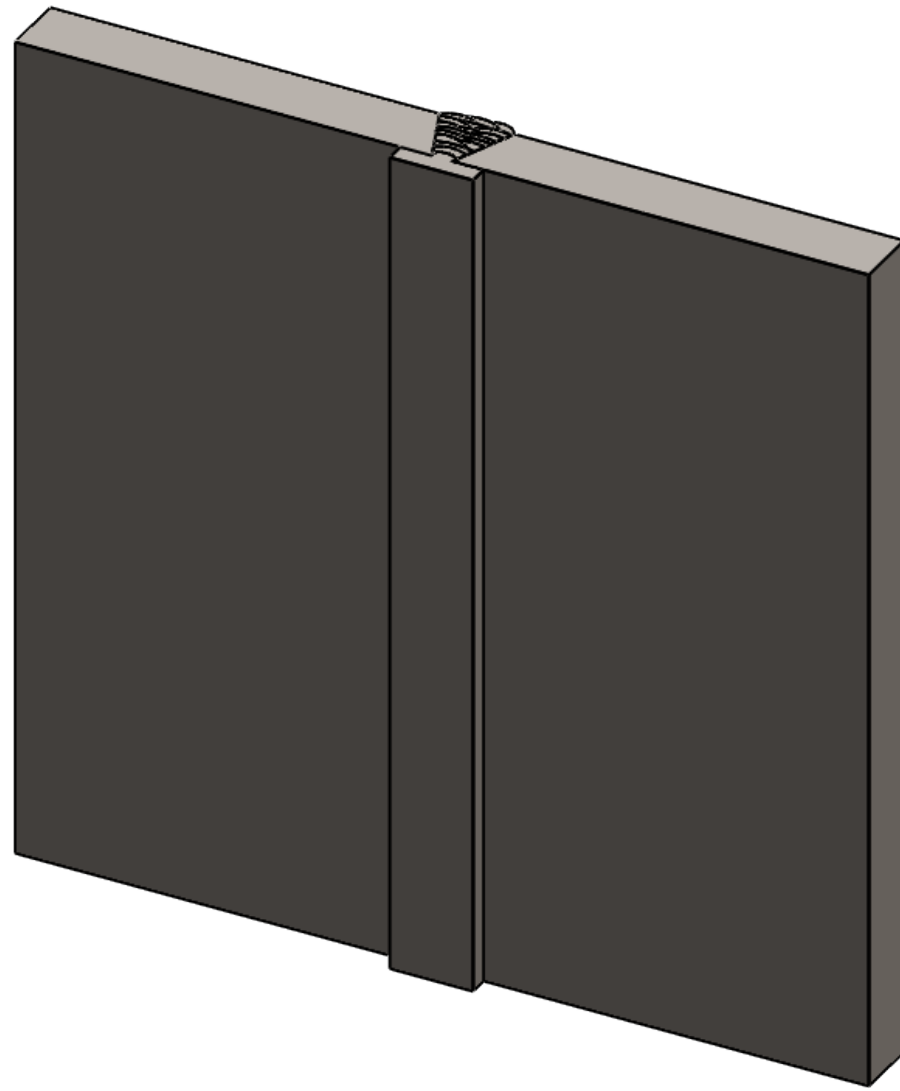
PROCESO DE SOLDADURA

1

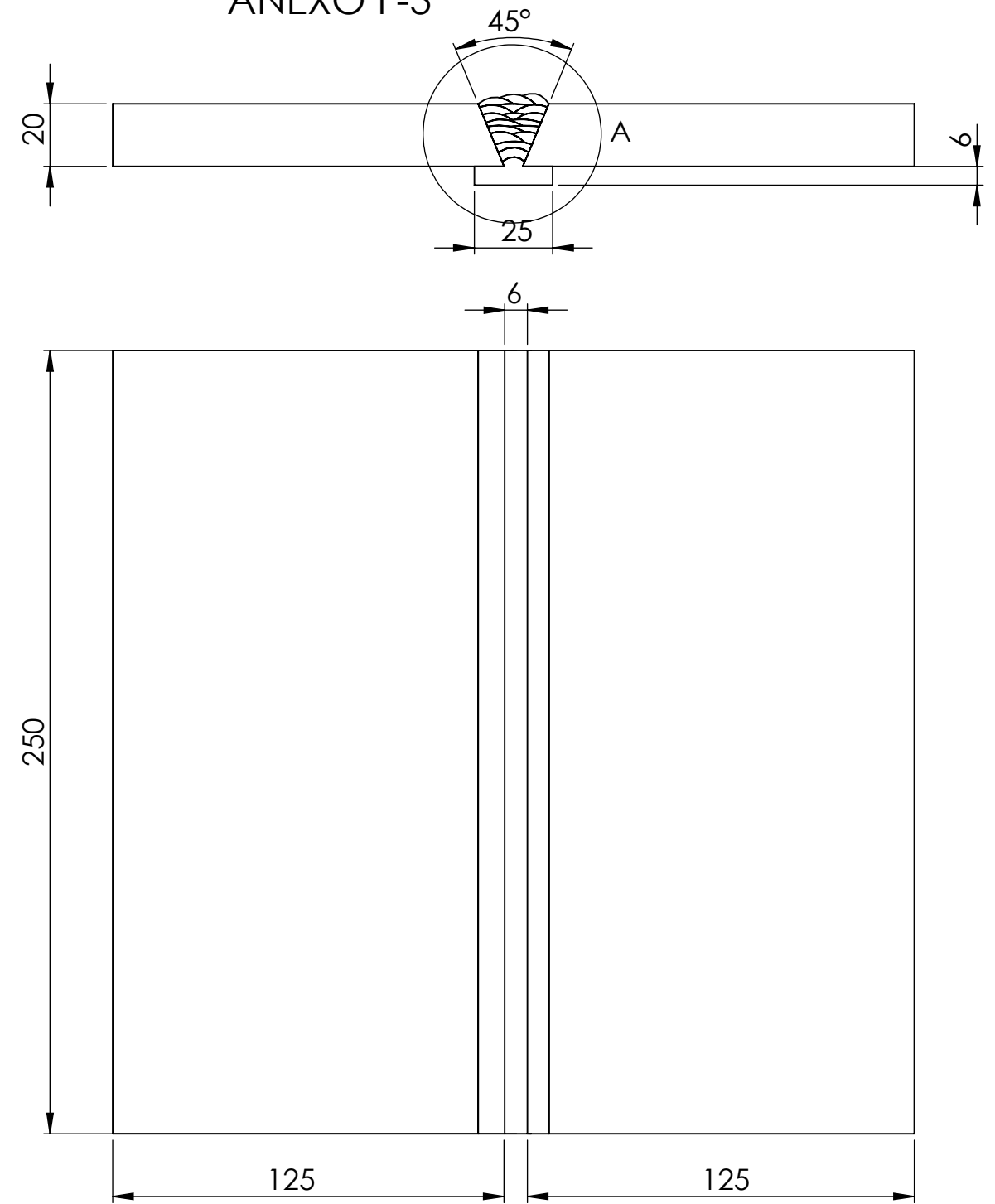
PARAMETROS	DETALLE	
PROCESO	SMAW	
JUNTA	A penetración Completa y Ranura en V	
METAL BASE	ASTM A 36	
POSICIÓN	Plana 1G	
ENTRADA DE CALOR	Temperatura Baja de calor	30KJ/in(1.2KJ/mm)
	Temperatura Alta de calor	80KJ/in(3.1KJ/mm)
METAL DE APORTE	1	E7018-AR
	2	E7018-SR
N. DE PASES	Diametro: 3/32	18
	Diametro: 1/8	14
TEMPERATURA ALTA e=20 mm	Pre calentamiento	120 °C
	Interpases	240 °C
TEMPERATURA BAJA e=20 mm	Pre calentamiento	40° C
	Interpases	120° C
CARACTERISTICAS ELECTRICAS	Corriente	DC

AWS D1.8

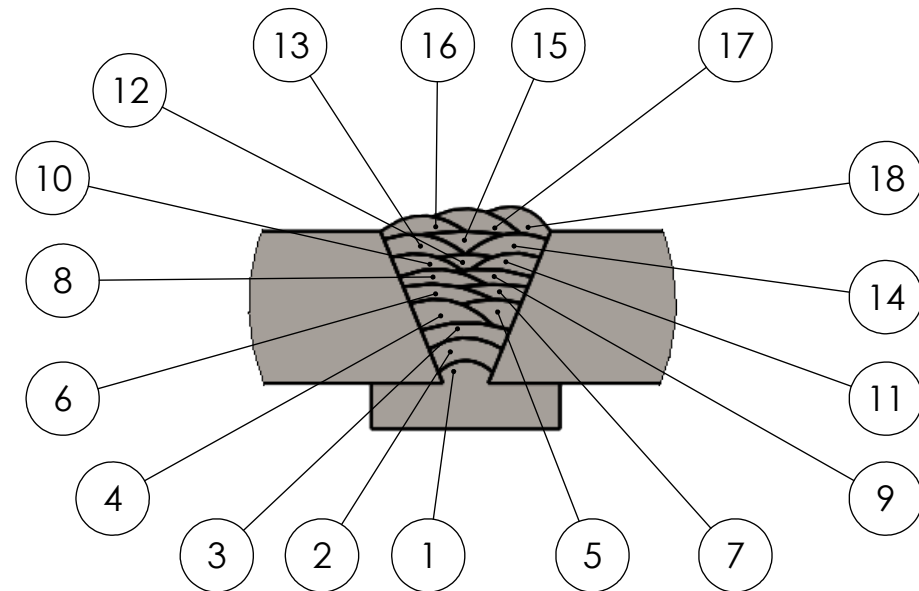
PROBETA WPS



ANEXO F-3

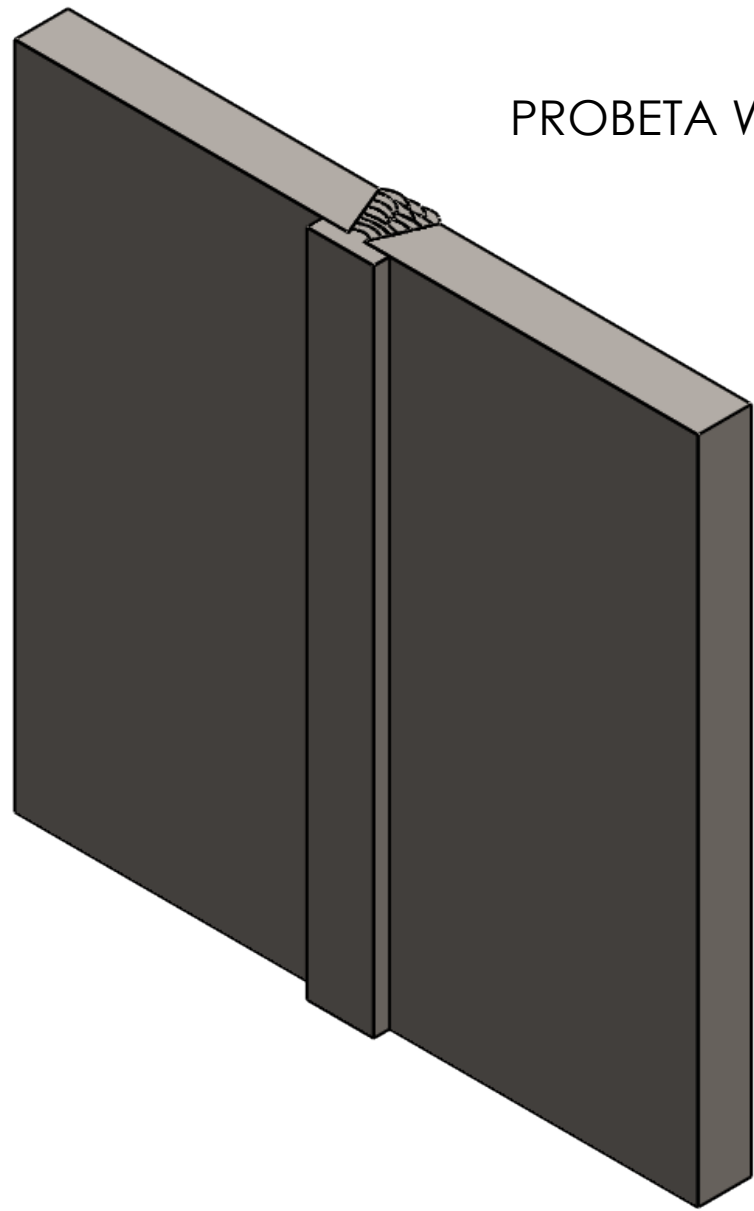


NÚMERO DE PASES



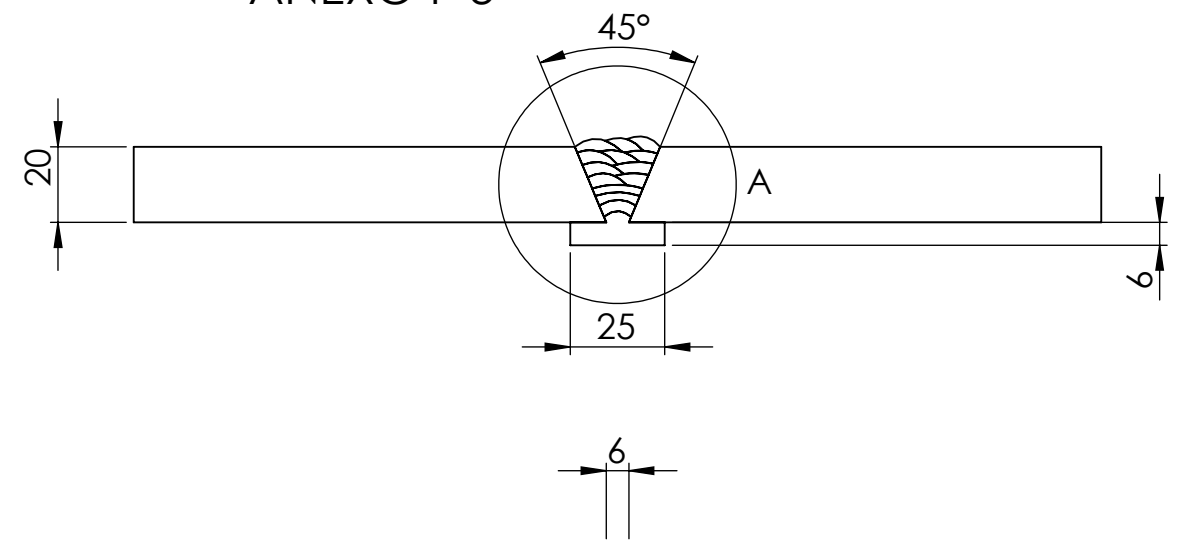
DETALLE A
ESCALA 1 : 1

				TOLERANCIA:	PESO:	MATERIAL:		
				±0,1	48.24 kgr	Acero ASTM A 36		
				FECHA	NOMBRE	TÍTULO:		ESCALA:
				DIBUJO: 28/03/2019	Eduardo Ronquillo	Numero de Pases en la Junta a Tope con electrodo de diámetro 3/32"		1:2
				REVISO: 29/03/2019	Ing. Oscar Analuiza			
				APROBO: 29/03/2019	Ing. Oscar Analuiza			
				U.T.A.		N.º DE LAMINA		REGISTRO:
				INGENIERIA MECANICA		HOJA 1 DE 2		
EDICIÓN:	MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:			SUSTITUCION:		

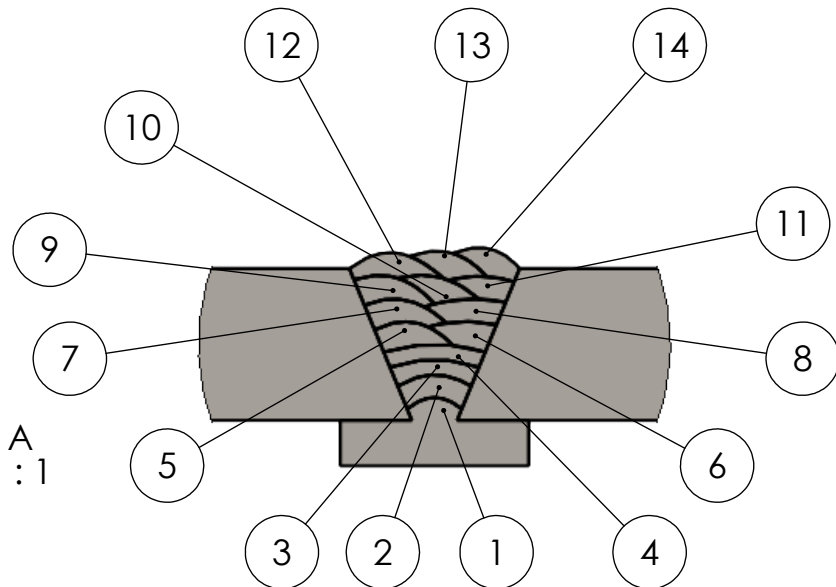


PROBETA WPS

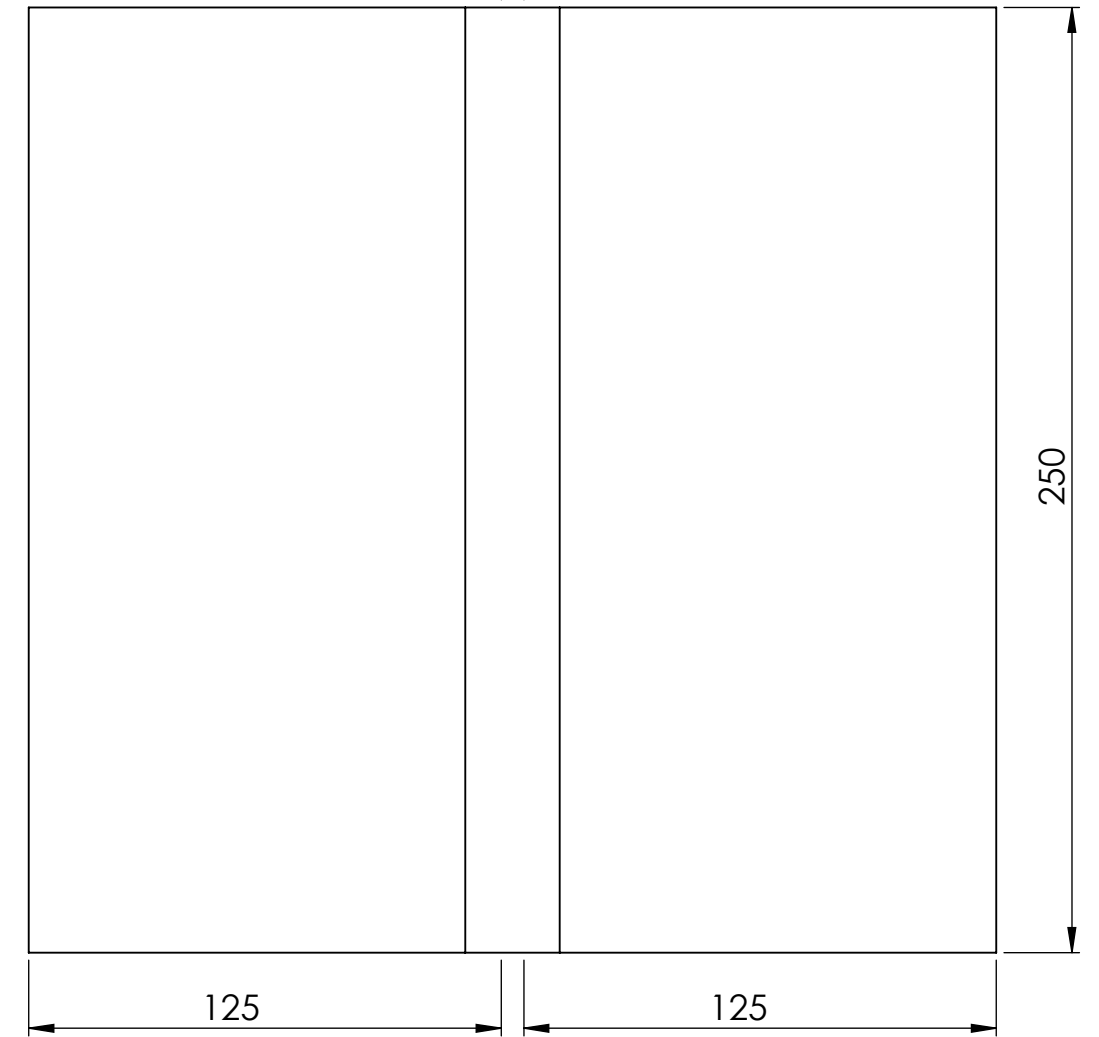
ANEXO F-3



NÚMERO DE PASES



DETALLE A
ESCALA 1:1



				TOLERANCIA:	PESO:	MATERIAL:	
				±0,1	48.29 kgr	Acero ASTM A 36	
				FECHA	NOMBRE	TÍTULO:	ESCALA:
				DIBUJO: 28/03/2019	Eduardo Ronquilla	Numero de Pases en la Junta a Tope con electrodo de diámetro 1/8"	1:2
				REVISO: 29/03/2019	Ing. Oscar Analuiza		
				APROBO: 29/03/2019	Ing. Oscar Analuiza		
				U.T.A. INGENIERIA MECANICA		N.º DE LAMINA	REGISTRO:
						HOJA 2 DE 2	
EDICIÓN:	MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:			SUSTITUCION:	