



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
MECÁNICA ELÉCTRICA**

“Procedimiento de soldadura en la unión del acero CHRONIT T1-500 y el acero
ASTM A 36 bajo la norma AWS D1.1/D1.1:2015 para la reparación de arados de
maquinaria agrícola”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Mecánico Electricista

AUTORES:

Br. Gómez Hurtado Wilson Carlos (ORCID: 0000-0002-3434-3664)

Br. Bello Salirrosas Carlos Alfonso (ORCID: 0000-0003-2913-921X)

ASESOR:

Mg. Javier Orlando Herrera Blas (ORCID: 0000-0002-2548-0798)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Sistema y planes de mantenimiento

TRUJILLO – PERÚ

2020

DEDICATORIA

A Dios: por darme la vida y la luz necesaria para poder Cristalizar unos de mis mas anhelados sueños. Y por su eterna compañía.

A mis abuelitos Jesús y Julia quienes en vida me brindaron su infinito amor y sus sabios consejos, y ahora que están en el cielo, son los que me guían e iluminan mi camino les dedico este trabajo de investigación.

A mis padres Ramón y Cecilia, por todo su amor y sacrificio, y su confianza que depositaron en mí, así como también por sus ejemplos y consejos.

A mis hermanos: Wilfredo, Maria, Leticia, Evelina y Luis que siempre han estado a mi lado en las buenas y en las malas apoyándome y alentándome a seguir adelante.

Wilson Gómez Hurtado

DEDICATORIA

El presente trabajo investigativo lo dedico principalmente a Dios, por ser el inspirador y darnos fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseado

Dedico este trabajo a mi amada esposa, por su apoyo y ánimo que me brinda día con día para alcanzar nuevas metas, tanto profesionales como personales.

A mis padres Alfonso y Rosa, por todo su amor y sacrificio, y su confianza que depositaron en mí, así como también por sus ejemplos y consejos.

A mis hermanos: Arturo, Fabrizio y Paola que siempre han estado a mi lado en las buenas y en las malas apoyándome y alentándome a seguir adelante.

Carlos Alfonso Bello Salirrosas

PÁGINA DEL JURADO

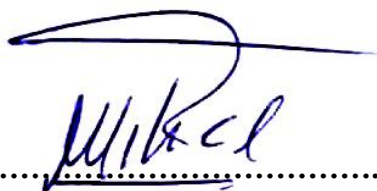
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Nosotros: Gómez Hurtado Wilson Carlos con DNI N° 18900541 y Bello Salirrosas Carlos Alfonso con DNI N° 41598246, de acuerdo a la conformidad y cumplimiento con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de grados y títulos de la Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería mecánica eléctrica, declaramos bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y autentica.

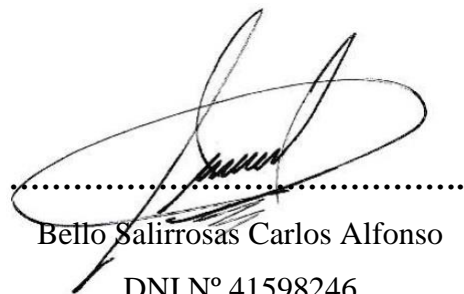
Así mismo, declaramos también bajo juramento que todos los datos e información suscrita en la presente tesis son auténticos y veraces de los autores.

Por tal razón la responsabilidad integra que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento y omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad Cesar Vallejo.

Trujillo, Setiembre de 2020



.....
Gómez Hurtado Wilson Carlos
DNI. 18900541



.....
Bello Salirrosas Carlos Alfonso
DNI N° 41598246

ÍNDICE

Carátula	i
Dedicatoria	ii
Página del jurado.....	iv
Declaratoria de autenticidad.....	v
Índice.....	vi
Índice de tablas.....	viii
Índice de figuras	ix
RESUMEN	1
ABSTRACT	2
I. INTRODUCCIÓN	3
1.1. Realidad problemática	4
1.2. Trabajos previos.....	6
1.3. Teorías relacionadas al tema	14
1.3.1. Acero	14
1.3.2. Aceros según su porcentaje de carbono según, Pero – Sanz (2014).....	15
1.3.3. Acero estructural.....	16
1.3.4. Acero CHRONIT T1500.....	18
1.3.5. La soldadura.....	20
1.3.6. Proceso de Soldadura por arco eléctrico con electrodo revestido (SMAW).....	20
1.3.7. Parámetros de soldadura SMAW.....	21
1.3.8. Metales disímiles	23
1.3.9. Procedimiento de soldadura.....	23
1.3.10. Especificación del procedimiento de soldadura (WPS).....	23
1.3.11. Registro de calificación del procedimiento (PQR)	24
1.3.12. Registro de las pruebas de calificación de soldador (WPQ)	24
1.3.13. Tipos de ensayos para calificación.....	24
1.4. Discontinuidades y defectos en juntas soldadas.....	26
1.4.1. Tipos de discontinuidades	27
1.4.2. Defectos de soldadura.....	28
1.5. Formulación del problema.....	29
1.6. Justificación del estudio	29
1.7. Hipótesis	30
1.8. Objetivos	30
1.8.1. Objetivo general.....	30
1.8.2. Objetivo específico.....	30
II. MÉTODO	31

2.1.	Tipo de Investigación	32
2.2.	Diseño de la investigación.....	32
2.3.	Variables, Operacionalización.....	32
2.3.1.	Enunciado de variables	32
2.3.2.	Operacionalización de las variables	33
2.4.	Población y muestra	33
2.4.1.	Población.....	33
2.4.2.	Muestra.....	34
2.5.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	34
2.5.1.	Técnica	34
2.5.2.	Instrumentos para recolectar datos.....	34
2.5.3.	Validez	35
2.5.4.	Confiabilidad.....	35
2.6.	Procedimiento.....	35
2.6.1.	Selección de materiales.....	35
2.6.2.	Elaboración de procedimiento de soldadura.....	36
2.6.3.	Calificación de procedimiento de soldadura.....	37
2.7.	Métodos de análisis de datos.....	38
2.7.1.	Análisis Descriptivo:	38
2.8.	Aspectos éticos	38
III.	RESULTADOS	39
3.1.	Selección de aceros y su verificación	40
3.1.1.	Acero CHRONIT T1 500.....	40
3.1.2.	Acero ASTM A 36.....	42
3.1.3.	Elaboración de la especificación de procedimiento de soldadura (WPS).....	43
3.2.	CALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO	45
3.2.1.	Inspección visual.....	45
3.2.2.	Ensayos no destructivos	46
3.2.3.	Ensayo de doblado	47
3.2.4.	Ensayo de tracción	48
IV.	DISCUSIÓN	51
3.2.5.	Selección de aceros y su verificación	52
3.2.6.	Elaboración de especificación de procedimiento de soldadura.....	52
3.2.7.	Calificación de procedimiento de soldadura.....	53
V.	CONCLUSIONES	54
VI.	RECOMENDACIONES	56
VII.	REFERENCIAS	58
ANEXOS		62
Anexo 2: Evidencias de realidad problemática		64

EVIDENCIAS	64
RESULTADOS DE ENCUESTAS.....	64
ELABORACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA	65

ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1. Composición química del acero Chronit T1 500	19
Tabla 2. Propiedades Mecánicas del acero Chronit T1 500	20
Tabla 3. Diámetro del electrodo según espesor a soldar	22
Tabla 4. Operacionalización de las variables	34
Tabla 5. Numero de probetas para ensayos destructivos	35
Tabla 6. Composición química del acero CHRONIT T1 500	41
Tabla 7. Resultados de ensayo de dureza 150 Kg precarga. Cono de diamante 120 °C	41
Tabla 8. Resultados de ensayo tracción del acero CHRONIT T1 500	42
Tabla 9. Composición química del acero ASTM A 36	43
Tabla10. Resultados de ensayo de dureza del acero ASTM A 36	43
Tabla 11. Resultados de ensayo tracción del acero ASTM A 36	42
Tabla 12. Especificación de procedimiento de soldadura para la unión por proceso SMAW del acero ASTM A 36 y el acero CHRONIT T1 500	45
Tabla 13. Resultados de la inspección visual de la probeta soldada de cara y raíz	46
Tabla 14. Resultados de inspección con tintas penetrantes	47
Tabla 15. Resultado de ensayo de doblado a la probeta soldada de cara y raíz	48
Tabla 16. Resultados de ensayo de tracción reducida de probeta soldada	50
Tabla 17. Registro de calificación de procedimiento para la unión por el proceso SMAW del acero ASTM A 36 y el acero CHRONIT T1 500	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Gráfico de propiedades mecánicas del acero según el porcentaje de carbono.....	15
Figura 2. Tabla de composición química del acero ASTM A 36	17
Figura 3. Propiedades mecánicas del acero ASTM A36	18
Figura 4. Grafica CE con soldabilidad y % C.....	19
Figura 5. Dureza y resistencia con la variación de la temperatura	21
Figura 6. Proceso de soldadura SMAW.....	22
Figura 7. Gráfico de esfuerzo deformación	26
Figura 8. Dimensiones de probeta para tracción	27
Figura 9. Mordedura	28
Figura 10. Inclusión solida	28
Figura 11. Porosidades	29
Figura 12. Falta de penetración	29
Figura 13. Probetas soldadas con electrodos E7018	46
Figura 14. Probetas ensayadas con tinta penetrantes	47
Figura 15. Prensa	48
Figura 16. Probeta ensayada por dobléz de raíz y de cara.....	48
Figura 17. Fotografía de las probetas y la máquina de tracción	49

RESUMEN

La industria agrícola es la actividad económica primaria a nivel mundial, por lo que demanda la utilización de maquinaria para poder preparar y labrar la tierra para realizar sus cultivos, maquinaria que necesita equipos para realizar estos trabajos de labranza llamados arados, que están expuestos a la abrasión, tracción por condiciones mismas del terreno, por lo que hace necesario el mantenimiento de estos arados, que son fabricados de un acero especial antiabrasivo. Este acero especial no es muy comercial y para adquirirlo se realiza por pedido, por lo que es sustituido por el acero comercial ASTM A 36 un acero comercial, que es soldado sin ningún procedimiento de soldadura con el acero del arado por lo que es necesario calificar un procedimiento de soldadura para soldar estos aceros en mención y obtener una soldadura sin fallas y no generen pérdidas económicas.

Esta investigación utilizó una metodología experimental descriptiva, el cual toma como muestra al acero CHRONIT T1 500, el acero que se usa para fabricar arados, y al acero ASTM A 36, para el cual se realizó una especificación de procedimiento de soldadura para estos dos aceros bajo el código AWS D1.1/1.1M:2015, para calificar este procedimiento se realizó el soldeo de estos metales a los cuales se les realizaron ensayos como a inspección visual, sin discontinuidades relevantes para la norma al igual ensayo de tintas penetrantes sin indicaciones relevantes mayores a 2 mm. ensayo de doblado sin discontinuidades y el ensayo de tracción se obtuvo una ruptura en el acero ASTM A 36 siendo estos resultados que van en el registro de calificación de procedimiento donde son aceptados por la por el código AWS D1.1/1.1M:2015. Por lo que se concluye que la implementación procedimiento de soldadura del acero CHRONIT T1 500 y el acero ASTM A 36, brinda información clara y precisa al a soldador, de los métodos, parámetros de soldeo y el control que debe seguir para obtener un cordón de soldadura libre de discontinuidades y defectos, de esta manera evitar fallas en los arados de maquinaria agrícola.

Palabras clave: Soldadura, Procedimiento de soldadura, Aceros

ABSTRACT

The agricultural industry is the primary economic activity worldwide, so it requires the use of machinery to prepare and till the land to make their crops, machinery that needs equipment to perform these plowing works called plows, which are exposed to the abrasion, traction due to the same terrain conditions, which makes it necessary to maintain these plows, which are manufactured from a special anti-abrasive steel. This special steel is not very commercial and to purchase it is made to order, so it is replaced by commercial steel ASTM A 36 a commercial steel, which is welded without any welding procedure with the plow steel so it is necessary to qualify a welding procedure to weld these steels in mention and obtain a welding without faults and do not generate economic losses.

This research used a descriptive experimental methodology, which takes as sample the steel CHRONIT T1 500, the steel that is used to make plows, and the steel ASTM A 36, for which a specification of the welding procedure was made for these two steels. under the code AWS D1.1 / 1.1M: 2015, to qualify this procedure was performed the welding of these metals which were tested as a visual inspection, without discontinuities relevant to the standard to the same test of penetrating inks without indications relevant greater than 2 mm. Bending test without discontinuities and the tensile test was obtained a break in steel ASTM A 36 being these results that go in the record of qualification of procedure where they are accepted by the code AWS D1.1 / 1.1M: 2015. Therefore, it is concluded that the welding procedure implementation of CHRONIT T1 500 steel and ASTM A 36 steel, provides clear and precise information to the welder, of the methods, welding parameters and the control that must be followed to obtain a weld welding free of discontinuities and defects, and in this way avoid failures in the plows of agricultural machinery.

Keywords: Welding, Welding procedure, steel

I. INTRODUCCIÓN

1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA

La agricultura es una actividad económica primaria donde se realiza la labranza y cultivo de la tierra, el cual demanda el uso de equipos agrícolas, que trabajan en condiciones muy severas, donde el equipo sufre desgaste, deformación y ruptura, las fallas de estos equipos disminuyen de la productividad y aumentan los tiempos que pierden por trabajos de mantenimiento y reparaciones.

En Nuestro país, importaciones de maquinaria y equipos agrícolas en los últimos años a represento un incremento interanual 15.1%, las mayores importaciones fue de tractores (80,9% de crecimiento), siendo las empresa Ferreyros la que lidera en importaciones, seguido por Cresko (Andina, 2017).

La región Libertad es una región que se dedica a la actividad agrícola tales como proyecto Chavimochi, las agroindustriales como son Agroindustrial Cartavio y anexos, agroindustrial Casagrande y agroindustrial Laredo y los pequeños agricultores, los cuales muchas de estas empresas cuentan con maquinaria para preparar el terreno y otras que brinda este servicio.

Los implementos de labranza, (arados) son equipos mecánicos que presentan un alto índice de desgaste, gracias a la agresividad del trabajo que están realizando. Estar en contacto con suelo abrasivo y superficie del arado, los cuales pueden ser arenosos, rocosos y mixto, lo cuales son las causas del desgaste y deformaciones que sufren estos medios. Al no disponer de repuesto necesarios para su sustitución, porque estos tipos de piezas para su adquisición se deben realizar ha pedido a nivel nacional o internacional y su costo son elevados, por lo que genera más días de paradas, todo esto genera pérdidas económicas tanto a la empresa que brinda el servicio como al cliente. Las empresas para evitar estas pérdidas realizan el mantenimiento a los arados desgastados y deformados, contando la parte averiada y lo remplaza por unión con soldadura con un acero comercial como es ASTM A 36, sin ningún tipo de estudio sobre qué proceso de soldadura emplear, el control de parámetros y sin control de calidad.

Este tipo de mantenimiento realizado a sus arados, por las empresas que brindan servicios de preparación de terrenos para cultivo, le genera un nuevo problema que es la falla de estos elementos soldados sufriendo ruptura y hasta pérdidas de las piezas

en el terreno, generando paradas, en corto tiempo para realizar el mantenimiento de estos equipos. Según encuestas a diversos operadores (80%) de esta maquinaria agrícola dice que después de la reparación de los arados con acero estructural fallan ya sea fisurándose, doblándose o fracturándose, generando pérdidas económicas a la empresa que brinda el servicio, ya que una parada por estas por falla genera la pérdida de un día de trabajo (12 horas), 12 horas que la empresa pierde de ganar más el gasto de reparación. Según encuestas a soldadores, el 60%, usa el acero comercial (ASTM A 36) en la reparación de arados de uso agrícola la mayoría desconoce el tipo de acero del que está fabricado el arado, por el cual una solución más inmediata que requieren las empresas de esas maquinarias lo que hacen es solo remplazar por con acero comercial ASTM A36 (acero Dulce). Según el cliente estas paradas le generan pérdidas económicas por el cual tiene que realizar una reprogramación de avance diario de sembrío, fertilización con máquina.

Partiendo de esta problemática se plantea el proyecto de investigación denominado “Procedimiento de soldadura para la unión del acero Chronit T1-500 y el acero ASTM A 36 bajo la norma AWS D1.1, en la reparación en arados de rejas” Este estudio ayudara a mejorar el mantenimiento por soldadura de arados, y un nuevo conocimiento para obtener cordones de calidad cuando se realiza la unión de estos dos aceros, los cual van a generar que no fallen cuando cumplen su función para el cual fueron diseñado.

1.2. TRABAJOS PREVIOS

Según la tesis (Minchola, 2010), indica que con el desarrollo secuencial de la elaboración, calificación y selección de un procedimiento de soldadura (WPS) para la unión de dos planchas de acero siendo su denominación ASTM A36 y T1FORA 500, el cual se empleará para la reparación de un chute de descarga. Las pruebas se realizaron utilizando 02 probetas con procesos de soldeo diferentes. Para la primera probeta se utilizó el proceso de soldadura convencional SMAW o también llamado de electrodo revestido, y para la segunda probeta se utilizó un proceso más rápido y que tiene mejor rendimiento en sus materiales consumibles que es el proceso de soldadura FCAW-G o también denominado alambre tubular con gas protector. En tal sentido se elaboraron 02 procedimientos de soldadura, uno empleando el proceso SMAW y otro con el proceso FCAW-G, haciendo una comparación entre los dos procesos para elegir la opción más confiable y menos costosa para realizar la reparación del chute de descarga.

De las pruebas realizadas; En el ensayo de tracción realizado a las 02 probetas se observó que la fractura se dio en el material base de menor resistencia (ASTM A36).

Asimismo, durante el ensayo de doblez de lado se pudo observar que el acero T1 FORA 500 no se dobla fácilmente (debido a su alta resistencia y baja ductilidad) en comparación con el acero ASTM A36, notándose el doblado pronunciado en el material con menos resistencia mecánica, pero con mayor ductilidad (ASTM A36).

Pero en los ensayos destructivos de tracción y de doblado se pudo observar que el material base ASTM A36 fue el que presentó mayor deformación, tanto de rotura como de elongación y en las placas radiográficas tomadas mostraron que en ambas probetas se encontraron porosidades pero que por su tamaño eran aceptables según el Código AWS D1.1/D1.1M:2008. Luego Aplicando la Temperatura de Pre calentamiento que se obtuvo según los cálculos realizados con el Método de la AWS D1.1/D1.1M:2008 se observa que se puede llegar a cumplir con las condiciones de servicio establecido en dicho Código.

En último lugar se observa que el proceso de soldeo FCAW-G es más económico que el proceso SMAW, aunque los equipos de soldar y la mano de obra sea más costosa, estos parámetros influyen muy poco en el análisis de costos total.

El autor concluye que el proceso de soldadura FCAW-G es más rápido que el proceso SMAW proporcionando mayor cantidad de material depositado en la junta soldada, por lo que el tiempo de ejecución de las juntas es menor que con el proceso de soldadura por electrodo revestido. También los resultados obtenidos en los ensayos destructivos (Tracción y Doble de Lado) para las probetas SMAW y FCAW, cumplieron con el criterio de aceptación que el Código AWS D1.1/D1.1M:2008 establece. Del mismo modo los resultados obtenidos en los ensayos no destructivos (Inspección Visual y Radiografía Industrial) para ambas probetas también cumplieron con los criterios de aceptación que el Código AWS D1.1/D1.1M:2008 establece. Del mismo modo basándonos en los resultados de los ensayos obtenidos, los 2 procedimientos de soldadura propuestos son adecuados para realizar la reparación, pero además hay que considerar los resultados del análisis de costos realizado; por lo que se concluye que el proceso y el procedimiento de soldadura más confiable y menos costoso para realizar la reparación del chute de descarga es el Proceso FCAW-G.

En la siguiente tesis (Ríos, 2017). Se encontró un estudio, para dos zonas microestructurales, la microdureza, resistencia mecánica a través de prueba de impacto Charpy, así como los esfuerzos residuales de uniones soldadas disimilares en T conformadas por un acero de alta resistencia y baja aleación (HSLA, por sus siglas en inglés) ASTM A572-50 y un acero al bajo carbono ASTM A36, en función de diferentes valores de calor de entrada producidas por la variación en los parámetros de velocidad de soldadura, voltaje, corriente y temperatura de precalentamiento en un proceso de soldadura robotizada por arco pulsado con protección de gas (GMAW por sus siglas en inglés). El análisis microestructural mediante microscopía óptica reveló diferencias en el tamaño del grano y cantidad de las fases entre los cordones de soldadura y la zona afectada por el calor (ZAC), así como un refinamiento de ferrita con diferentes morfologías en la ZAC cuando la temperatura de precalentamiento y cantidad de calor de entrada fueron más altos (240 °C y 0.713 kJ/mm respectivamente) entre los pasos de soldadura aplicados. Se alcanzaron valores altos de dureza Vickers y energía absorbida Charpy en la misma probeta (P31), asociados a la presencia de ferrita acicular y aliotromórfica en la ZAC del acero ASTM A572-50, y ferrita de grano fino en la ZAC del acero ASTM A36. Los parámetros con mayor significancia fueron la corriente y la velocidad de

soldadura, debido a que estos factores son altamente significativos para el modelo determinado mediante un análisis de varianza, y tienen influencia directa sobre la respuesta que es el paralelismo de la unión soldada. Incrementando la corriente (235 A) con una baja velocidad de soldadura (552 mm/min), claramente se incrementó el ancho de la ZAC del acero ASTM A572-50 (hasta 1.87 mm) con valores altos de energía absorbida Charpy (160 J). Lo anterior, fue confirmado con la medición de los esfuerzos residuales mediante difracción de rayos X, cuyos esfuerzos de tensión más altos (115 MPa) se observaron en la ZAC del acero ASTM A572-50 cuando el nivel de corriente fue medio y la velocidad de soldadura fue baja (235 A y 552 mm/min, respectivamente). Para la probeta 3, un nivel alto de corriente (261 A), temperatura de precalentamiento de 219 °C y alto valor de velocidad de soldadura (609 mm/min) mostraron valores de esfuerzos residuales compresivos en la superficie de -171 MPa en la ZAC del acero ASTM A572-50, así como un nivel de energía absorbida Charpy desde 70 J (ZAC en acero ASTM A36) hasta 139 J (ZAC en acero ASTM A572-50).

El autor concluye que la dureza en ambos aceros disímiles (HSLA ASTM A572-50 y al bajo carbono ASTM A36) se incrementa cuando los valores del calor de entrada para la unión son altos (mayores a 0.69 kJ/mm) como resultado de un valor de corriente de soldadura alto (entre 235 y 260 A) y una velocidad de soldadura baja (552 mm/min). El incremento en la dureza parece no tener un buen efecto para la capacidad de absorber energía de impacto sobre la ZAC generada en el acero ASTM A36, no así para la ZAC del acero ASTM A572-50. Lo anterior, debido a que este último contiene elementos aleantes como el Cr y Mo que promueven la formación de ferrita acicular en la ZAC. Al mismo tiempo se observa que la capacidad de absorber energía de impacto se relaciona directamente con la cantidad de ferrita acicular y aliotromórfica en la microestructura (por ejemplo, en P31), con resultados considerablemente altos de energía absorbida en las probetas donde se encontró esta microestructura, a pesar de los altos valores de dureza. Se recomiendan valores de calor de entrada intermedios (0.5 kJ/mm aproximadamente) asociados a valores de corriente alrededor de 200 A y velocidad de soldadura alta (609 mm/min), no solamente para mejorar la soldabilidad entre estos dos tipos de aceros disímiles y garantizar una fusión más uniforme, sino también para reducir los esfuerzos residuales de tensión en la ZAC en estos aceros,

y propiciar incluso, la generación de esfuerzos residuales compresivos en esta zona. El efecto de los esfuerzos residuales compresivos generados con un valor de calor de entrada medio (0.5 kJ/mm aproximadamente) se traduce directamente a la capacidad de la unión para absorber energía de impacto. Además de la adecuada selección de parámetros que garanticen un nivel medio de calor de entrada en la unión, se observó que el precalentamiento (entre 200 y 220 °C) en las uniones son vitales para obtener mejores propiedades mecánicas, menor distorsión, una microestructura más adecuada que incluya la formación de ferrita acicular, así como un nivel bajo de esfuerzos residuales de tensión.

En el presente trabajo de investigación, (Espinoza y Paredes, 2007). Se evaluó el efecto producido por la temperatura de postcalentamiento de 450, 550 y 650 °C sobre la resistencia al impacto y dureza en las diferentes zonas de uniones soldadas del material de dientes desgastados de excavadoras Caterpillar 315 CL con aceros Chronit T1-500 y el estructural ASTM A36; soldados por arco eléctrico manual con electrodo revestido (SMAW), usando como material de aporte el electrodo AWS E11018-G.

Se evaluaron 24 probetas en total, para la determinación de la resistencia al impacto de acuerdo a la norma ASTM E23-98, las cuales se confeccionaron de acuerdo al código A5.1-91; las mediciones de dureza se realizaron antes y después del tratamiento de postcalentamiento.

Los resultados experimentales determinaron que para la unión hecha con Chornit T1-500, la resistencia al impacto aumento de 53.75 Joules hasta 100.5 Joules a medida que la temperatura de postcalentamiento aumento de 450 a 650 °C respectivamente y de 63.25 Joules hasta 119.75 Joules cuando la unión se realiza con el acero estructural ASTM A36, esto se debe a las modificaciones en la microestructura. Respecto de la dureza, los resultados muestran que para el rango de temperaturas en estudio hay una ligera variación en la zona de fusión debido a un leve engrosamiento de la estructura granular. Sin embargo, en la zona afectada por el calor existen variaciones de 10 unidades HRC de dureza en promedio para las uniones en estudio y sin variación significativa para el metal base.

Los resultados son confirmados mediante un análisis de varianza y la prueba de idoneidad del modelo, este trabajo se realizó a un nivel de confiabilidad del 95%.

Permaneciendo con el tema principal, (Aspicueta A. 2014). Se encontró materia prima para diferentes aplicaciones y para diferentes fábricas y empresas constructoras y afines, en donde existe el movimiento de tierras incluido el traslado de materiales con extrema fricción. Estos son de alta resistencia y baja aleación con la característica que tiene de ser templados y revenidos obteniendo alta resistencia al desgaste, los aceros AR (Abrasion Resistant), ocasionalmente se debe realizar un tratamiento de precalentamiento y luego realizar el soldado del metal sin desperfectos. En consecuencia, en el vigente trabajo de investigación se estudió el procedimiento de soldadura para el Acero Chronit T-1, con especial atención a las tolvas de vehículos de carga en condiciones agrestes. Continuando se ubicó que una de las variables principales para cumplir con el principal objetivo del proyecto de investigación fue la velocidad de enfriamiento del metal base. Para controlar en ese caso la velocidad de enfriamiento en una condición agreste, primero se tuvo que realizar una comparación de las Temperaturas de Precalentamiento, pero considerando que usaríamos el Acero Chronit T – 1. Es mediante un tipo de ensayo particular llamado Tekken y según la norma AWS B 4.0 2007 “Standard Methods for Mechanical Testing of Welds”, adicionamos el Método Seferian. Usando la técnica para comparar las temperaturas de Precalentamiento de uniones soldadas. En cuyo proceso experimental se utilizó 1 cupón por cada probeta soldada (04 unidades), en distintas condiciones de aplicación para las Temperaturas de Precalentamiento y para el proceso SMAW: : 18 °C, 104.3 °C, 170.7 °C y 191.25 °C. En consecuencia para la determinación de las pruebas realizadas en laboratorio se utilizó ensayos Metalografía y Dureza.

Se encontró la tesis de Andrades Z. y Francys A. (2010). En su trabajo de investigación de determinar los esfuerzos residuales, en la soldadura a tope por arco eléctrico con electrodo revestido en el acero ASTM A36. Obtuvo como resultados que las probetas soldadas, que no fueron tratadas térmicamente tienen menor capacidad de deformación, debido a los cambios en su microestructura, debido al aporte de calor, parte de la ferrita se transformó en perlita gruesa. También encontró que, para el acero soldado y tratado térmicamente, al ser calentado la microestructura con esfuerzos residuales. Este tratamiento térmico hace que esta estructura afectada alivie tensiones y reacomoda sus granos gracias a una velocidad de enfriamiento lento, la cual le otorga una estructura con mayor resistencia a la

estructura soldada. Mecanográficamente una diferencia en los tamaños de grano genera comportamientos mecánicos diferentes en el acero soldado, el grosor de cordón, genera mayor aporte de calor al metal base y esto genera que sea más maleable y dúctil, que un cordón de menor anchura. Concluyendo que los esfuerzos residuales ocurren, cuando la fuente de calor cambia la microestructura del acero, lo cual afecta sus propiedades mecánicas del acero soldado.

Con las siguientes tesis (Meléndez Villegas Alexandra y Quetal Quetal Victoria. 2009). En su investigación que tiene como objetivo cuantificar los valores de esfuerzos residuales en el soldeo de metales con diferentes parámetros, utilizando un diseño experimental. Diseña su junta y los parámetros de soldadura, y utilizando galgas estensiométrica para medir la deformación y el método del agujero perforado, donde obtiene como resultados. Obtiene errores por deformación 115% y las deformaciones por calor en un 74% son de menor error porque se pueden controlar los parámetros, se pueden observar que mayor es el esfuerzo residual máximo se tiene mayor distorsión longitudinal. Determina que los parámetros de soldeo no son determinantes para ver las concentraciones de esfuerzos residuales. El método del agujero pasante es el método más exacto y más entendible.

Concluye que no hay diferencia entre los valores de distorsión entre las probetas soldadas con corriente DC y AC. Las distorsiones transversales tienen valores similares, pero en las distorsiones longitudinales, se encuentra una diferencia de 0,20 cm. Y las distorsiones transversales por calor la diferencia es 0.0062 cm.

También se encontró la monografía de Vasquez Vasquez Ernesto 2012. Con su objetivo de elaborar un procedimiento de soldadura para soldar acero aleado AISI – SAE 4140 y ASTM A 36, usando como material de aporte el electrodo E 9018G, del cual se obtuvo el siguiente resultado, del ensayo de tracción de tres probetas dos fallaron fuera del cordón de soldadura con esfuerzo superior al metal base, por lo que está dentro de los requerimientos de la norma AWS D1.1., la probeta que falló en el cordón de soldadura se debió a una escoria de 6 milímetros en la longitud de la raíz de la junta, por falta de limpieza en el proceso de soldadura. Concluyendo que la probeta que falló dentro del cordón de soldadura, está dentro de los requisitos de la norma por que el esfuerzo máximo de fallo es 73951 PSI mientras que el

material máximo es 50000 Psi. Lo cual está dentro de los requerimientos del código. Por lo que los ensayos realizados califican el procedimiento de soldadura.

En la publicación de Mendoza del Solar Javier (2000). En su estudio del acero aceros resistentes a la abrasión, en la empresa Aceros BOHLER Perú. En su estudio al acero antiabrasivo Chronit T1 500 un acero con alta resistencia al desgaste, con una dureza de 500 brinell, estos aceros son usados para la fabricación: equipos para mover tierra tolvas de volquetes cucharones de maquinaria pesada etc. Donde determina que este acero se puede soldar, pero necesita ser precalentado a una temperatura de 150 °C a 250 °C para espesores mayores a 8 mm. y de esta manera evitar fisura en caliente y en frío, además se corre el riesgo de disminuir la dureza cuando las temperaturas de precalentamiento son mayores a las dispuesta.

Continuando con la búsqueda se encontró el siguiente artículo científico (Pozo, Valarezo - 2005). En esta investigación se explicó el procedimiento para soldaduras de ranura, para cumplir este objetivo se procedió a realizar los ensayos respectivos en los laboratorios indicados y basados en el código y sus respectivos criterios de aceptación. Siguiendo se calificará una soldadura de ranura en “V” que se realizó mediante el siguiente proceso de soldadura de tipo Arco con Electrodo Revestido, SMAW. Si después de realizar la aprobación del procedimiento se elaborará el respectivo Certificado de Calificación del Procedimiento y el Registro de Calificación de Soldadores y Operadores.

En la publicación científica (Zapata A. 2003). En su publicación parámetros para la elaboración de estándares de soldadura, con un estudio de revisión bibliográfica, en la documentación de la empresa Busscar S.A., en vías de optimizar sus estándares de calidad y asegurar la calidad de sus productos en sus diferentes procesos de soldadura. Concluye que para lograr la optimización de los estándares de calidad en soldadura es muy importante que los procedimientos normalizados estén amparados por los códigos internacionales de soldadura, donde se debe involucrar las múltiples variables, que debe partir del recurso humano (soldadores), con todas sus competencias (conocimiento, habilidad y ética). La materia prima (material base y material de aporte) , equipos y máquinas de soldadura calibrados.

El aseguramiento de la calidad de estas variables es una vía para la optimización de la productividad y competitividad en los productos y servicios que se den.

Siguiendo con la búsqueda se encontró la tesis (Caisiguno 2013) esta investigación donde desarrollo procedimientos de soldadura de acuerdo a la norma AWS D.1.1. con el objetivo de realizar un método para interpretar y aplicar el código. El cual obtuvo como resultado los formatos para ser llenados como WPS precalificados y calificados, calificación para el soldador, y los métodos para calificar los procedimientos a través de ensayos: ensayos visuales, ensayos de líquidos penetrantes, partículas magnéticas y ultrasonido.

Estos formatos ayudaran mucho en la fabricación de elementos estructurales en los diferentes procesos de soldadura dentro, del alcance de código AWS D.1.1 /2010. y los productos fabricados tengan una alta calidad de soldeo, y disminuir las fallas de soldadura.

La Calificación de un procedimiento de Soldaduras toma mayor importancia y demanda en nuestro medio, pues se requiere que las uniones soldadas realizadas en sus diferentes variedades fabricaciones en la Ingeniería cumplan con los requerimientos de la norma o código utilizado; para alcanzar en cada uno de los casos, estándares de calidad altas; teniendo en cuenta que, dicho código se debe elegirse de acuerdo al tipo de servicio que va soportar la soldadura y las características de metal a soldar. Los procedimientos ejecutados en la presente tesis usando la soldadura SMAW, en planchas y tuberías se realizaron las pruebas don se obtuvieron resultados positivos para usa el procedimiento de soldadura en la industria manufacturera. Del mismo modo el técnico operario soldador queda apto para los diferentes trabajos de la especialidad en las obras que se presenten. Debemos resaltar que una exhaustiva limpieza de raíz y entre pases eliminó la escoria provocada durante estos procesos y esta técnica fue lo que ayudó en conseguir el objetivo principal de calificación. En seguida se procedió analizar los procedimientos ejecutados con GMAW, también en planchas y tuberías sufrieron de fallas relevantes en especial atención al ensayo de doblado de raíz, teniendo como resultado el rechazo del mismo. Lo indicado obligó a buscar el inicio de las fallas y analizamos los WPS respectivos y hallamos error en el tamaño del electrodo y la abertura de raíz, y esto fue el origen de las fallas y una mala fusión de los metales base por consiguiente ocasionando porosidad y socavamiento. Por lo tanto, estos procedimientos a realizar con GMAW se observó una abertura de raíz de 1.6 mm (1/16 pulgadas), según el tamaño del electrodo y disponible de 1.2 mm, en

donde al aplicar la unión cada operario aplicó una técnica distinta las cuales fueron aplicadas en su propia experiencia.

Finalmente se debe seguir el procedimiento de soldadura detallado en el presente trabajo de investigación, porque al realizar una modificación del procedimiento cambia uno de los parámetros del WPS y posterior ocasionaría la falla en la soldadura.

La importancia de la tesis de investigación reside es de dar a conocer, con casos reales, las directrices básicas a seguir para la calificación de procedimientos soldadura; para la difusión de su aplicación y de esta forma asegurar la calidad de la construcción soldada.

1.3. TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA

1.3.1. ACERO

Son aleaciones hierro – carbono que se encuentran en un rango de 0.08% hasta 2.11 % de carbono. También se adicionan otros elementos aleantes, para mejorar sus propiedades. Tiene muchas aplicaciones, debido a sus propiedades mecánicas y su bajo costo, su aplicación en la industria metal mecánica en la fabricación: maquinaria, equipos, puentes, etc. (Sifuentes, 2008)

Se muestra en la figura 1. como el porcentaje de carbono varia las propiedades mecánicas de los aceros según el diagrama Fe - Fe₃C.

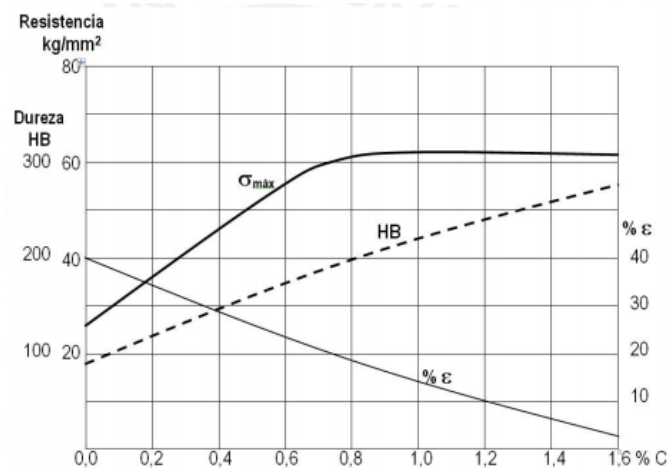


Figura 1. Propiedades mecánicas del acero según su porcentaje de carbono

De la figura 1 se puede observar en el gráfico que a medida que aumenta el porcentaje de carbono la dureza aumenta, lo mismo pasa con la resistencia y la tensión.

tiene un crecimiento hasta un porcentaje de carbono de 0.8, con más porcentaje de carbono el metal mantiene la deformación pudiendo llegar a la ruptura, pero todo lo contrario pasa con la deformación mientras más porcentaje de carbono tenga el acero su deformación es menor dando como resultado un acero con propiedades mecánicas frágiles.

1.3.2. Aceros según su porcentaje de carbono según, Pero – Sanz (2014)

El elemento importante en los aceros es el carbono, Clasificamos a los aceros de la siguiente manera:

a. Aceros de bajo carbono

Aceros con un máximo de 0,3% C. se aplican en automóviles para fabricar sus carrocerías, perfiles, planchas, barras corrugadas, alambres y otros.

b. Aceros de medio carbono

Son aquellos con de 0,3 hasta 0,6% de carbono. Son empleado para la fabricación de piezas de máquinas para mina y navales, engranajes, cigüeñales, levas y ejes; arados.

c. Aceros de alto carbono

Con un contenido de 0,6 hasta 2% C. Son usados para fabricar herramientas, ruedas de ferrocarriles, matrices, muelles, y rodillo para laminación. Utilizada en la condición templada y revenida, con resistencia al desgaste del acero.

d. Aceros de herramientas

Son aceros entre el 0.9% a 1.5% C; contiene otras aleaciones, que le dan mejores propiedades. Los elementos que se adicionan son tungsteno, cromo, vanadio, y molibdeno, con carbono forman carburos muy duros y resistentes al desgaste. Son usados como matrices, también usados en cuchillos, navajas, herramientas de corte y hojas de sierra.

e. Aceros aleados

Son los aceros aleados con manganeso, azufre, silicio, fósforo, hierro, se le adicionan otros elementos para cambiar sus propiedades y usarlo en trabajos especiales.

1.3.3. ACERO ESTRUCTURAL

Acero al carbono con menos 0.29% C, se aplica al industrial metal mecánica como: perfiles, barras y láminas. Con una buena ductilidad y el contenido carbono hace que lo podamos utilizar para la industria estructural e metalmeccánica. (ASTM)

En la figura 2. Se aprecia según norma ASTM A36/A36M la Composición química nominal del acero ASTM A36.

Producto	Perfil	Planchas				
		Hasta 20	De 20 a 40	De 40 a 65	De 65 a 100	De 100 a más
Espesor mm	Todos					
Carbón máx %	0.26	0.25	0.25	0.26	0.27	0.29
Manganeso %	0.8-1.2	0.8-1.2	0.85-1.2	0.85-1.2
Fósforo máx %	0.04	0.04	0.04	0.04	0.4	0.04
Azufre máx %	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Silicio %	0.40 máx	0.04 máx	0.04 máx	0.15-0.4	0.15-0.40	0.15-0.40
Cobre min %	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2

Figura 2. Tabla de composición química del acero ASTM A36

De la figura 2 se puede observar la composición química del acero ASTM A 36 en plancha es diferente a diferentes espesores, el porcentaje de carbono en este acero va aumentando a medida que aumenta el espesor del acero, para menores de 20 mm. De espesor no tiene manganeso. Lo cual no pasa con los perfiles donde su porcentaje de carbono es 0.26 % C, y tampoco lleva manganeso.

A. Las propiedades mecánicas:

Planchas, perfiles y barras	
Resistencia a la tracción, ksi [MPa]	58-80 [400-550]
Resistencia a la fluencia min, ksi [MPa]	36 [250]
Planchas y barras	
Elongación en 8 pulgadas [200 mm] min, %	20
Elongación en 2 pulgadas [50 mm] min, %	23
Perfiles	
Elongación en 8 pulgadas [200 mm] min, %	20
Elongación en 2 pulgadas [50 mm] min, %	21

Figura 3. Propiedades mecánicas para el acero ASTM A36/A36M.

La figura 2 nos muestra las propiedades mecánicas del acero ASTM A 36, para planchas, perfiles y barras, donde nos brinda información de la resistencia a la tracción, fluencia y la elongación a diferentes espesores.

b. Soldabilidad del acero estructural ASTM A36

Soldabilidad es la capacidad a que este tipo de acero pueda soldarse mediante técnicas de soldeo y se obtenga una buena soldadura en el cordón, el cual va a depender del carbono equivalente.

Según la IIW propone una fórmula para calcular el carbono equivalente en el metal.

$$CE = C + \frac{Mn}{6} + \frac{(Cr + Mo + V)}{5} + \frac{(Ni + Cu)}{15} (\%) \quad \text{Ec. (1)}$$

El cálculo de carbono equivalente para el acero ASTM A36 es en promedio 0,26.

El CE considera a la composición química como único factor influyente. El CE evita los riesgos que exista fracturas en frío. (Fosca. 2007 p145).

En la figura 3. Ubicamos la zona 2. El acero presenta soldabilidad media, hay que evitar que se forme de estructuras frágiles, con el precalentamiento.

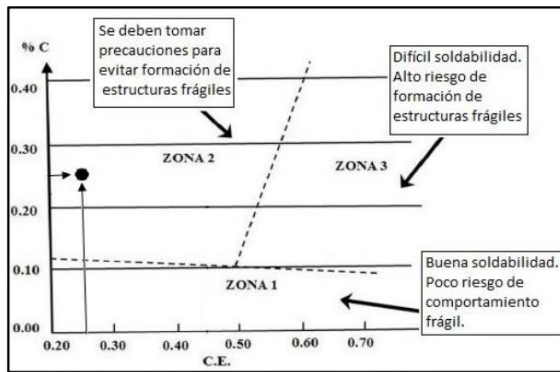


Figura 4. Gráfica C E con la soldabilidad y %C.

La grafica de la figura 3 nos muestra tres zonas donde se relaciona el carbón equivalente del acero con su porcentaje de carbono, esta relación nos indica en que zona se encuentra este acero con respecto a su soldabilidad. Nos muestra que el acero ASTM A 36, con un porcentaje de carbono de 0.26 % y con su carbón equivalente (CE) es 0.26, por lo tanto, este acero se ubica en la zona 2, esto quiere decir que hay que tomar precauciones para evitar la formación de estructuras frágiles.

c. Procesos de Soldadura

Según AWS existen varios procesos como, por ejemplo: SMAW, GMAW, GTAW, FCAW y SAW.

En cada proceso se deben tener consideraciones, tener cuenta que los aceros si no controlamos la velocidad de enfriamiento puede formar martensita.

1.3.4. ACERO CHRONIT T1500

Acero Aleado con alta resistencia al desgaste por Abrasión. alta dureza (500 HBW), composición química y tratamiento térmico de Temple – Revenido tiene aceros al desgaste. Se emplea en: equipos mina, equipos para el movimiento de tierra, en cementeras, etc. (Bohler).

El Chronit T1-500 es un acero que resiste el desgaste, su esta en promedio de 500 HBW, mediante el tratamiento térmico de temple.

Tabla 1.: Propiedades químicas del metal base CHRONIT T1

C	Mn	Si	P+S	Cr	Mo	Ni	V	Nb
≤ 0.3	≤ 1.6	≤ 0.5	≤ 0.4	≤ 1.5	≤ 0.5	≤ 1.0	≤ 0.08	≤ 0.05

Fuente: Manual de Aceros Böhler

La tabla 1. Nos muestra la composición química máxima del acero CHRONIT T1 500, la composición química de este acero va a depender de su espesor, donde se lea adiciona elementos aleantes para controlar la óptima templabilidad.

Tabla 2. : Propiedades Mecánicas del acero CHRONIT T1.

Característica mecánica	Resistencia la tracción N/mm ²	Límite de fluencia N/mm ²	Elongación %	Dureza Brinell	Factor antidesgastes
	1650	1300	8	450 a 530	75

Fuente: Manuel de Aceros Böhler

La tabla 2. Nos muestra las propiedades mecánicas que tiene este acero como es la resistencia a la atracción máxima 1650 Mpa. Y una dureza de 450 a 530 Brinell, siendo acero con alta resistencia al desgaste.

Soldadura y corte por soplete de este acero

En el oxicorte la temperatura mínima de 50°C para espesores mayor a 30 mm, 100°C para espesores de 30 - 70 mm 180°C mayor 70 mm de espesor. Para soldadura con SMAW, secar los electrodos humedecidos.

Se recomienda precalentamiento de 150° - 250° C para espesores mayor 8 mm. Para evitar fisuras en las juntas soldadas.

Conformación en frío

Este acero puede ser conformado en frío, puede incrementar su resistencia durante el soldeo o tratamiento térmico.

Conformación en caliente

Este acero puede hacerse un conformado en caliente por lo que para obtener dureza original hay que hacer un templado después del conformado en caliente.

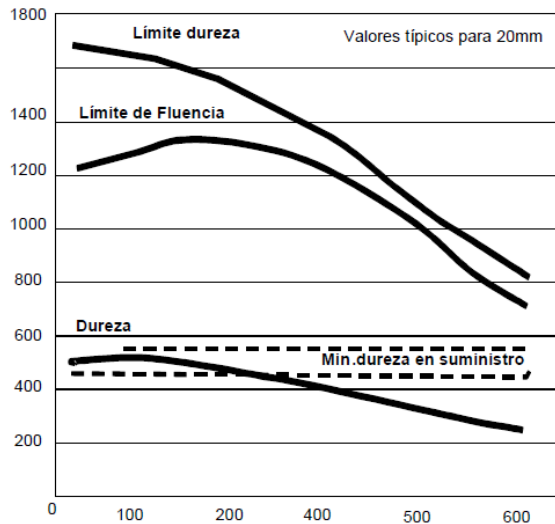


Figura 5. Dureza y resistencia con la variación de temperatura

1.3.5. LA SOLDADURA

Proceso de unión que consiste elevar la temperatura de material hasta el estado líquido (fusión) adicionando un material de aporte que al solidificar en la material queda unido formando un cordón de soldadura con las mismas características que el material base. (ANSI/AWS 3:1 2015).

Procedimiento para unir dos o más metales con la ayuda de una fuente de calor o presión focalizada pudiendo usar un material de aporte que puede ser diferente o igual composición química, que el material base (Rodríguez, 2013. p. 21).

1.3.6. PROCESO DE SOLDADURA POR ARCO ELÉCTRICO CON ELECTRODO REVESTIDO (SMAW)

Este proceso utiliza una máquina que genera un arco eléctrico a través del electrodo y el metal base el cual eleva la temperatura del metal base a soldar hasta aproximadamente 4000 ° C. lo cual genera que el metal base se funda y el electrodo también cayendo en pequeñas gotas se fundido en el charco de metal que al enfriarse forman un cordón de soldadura. (Hernández, 2014, p.199)

Proceso de soldadura que genera temperaturas hasta 5000 ° C entre la punta y el material base donde el material fundido cae en forma de gotas al metal fundido del material base, el material de aporte fundido forma un cordón en la medida que

avanza el soldeo, a la vez es protegido por el gas generado por la quema del recubrimiento del electrodo, donde la escoria forma una capa protectora al cordón de soldadura para su protección (Alonzo, 2011, p. 9).

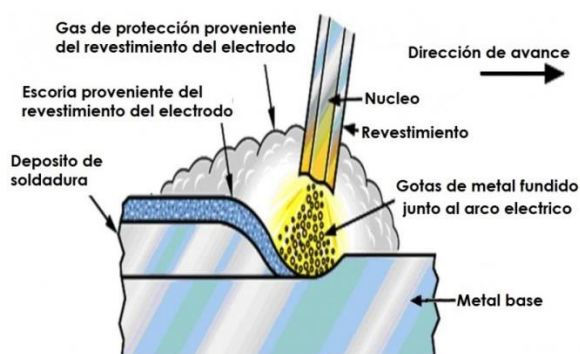


Figura 6. Proceso SMAW

1.3.7. PARÁMETROS DE SOLDADURA SMAW

Para realizar correctamente una soldadura hay que considerar varios parámetros que se deben ajustar antes de iniciar una soldadura.

a. Diámetro del electrodo

Utiliza electrodo de menor diámetro para el punteado, para unión de piezas de pequeños espesores, primeras pasadas, posición horizontal, sobrecabeza y cuando se requieren que el aporte térmico sea bajo.

Los electrodos con diámetros grandes se usan para unir de piezas de con espesor medio y grueso, también en soldadura con una posición plana y de recargue. (Hernández G. 2014)

Tabla 3. Diámetro de electrodos según el espesor de la chapa a soldar

Espesor de chapa (mm)	Diámetro de electrodo (mm)	Intensidad (Amperios)
2 a 4	2,5 a 3,0	60 – 100
4 a 6	3,0 a 4,0	100 – 150
6 a 10	4,0 a 5,0	150 – 200
Mas a 10	6,0 a 8,0	200 – 400

Fuente: Solandina

En la tabla 3. Muestra la relación que hay entre el espesor de chapa con el diámetro del electrodo y la intensidad de corriente, datos que fueron encontrado de pruebas de prueba experimentales realizadas para este fin.

b. Intensidad de soldeo

Intensidades de corriente para soldar cuando es muy elevada, genera: socavado, proyecciones, también genera soplo magnético, e incluso grietas.

Para regular la intensidad de corriente en el soldeo va depender del tipo de unión y posición de soldadura.

Para regular la intensidad en el soldeo de raíz en una unión cuando el ojo de cerradura se cierra se está trabajando con intensidad baja y se agranda la intensidad esta elevada. (Hernández G. 2014).

c. Longitud de arco

La longitud del arco es la altura que existe entre el electrodo y el metal base al instante del soldeo una buena calidad de cordón de soldadura depende de que esta altura se mantenga constante. La longitud de arco se determina por la longitud del revestimiento del electrodo.

Una longitud de arco muy corta puede producir cortocircuitos, y cuando es demasiado largo pierde dirección lo cual conduce que no exista una buena protección del gas que protege y el fundente que generado por la capa protectora del electrodo. Esto puede producir porosidad, y la contaminación del cordón con oxígeno e hidrogeno que son muy letales para el cordón de soldadura. (Hernández G. 2014)

d. Velocidad de desplazamiento

Esta velocidad es la cantidad de avance con respecto al tiempo en el soldeo la cual debemos ajustar para que el baño de fusión cumpla su fin que unir dos metales. Cuando se trabaja con una velocidad baja podemos obtener un cordón muy ancho y con sobremonta, mordeduras, puede producir poros, las escorias son difíciles de retirar. (Hernández G. 2014)

Cuando la velocidad es muy es excesiva el cordón es de menor anchura, hay menor aporte térmico que puede generar estructuras frágiles.

1.3.8. METALES DISÍMILES

Son Metales disímiles cuando químicamente son diferentes, y Cuando metalúrgicamente también, Cuando se realiza el soldeo de es tipos de metales el cordón soldadura de unión debe tener característica y comportamiento similares a estos aceros para que no exista problemas (Piello, 1981.p. 1).

Para obtener una buena junta de soldadura en estos tipos de aceros va a depender del tipo de proceso de soldadura, electrodo, tratamiento térmico y de esta manera obtener un cordón de soldadura de calidad para que cumpla los factores de servicios deseado.

1.3.9. PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA

Es una tecnología que tiene métodos y técnicas detalladas en la producción de elementos soldados. (AWS D.1.1. 2015).

se usa esta metodología de soldadura donde se van a registrar elementos variables que factores involucra en la realización del trabajo de soldadura. Tiene como finalidades.

- Controlar la distorsión para mantener las dimensiones
- Bajar las tensiones residuales u localizadas
- Reducir alteraciones metalúrgicas
- Realizar un cordón de calidad en la unión por soldadura
- Ajustar a ciertas especificaciones y códigos

Estos procedimientos de soldadura deben probarse o calificase y comunicarse a los que los requieren para su trabajo.

1.3.10. ESPECIFICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS)

Formato que va proporcionar en detalle las variables esenciales para aplicaciones, para garantizar que los soldadores y operarios realicen el trabajo de soldadura con parámetros adecuados.

La mayor parte de estas especificaciones está constituida por las variables esenciales, las cuales se manipulan o varían por lo cual se tiene que recalificar (AWS D1.1./D1.1:2015).

1.3.11. REGISTRO DE CALIFICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO (PQR)

Es un documento que se usa para calificar la especificación de procedimiento de soldadura que hace referencia al código estructural AWS D1.1./D1.1:2015, el cual nos va indicar los ensayos que debemos realizar para calificar la especificación del procedimiento de soldadura.

1.3.12. REGISTRO DE LAS PRUEBAS DE CALIFICACIÓN DE SOLDADOR (WPQ)

Es un documento que se usa para calificar a soldador, trabajador en el trabajo de soldeo que realiza. Cada soldador debe ser calificado mediante exámenes específicos de soldadura las cuales fueron diseñadas y determina la capacidad para soldar. Pedida en la especificación de soldadura que se emplea en la empresa.

Para homologar la habilidad de una persona en la aplicación en soldadura según la norma AWS B 2.1. En cual se debe usar un registro de calificación de ensayo y desempeño.

1.3.13. TIPOS DE ENSAYOS PARA CALIFICACIÓN

Los procedimientos se califican mediante las siguientes pruebas: inspección visual, ensayos no destructivos, doblado de cara raíz y lado, tracción en sección reducida. Tracción en todo el metal soldado macro –ataque.

a. Inspección visual

Es técnica que requiere que el observador tenga mucha información de la pieza a inspeccionar para dar una buena interpretación de lo observado y dar indicaciones, por lo que se recomienda que la inspección sea antes, durante y después del soldeo.

La inspección se va utilizar herramientas, como reglas, galgas, etc. Lo cual se puede detectar discontinuidades como: mordeduras, proyecciones, poros, fisuras, falta de material y sobre montas.

b. Ensayos no destructivos

Por medio de estos ensayos se verifica que el elemento soldado esté libre de defectos y discontinuidades para el cual se usan método físico usando reactivo con equipos especiales que van revelar discontinuidades en cordón de soldadura, así como la ZAC, donde podemos encontrar Técnicas de inspección superficial, volumétrica y de hermeticidad.

c. Ensayo de tracción

El ensayo de tracción determina la resistencia del material a ser estirado cuando es sometido a esfuerzo de tracción y también evaluamos la ductilidad del material.

Para determinar Resistencia a la tensión (esfuerzo de tracción o resistencia ultima)

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (\text{Ec. 2})$$

Dónde:

σ : Esfuerzo de tracción

F : Carga máxima

A : Sección antes de la deformación

También con este ensayo se puede determinar el esfuerzo de fluencia del material es el esfuerzo máximo para que el material pase de una elongación elástica a plástica.

En este ensayo hay una reducción de área en la probeta que ha sido sometida a tracción.

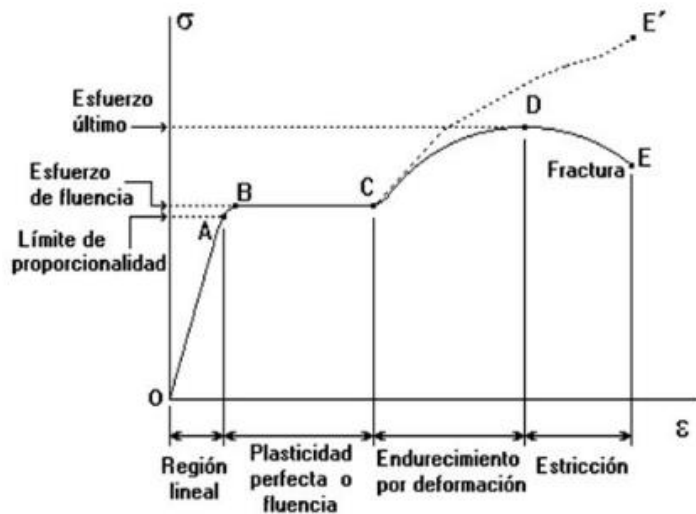


Figura 7. Grafico esfuerzo deformación

La deformación unitaria o elongación:

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0} = \frac{L_f - L_0}{L_f} \times 100 \quad (\text{Ec. 3})$$

Dónde:

L_0 = Longitud Inicial

L_f = Longitud Final en la marcación

Estricción:

$$\text{Estriccion} = \frac{A_0 - A_f}{A_0} \times 100 \quad (\text{Ec. 4})$$

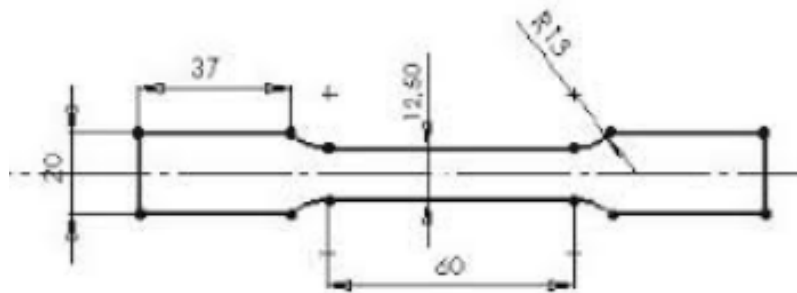


Figura 8. Dimensiones de probeta para tracción

d. Ensayo de doblado

Este ensayo consiste en doblar una probeta soldada en una matriz con forma de una “U” bajo una carga uniforme, para evaluar la ductilidad y sanidad de una junta soldada.

Para calificar un procedimiento de soldadura se hacen 4 tipos de pruebas según la norma AWS D 1.1. 2015 para lo cual las probetas pueden dobladas en forma longitudinales, transversales a la junta soldada los cuales pueden ser ensayadas de raíz y cara.

1.4. DISCONTINUIDADES Y DEFECTOS EN JUNTAS SOLDADAS

Cuando una junta soldada sufre una interrupción en su estructura cristalina y esto genera que sus propiedades físicas, mecánica, y metalúrgicas exista una falta de homogeneidad, pero sigue estando dentro los límites que el código requiere por el cual no genera rechazo se le denomina discontinuidad, por lo contrario, un defecto es la unión de discontinuidades que por efecto acumulado hacen que la pieza soldada no cumpla con el requerimiento del código (Larry, 2008. p. 170).

1.4.1. TIPOS DE DISCONTINUIDADES

a. Mordeduras

Son ranuras y hundimientos continuos producido en los bordes de las piezas a soldadas que se generan por movimiento incorrecto del electrodo, el cual reduce la resistencia en estas secciones con más frecuencia se produce cuando se realiza soldeo en la posición vertical (Molera. 1992. p115-116).

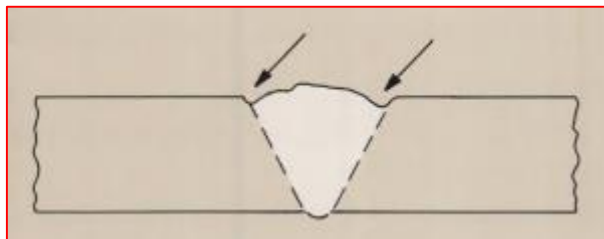


Figura 9. Mordedura

b. Inclusiones

Son inclusiones cuerpos solidos extraños que se adhieren a la fusión durante el soldeo y puede ser metálico o no metálico generadas por malas técnicas del soldador, también se tendrán inclusiones cuando no existe una buena limpieza entre pasadas, por ejemplo: escorias atrapadas entre pasadas (Rowe, 2008. p. 171).

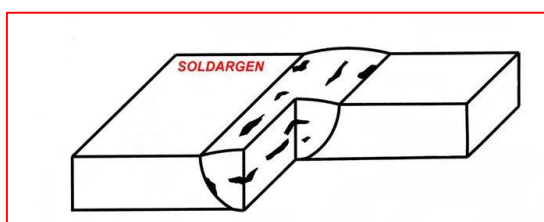


Figura 10. Inclusión solida

c. Porosidades

Es una cavidad producida por los gases que quedan atrapados durante el soldeo generalmente son de forma esférica, puede formarse de varias formas: agrupados, vermiculares, lineales. Estos son producidos por humedad y contaminantes en los electrodos, así como en el metal base (Jeffus, 2009. p. 510).
Ejemplo: cuando se suelda con electrodo húmedos o en ambientes húmedos.

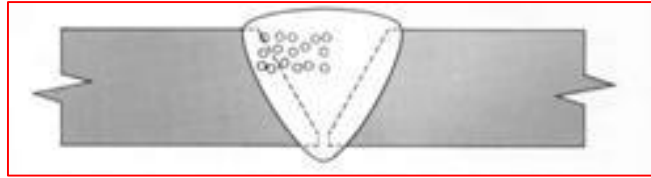


Figura 11. Porosidades

d. Falta de penetración

Se da cuando el material de aporte no ha penetrado en todo el espacio de soldadura generalmente se da en la primera pasada llamada pasada de raíz generalmente cuando el espesor del material es muy grande o la raíz es muy estrecha su abertura con electrodo de diámetro grandes, también en las caras (Molera, 1992. p. 114).

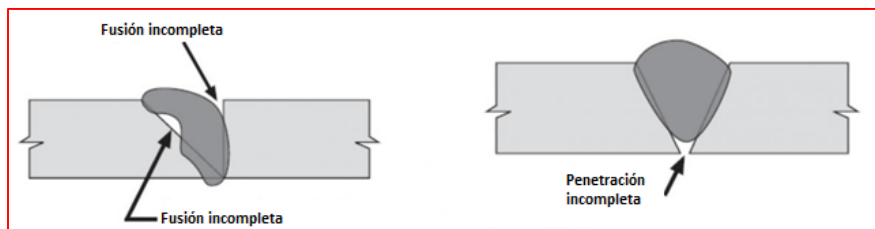


Figura 12. Falta de penetración

1.4.2. DEFECTOS DE SOLDADURA

Un defecto es una discontinuidad con exceso en tamaño o agrupados que puede llevar a la junta soldada a fallar y por ello no cumple condiciones mínimas que la que recomienda el código por lo que debe ser rechazada.

El código no acepta ningún tipo de grietas en la junta soldada, ZAC, metal base del tamaño que fuera (Hernández 2014 p. 230).

a. Figuración en caliente

El agrietamiento en caliente pasa cuando la soldadura se encuentra por encima $0.5T_f$ de fusión, la causa de este agrietamiento es la segregación de elemento S y P y otros en el baño fundido formando compuestos de menor punto de fusión que cuando se enfrían y solidifican se producen contracción sometiendo a tracción a la zona líquida que no soporta estos esfuerzos que da origen a grietas (Fosca, 2007).

Los factores que producen la figuración en caliente altas corriente, separación amplia en la raíz, impurezas (P y S), altas velocidades y arcos muy largos (Fosca, 2007).

b. Figuración en frío

Este tipo de figuración pasa cuando el metal soldado está enfriando o ya está frío a temperaturas menores a 300° C. estas grietas se pueden dar en horas o semanas después de realizada la soldadura. Este tipo de defecto se da en aceros al carbono y de aleación baja, cuando se fragiliza la zona, por tensiones residuales en el cordón de soldadura, fragilizarían por envejecimiento e hidrogeno (Fosca, 2007).

c. Falla en la soldadura

Estado de finalización de las funciones para lo cuales fueron diseñadas de los elementos soldados causados por exceso de discontinuidades, defectos de naturaleza de agrietamiento en frío o en caliente.

1.5. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo el procedimiento de soldadura en la unión del acero CHRONIT T1-500 y el acero ASTM A 36 bajo la norma AWS D1.1/D1.1M:2015 mejora la reparación de arados de maquinaria agrícola?

1.6. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

La elaboración procedimiento de soldadura o WPS, es un documento que va ser mucha importancia por brindar de datos necesarios, el cual da orientación al soldador u operador de soldadura, de cómo soldar estos dos aceros en investigación y de esta manera asegurar los requerimientos del código. También describir las variables esenciales, esto nos ayuda saber que variables controlar y así predecir los resultados.

En este documento el diseñador establece las cualidades básicas de la unión a realizar (resistencia del material de aporte utilizado, tamaño, penetración, etc.). para que constructor o fabricante apliquen las especificaciones de cómo preparar la junta para que cumpla con los requisitos aprobados por el diseñador.

La elaboración de este registro va ayudar a reducir costos de trabajos en soldadura ya que cumpliendo con las variables vamos tener una soldadura de calidad, sin discontinuidades ni fallas que nos haga rehacer el trabajo de soldado.

1.7. HIPÓTESIS

El procedimiento de soldadura para la unión de los aceros CHRONIT T1 500 y ASTM A36, basado en la Norma AWS D1.1/D1.1.M:2015 mejora la reparación de arados de maquinaria agrícola.

1.8. OBJETIVOS

1.8.1. OBJETIVO GENERAL

Calificar un procedimiento de soldadura para unión del acero CHRONIT T1-500 y ASTM A 36, para mejorar la reparación de arados de maquinaria agrícola.

1.8.2. OBJETIVO ESPECÍFICO

- Seleccionar los metales base que serán parte de la junta a soldar y verificar sus propiedades mecánicas obtenidos con la especificación del metal correspondiente.
- Elaborar Especificación de Procedimiento de Soldadura (WPS) acorde a lo estipulado en el código AWS D 1.1/M: 2015.
- Calificar el procedimiento mediante los ensayos de calificación con probetas soldadas según lo estipulado en el código AWS D1.1 2015.

II. MÉTODO

2.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación reúne las condiciones de una investigación tipo aplicada, según el tipo de datos es una investigación cuantitativa, donde se van usó los conocimientos ingeniería mecánica y soldadura para elaboró y validó un procedimiento de soldadura. De acuerdo a su alcance es una investigación descriptiva la cual aplica el método deductivo y análisis para describir los hechos que ocurren en la investigación.

2.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

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

Este diseño presenta la siguiente característica:

Es un diseño que tiene un grupo experimental y otro de control, que incluye la selección aleatoria de los sujetos o las unidades de análisis a ambos grupos.

Esquema del diseño:

Grupo experimental: (R) X O1

Grupo control: (R) ----- O2

Dónde:

R : Selección aleatoria de los objeto de estudio a los grupos.

X : Procedimiento de soldadura (variable independiente)

O₁ : Fallas en uniones soldadas (Variable dependiente) grupo experimental.

O₂ : Grupo control.

2.3. VARIABLES, OPERACIONALIZACIÓN.

2.3.1. ENUNCIADO DE VARIABLES

- **Variable independiente:** Procedimiento de soldadura para la unión del acero Chronit T1-500 y el acero ASTM A 36
- **Variable dependiente:** Fallas en las juntas de soldadura en los arados de rejás.

2.3.2. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

Tabla 4: Operacionalización de las variables

Variable	tipo	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicador	Escala de medición
Procedimiento de soldadura para la unión del acero Chronit T1-500 y el acero ASTM A 36	Independiente	Es un formato que proporciona las variables para realizar la soldadura en base a los requisitos que estipula la norma, también brinda la información que requiere el soldador u operador de soldadura y garantizar para los requerimientos de las normas. (ASME sección, IX y AWS D1.1. 2015)	Documento escrito el cual ha sido preparado y calificado este va a proveer las directrices al personal que ejecuta e inspecciona las uniones de soldadura en la producción bajo la norma AWS D 1.1.	Variables esenciales	Procesos de soldadura	Nominal
					Calificación del metal base	Intervalo
					Temperatura de precalentamiento y entre pasadas	Intervalo
				Variable esencial	no	Diseño de junta
Reparación de arados de maquinaria agrícola	Dependiente	Restitución, de parte de un elemento mecánico que puede tener funcionamiento de un determinado equipo finalice y ya no cumpla su función correctamente o deje de funcionar (Hernández 2016)	Operación de restitución o remplazo realizado por soldadura en cual se debe obtener un cordón de calidad para que cumpla su fin para el cual se diseño.	Discontinuidades en cordón de soldadura	Aceptable	ordinal
				Defectos defectos en el cordón de soldadura	Rechazo	Nominal

Fuente: Elaboración Propia 2018

2.4. POBLACIÓN Y MUESTRA

2.4.1. POBLACIÓN

Juntas soldadas con Acero CRONIT T1-500 y acero ASTM A 36, para dimensionar esta población la norma AWS D1.1. En la sección 4 (calificación) artículo 4.9 (métodos de ensayos y criterios de aceptación) donde nos da las tablas a aplicar para estos ensayos: tabla 4.1 (posición de soldadura de producción calificada por ensayo de placas, conducto y tubo rectangular.). La tabla 4.2 (soldadura en ranura con penetración completa de la junta) y la tabla 4.9; 4.7 (ubicación de probetas en placas de ensayo soldadas). En estas tablas también proporciona las dimensiones de los cupones a soldar.

2.4.2. MUESTRA

Para determinar el número de probetas por ensayo a realizar para la calificación de WPS la norma AWS D1.1. Sección 4; la tabla 4.2. Soldadura de ranura con junta en penetración completa (cantidad y tipo de probeta de ensayo y rango de ¼ de pulgada.

Tabla 5. Numero de probetas para ensayos destructivos

Ensayos	Número de probetas
	Junta ranura en V
	Horizontal
Tracción reducida	2
Doblado de raíz	2
Doblado de cara	2
Total de probetas	6

Fuente: elaboración propia

2.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD

2.5.1. TÉCNICA

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

2.5.2. INSTRUMENTOS PARA RECOLECTAR DATOS

De acuerdo a la naturaleza de la investigación el instrumento que utilizaremos para registrar los datos obtenidos de la revisión de bases de datos y de la observación son las fichas de registro de datos para inspección visual. Para los datos de ensayos destructivos los instrumentos serán de acuerdo al formato de la empresa que brinda el servicio.

Los instrumentos que se elaboraran serán: la especificación de procedimiento de soldadura (WPS) y Registro de calificación de procedimiento (PQR) de acuerdo a formatos de la norma AWS D1.1.

2.5.3. VALIDEZ

Los instrumentos elaborados de acuerdo a la norma AWS D 1.1 fueron sometidos a validez, por tres expertos en la materia. Para que estos instrumentos cumplan con el objetivo de recopilar los datos y obtener una buena investigación ya que la norma los valida.

2.5.4. CONFIABILIDAD

Los documentos se realizaron el análisis de confiabilidad por que los datos que van ellos, son recopilación de datos brindados por la norma AWS y empresas que brindan el servicio de los ensayos no destructivos y destructivos.

2.6. PROCEDIMIENTO

2.6.1. SELECCIÓN DE MATERIALES

Diagrama de flujo para selección de materiales y su verificación:

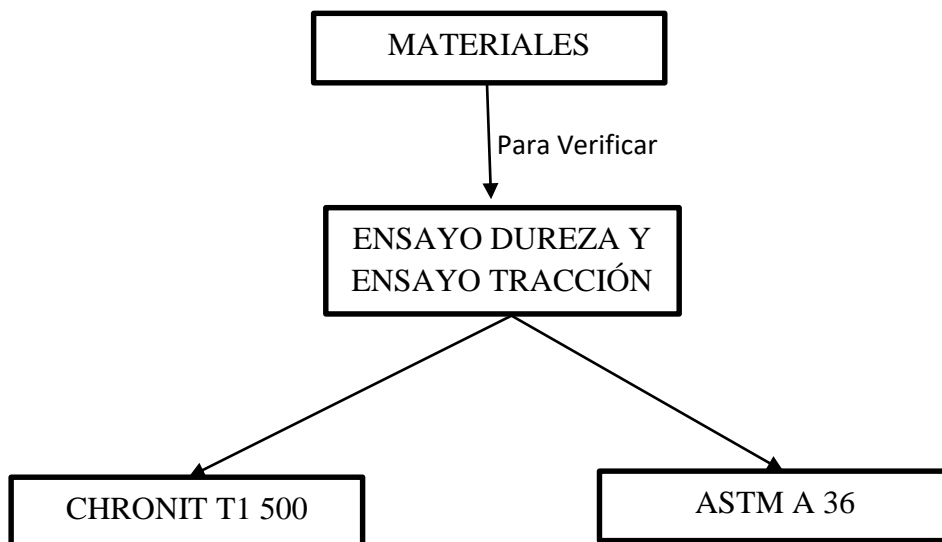


Figura 11. Diagrama de la selección y verificación de los metales bases con el método de propiedades mecánicas dureza y tracción.

2.6.2. ELABORACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA

Diagrama de flujo: Pasos para elaborar Especificación de procedimiento de soldadura

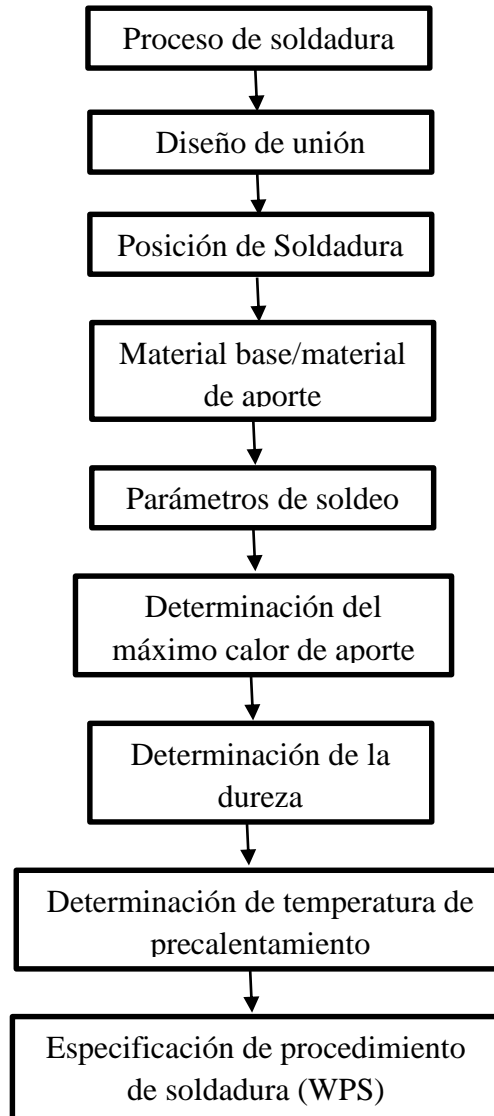


Figura 12. Diagrama de flujo para la elaboración de la especificación procedimiento de soldadura de la unión del acero CHONIT T1 500 y ASTM A 36 bajo la norma AWS D1.1/1.1M:2015.

2.6.3. CALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA

Diagrama de flujo:

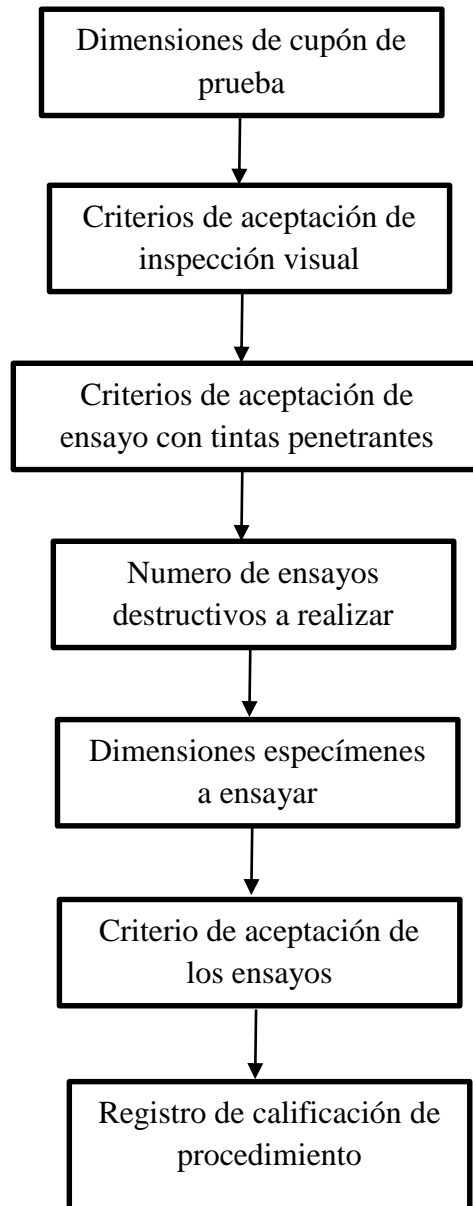


Figura 13. Diagrama de flujo para la calificación del procedimiento de soldadura de la unión del acero CHONIT T1 500 y ASTM A 36 bajo la norma AWS D1.1/1.1M:2015.

2.7. MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS

2.7.1. ANÁLISIS DESCRIPTIVO:

“El uso de herramientas gráficas, depender de la variable cuantitativa discreta, gráfico de barra”. (Valderrama, 2015).

Los análisis de los datos obtenidos de los experimentos serán comparados con los requerimientos del código AWS D1.1/D1.1.M:2015 para dar la aceptación.

2.8. ASPECTOS ÉTICOS

Los investigadores son los únicos responsables de la confiabilidad que va proporcionar las empresas de servicio y las identidades de los colaboradores que participan en la investigación, también respetar la veracidad cada uno de los resultados.

III. RESULTADOS

3.1. SELECCIÓN DE ACEROS Y SU VERIFICACIÓN

Se realizó los ensayos de dureza y de tracción a los aceros adquirido para esta investigación, para verificar sus propiedades mecánicas, estos ensayos fueron realizado en dos laboratorios como son: Laboratorio de fundición de escuela de Metalurgia de la UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO y laboratorio técnico de Mecánica de Producción del IDEX NUEVA ESPERANZA.

3.1.1. ACERO CHRONIT T1 500

Tabla 6. Composición química del acero CHRONIT T1 500

C	Mn	Si	P+S	Cr	Mo	B	Nb	CE
0.27	0.75	0.26	0.006	0.38	0.14	0.014	0.02	

Fuente: certificado de calidad de la empresa fabricante (METAL ONE CORPORATION) ver anexo II

La tabla 6. Muestra la composición química del acero CHRONIT T1-500, datos obtenidos del certificado de calidad del fabricante de la empresa Japonesa Metal One Corporation, donde para un espesor de ¼ pulgada se tiene que el portaje de carbono es 0.27 % dicho porcentaje está dentro de la composición química de los aceros de denominación CHRONIT T1 -500.

Tabla 7. Resultados de ensayo de dureza 150 Kg precarga. Cono de diamante 120 °C.

METAL BASE	M1	M2	M3	M4	M5	M6	HRc	HV
CHRONIT T1 500	44.5	45.6	44.3	44.0	46.5	45.7	45.1	454

Fuente: Resultados de medición en laboratorio de fundición de escuela de metalurgia UNT-2019. Foto en anexo III

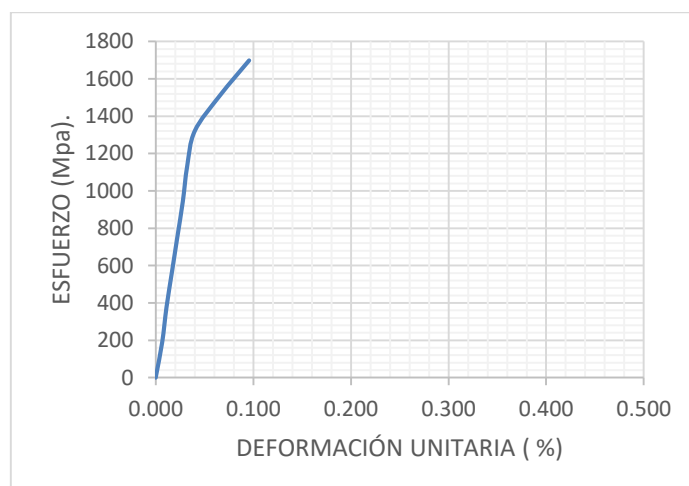
La tabla 7: Muestra los resultados del ensayo de dureza del acero en investigación, dichos resultados fueron medidos por equipo que mide dureza en unidades Rockwellc, realizando la conversión a unidad Viker nos da una dureza promedio de 454 HV. Que está en los rangos de dureza del acero CHRONIT T1 500.

Tabla 8. Resultados de ensayo tracción del acero CHRONIT T1 500

CARGA	L₀	e	T
0	89,9	0,000	0,000
600	90,50	0,007	188,654
1200	90,90	0,011	377,308
1800	91,40	0,017	565,962
2400	91,90	0,022	754,615
3000	92,40	0,028	943,269
3600	92,80	0,032	1131,923
4200	93,50	0,040	1320,577
4800	95,80	0,066	1509,231
5400	98,50	0,096	1697,885

Fuente: Resultados ensayo de tracción laboratorio técnico de la carrera Mecánica de Producción - IDEX “Nueva Esperanza” 2019.

Grafica 1 . Grafica esfuerzo vs deformación del acero CHRONIT T1 500



Fuente: Resultados ensayo de tracción laboratorio técnico de la carrera Mecánica de Producción - IDEX “Nueva Esperanza” 2019

La tabla 8. presenta los resultados de ensayo de tracción de sección reducida, con los cuales se realizó la gráfica esfuerzo deformación, donde podemos determinar el esfuerzo de fluencia (1300 Mpa.) y esfuerzo máximo (1600), resultados que están cerca de las propiedades físicas del metal CHRONIT T1 500.

3.1.2. ACERO ASTM A 36

Tabla 9. Composición química del acero ASTM A 36

C	Mn	Si	P+S	Cu	Mo	B	Nb	CE
0.25	0.8	0.25		0.38				

Fuente: Manual de aceros Bholer Perú

Tabla10 . Resultados de ensayo de dureza del acero ASTM A 36

METAL BASE	M1	M2	M3	M4	M5	M6	HV
ASTM A 36	119	120	119	121	119	120	120

Fuente: Resultados de medición de laboratorio de fundición de escuela de metalurgia UNT-2019

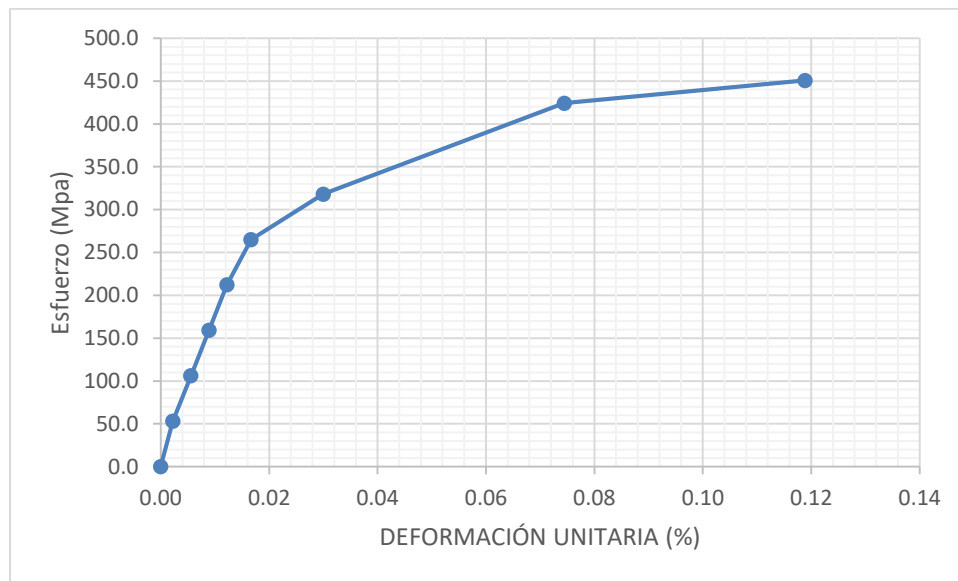
La tabla 9. Muestra los resultados del ensayo de dureza que se realizaron al metal investigación para determinar si es el acero ASTM A 36, lo que se puede observar que la dureza promedio en viker es 120 HV que está dentro los rangos de dureza del acero.

Tabla 11. Resultados de ensayo tracción del acero ASTM A 36

Número	Carga (kg)	Longitud (mm)	Tensión (Mpa)	Deformación
1	0	90	0,0	0,00
2	200	90.2	53,0	0,002
3	400	90.5	106,1	0,006
4	600	90.8	159,1	0,009
5	800	90.1	212,1	0,012
6	1000	91.5	265,1	0,017
7	1200	92.7	318,2	0,030
8	1600	96.7	424,2	0,074
9	1700	100.7	450,7	0,119

Fuente: Resultados ensayo de tracción laboratorio técnico de la carrera Mecánica de Producción - IDEX “Nueva Esperanza” 2019.

Grafica 2. Grafica esfuerzo vs deformación del acero ASTM A36




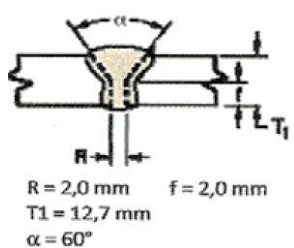
Fuente: Resultados ensayo de tracción laboratorio técnico de la carrera Mecánica de Producción - IDEX “Nueva Esperanza” 2019

La tabla 11. Muestra los resultados del ensayo de tracción al acero ASTM A 36, las cargas aplicadas con las longitudes se calcularon los esfuerzos y deformación y con esos datos podemos realizar la gráfica esfuerzo deformación los cuales nos muestra el esfuerzo de fluencia y esfuerzo máximo que están dentro de los rangos del acero ASTM A 36.

3.1.3. ELABORACIÓN DE LA ESPECIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS)

según el ítem 4.8 del código AWS D1.1/D1.1:2015. Donde encontraremos las variables esenciales para calificar la especificación de procedimiento de soldadura WPS y obtener el registro de procedimiento de calificado PQR. El diseño lo podemos observar en el anexo II

Tabla 12. Especificación de procedimiento de soldadura para la unión por proceso SMAW del acero ASTM A 36 y el acero CHRONIT T1 500

	ESPECIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA SEGÚN AWS D1.1/D1.1M:2015					N° WPS: 1																			
						Rev.:																			
						Fecha:																			
						Pág.:																			
ESPECIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA																									
Nombre de la Empresa: _____ UCV _____ Proceso de Soldadura: _____ SMAW _____ PQR de respaldo : _____				N° de WPS: _____ Autorizado por: _____ Fecha: _____ Revisión : _____ Fecha : _____																					
DETALLES DE LA JUNTA				POSICIÓN																					
Tipo de ranura: _____ V _____ Angulo de ranura: _____ 60° _____ Abertura de raíz: _____ 6 mm _____ Talón de Raíz: _____ Respaldo: _____ ASTM A 36 _____ Método: _____				<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th></th> <th>JUNTA A TOPE</th> <th>JUNTA FILLET</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Plana</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Horizontal</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Vertical ascendente</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Vertical descendente</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Sobrecabeza</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </tbody> </table>					JUNTA A TOPE	JUNTA FILLET	Plana	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Horizontal	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Vertical ascendente	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Vertical descendente	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Sobrecabeza	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	JUNTA A TOPE	JUNTA FILLET																							
Plana	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																							
Horizontal	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																							
Vertical ascendente	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																							
Vertical descendente	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																							
Sobrecabeza	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																							
METAL BASE				METAL DE APORTE																					
Material base: ASTM A 36 – CHRONIT T1 500 Soldado a: _____ MANUAL _____ Mat. Respaldo: _____ ASTM A 36 _____ Espesor: _____ 1/4 pulgada _____				Clasificación AWS: _____ E7018 _____ Diámetro de electrodo: _____ 1/8 pulgada _____ Clasificación del fundente: _____ Fabricante/Nombre comercial: _____ OERLIKON _____																					
TEMPERATURA DE PRECALENTAMIENTO				TEMPERATURA DE POST CALENTAMIENTO																					
Tem. Pre calentamiento Min.: _____ 160°C _____ Tem. Entre pasada Min. _____ 160°C __max_____				Tem. Post Calentamiento: _____ Tiempo: _____																					
TÉCNICA				DETALLES DE JUNTA																					
Tipo de movimiento: Recto <input type="checkbox"/> oscilado <input type="checkbox"/> ondulatorio <input checked="" type="checkbox"/> Pasadas: única <input type="checkbox"/> Múltiple <input checked="" type="checkbox"/> N° de electrodos: _____ Angulo de electrodo: _____ 75° _____ Martillado _____ Limpieza entre pasadas: _____ AMOLADO _____ Otros: _____																									
PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA																									
Pasadas de soldadura	Numero de pasadas	Proceso	Material de aporte		Corriente		Voltaje	Velocidad																	
			clase	diámetro	Polaridad	Corriente																			
Raíz	1	SMAW	E-7018	1/8"	CCEP	100	24	15																	
Cordones	3	SMAW	E-7018	1/8"	CCEP	150	22	15																	

Fuente: Adaptado del código AWS D1.1/1.1M:2015

Como se puede observar en la tabla 12, especificación de procedimiento de soldadura, todos los datos de diseño han sido llenados, en este documento, los cuales van a ser las directrices del soldeo del acero ASTM A 36 y acero CHRONIT T1 500 con base en los requerimientos del código AWS D1.1/D1.1:2015 el cual va proporcionar información necesaria al soldador.

3.2. CALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO

3.2.1. INSPECCIÓN VISUAL

La inspección visual es una técnica usada para detectar discontinuidades en la superficie del cordón de soldadura y en la zona afectada por el calor, aunque esto debe iniciar antes durante y después del proceso de soldeo, para obtener un cordón de soldadura de calidad, para la inspección después del soldeo se debe inspeccionar que el cordón de soldadura esté libre de grietas y discontinuidades superficiales como poros, socavaciones, también se debe usar herramientas como son las galgas, reglas para medir las discontinuidades para poder comparar con las requisitos del código AWS D1.1./D1.1.M. 2015 para que sea aceptada o rechazada por no estar dentro de los parámetros del código.



Figura 13. Probeta soldada con electrodo E 7018

Tabla 13. Resultados de la inspección visual de la probeta soldada de cara y raíz

Muestra	Lados	Grietas	Socavación	Condición
Probeta	Cara	0	< 1mm	Aceptable
soldada	Raíz	0	< 1mm	Aceptable

Fuente: elaboración propia 2019.

En la inspección visual realizada a la probeta soldada con electrodo E 7018 (Supersito) donde se puede observar que el cordón no es uniforme pero que es irrelevante en el código, además se observa la presencia de tres poros superficiales que para la norma

son aceptables de la misma manera para la soldadura de raíz, para el código AWS D1.1/D1.1.M: 2015. el cordón de la probeta es aceptable para calificación.

3.2.2. ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

a. Ensayo de Tinta penetrantes

Técnica que permite detectar discontinuidades superficiales en el cordón de soldadura y en la zona afectada por el calor (ZAC), que tiene como inicio su limpieza de la zona a inspeccionar, adicionar una tinta penetrante y agente revelador, cuál va a revelar las discontinuidades abiertas a la superficie. El método de evaluación debe realizarse por dimensionamiento de las indicaciones puede ser por comparación fotográfica con la norma ASTM E – 433, las indicaciones relevantes mayores a 2 mm. Una indicación lineal tiene una longitud mayor a tres veces su ancho y para indicaciones redondeadas o elípticas su longitud debe ser igual o menor a tres veces su ancho.



Figura14. Probeta ensayada con tinta penetrantes

Tabla 14. Resultados de inspección con tintas penetrantes

Muestra	Lados	grietas	Indicación lineal	Indicación redondeada	Condición
Probeta soldada	Cara	0	$L > 2 \text{ mm}$	$L \leq 3a$	Aceptable
	Raíz	0	$L > 2 \text{ mm}$	$L \leq 3a$	Aceptable

Fuente: elaboración propia 2019.

En la inspección visual realizada a la probeta se puede observar que el cordón no es uniforme pero que es irrelevante en el código, además se observa la presencia de

indicaciones relevantes redondeada (poros) que su longitud es menor que tres veces su ancho que para la norma son aceptables de la misma manera para la soldadura de raíz.

Según esto ensayos hasta ahora, los resultados del ensayo de tinta penetrantes cordón de soldadura es aceptable según el código AWS D1.1/D1.1.M: 2015.

3.2.3. ENSAYO DE DOBLADO

El ensayo de doblado es una técnica que consiste en estirar la zona soldada por un dispositivo de doblado en un ángulo 180°. Para realizar este tipo de ensayo la probeta es determinada por el espesor del material con un numero 2 probetas de cara y dos probetas de raíz lo que indica el código AWS D1.1/D1.1. M : 2015.

La aceptabilidad de los ensayos de doblados o número de defectos que pueden aparecer sobre la supervise tensionada.



Figura 15. Prensa



Figura 16. Probeta ensayada por doblado de raíz y de cara

Tabla 15. Resultado de ensayo de doblado a la probeta soldada de cara y raíz

Muestra	Lados	Disconti. en cualquier dirección	Suma de disconti.	Grietas en esquina	Condición
Espécimen	Cara	< 3 mm	< 10 mm	< 6 mm	Acceptable
	Raíz	< 3mm	< 10 mm	< 6 mm	Acceptable

Fuente: elaboración propia 2019.

Del ensayo de doblado de cara se puede observar que las 2 probetas no presentan ningún tipo de fisura ninguna otra discontinuidad que la norma estipula.

Del ensayo de doblado de raíz se puede observar que ninguna de las 2 probetas no presento ningún tipo fisura y ninguna otra discontinuidad.

3.2.4. ENSAYO DE TRACCIÓN

Es un ensayo destructivo que somete a la probeta del material soldado de forma, sección y longitud normalizada a una fuerza de tracción en dirección al eje de la probeta gradualmente hasta llegar a la ruptura. Este ensayo nos va a proporcionar mucha información de las propiedades mecánicas del material de estudio como son: resistencia a la ruptura, Resistencia a la fluencia, ductilidad, alargamiento porcentual, módulo de elasticidad, limite elástico, límite de proporcionalidad y tenacidad. Se realiza el ensayo de tracción en una probeta soldada para determinar si la zona soldada se va a comportar como el material base, en la probeta de estudio la ruptura se dio en el acero ASTM A 36 por ser el material base mas ductil.

El ensayo de tracción se realizó en el laboratorio técnico de la Carrera de Mecánica de Producción del IDEX Nueva Esperanza:

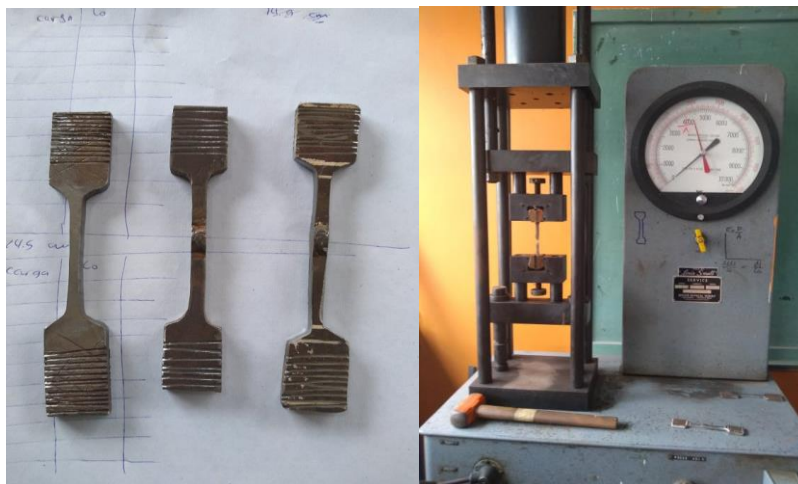


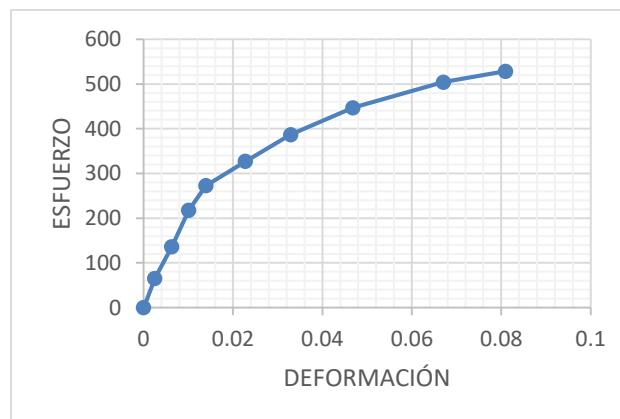
Figura 17. Fotografía de las probetas y de la máquina de tracción rompiendo la probeta

Tabla 16. Resultados de ensayo de tracción reducida de probeta soldada

Carga kg.	Lo (mm)	e	T (Mpa)
0	79	0	0
240	79,2	0,00253165	65,4
500	79,5	0,00632911	136,25
800	79,8	0,01012658	218
1000	80,1	0,01392405	272,5
1200	80,8	0,02278481	327
1420	81,6	0,03291139	386,95
1640	82,7	0,04683544	446,9
1850	84,3	0,06708861	504,125
1940	85,4	0,08101266	528,65

Fuente: elaboración propia 2019.

Grafica 3. Grafica de esfuerzo deformación del ensayo de tracción reducida




Fuente: elaboración propia

El ensayo de tracción reducida a las dos probetas, se rompió en el lado del acero ASTM A 36, dejando claro que la soldadura es de calidad y está de acuerdo al requerimiento del código, además se presenta datos en la tabla de carga y longitud, a través de cálculos los datos obtenidos son de esfuerzo y la deformación del material, los cuales se llevan a la gráfica tensión deformación para que nos muestra más información de esta soldadura.

Con esta información de los ensayos realizados y que están dentro del requerimiento de la norma el procedimiento de soldadura para soldar ASTM A36 y el acero CHRONIT T1 500 ha sido calificado.

a. Registro de calificación de procedimiento

Tabla 17. Registro de calificación de procedimiento para la unión por el proceso SMAW del acero ASTM A 36 y el acero CHRONIT T1 500 **ver anexo II**

	REGISTRO DE CALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO SEGÚN AWS D1.1/D1.1M:2015					N° PQR:		
						Rev.:		
						Fecha:		
						Pág.:		
ENSAYOS								
	Tipos de Ensayos	Referencia de clausula	Criterio de aceptación	Resultados	Comentarios			
	Inspección Visual	4.9.1.	4.9.1.	Aceptable				
	Inspección radiológica	4.9.2.1.	4.9.2.2.					
	Prueba ultrasónica	4.9.2.1.	4.9.2.2.					
	2 doblados de raíz transversal	4.9.3.1./Fig. 4.8.	4.9.3.3.	Aceptable				
	2 doblado de cara transversal	4.9.3.1./Fig. 4.8.	4.9.3.3.	Aceptable				
	2 doblados de raíz longitudinal	4.9.3.1./Fig. 4.8.	4.9.3.3.					
	2 doblados de cara longitudinal	4.9.3.1./Fig. 4.8.	4.9.3.3.					
	2 doblados laterales	4.9.3.1./Fig. 4.9.	4.9.3.3.					
	4 doblados laterales	4.9.3.1./Fig. 4.9.	4.9.3.3.					
	2 ensayos de tracción	4.9.3.4./Fig. 4.10.	4.9.3.5.	528 Mpa	Dúctil ASTM A 36			
	Tracción en metales completamente soldados	4.9.3. 6./Fig. 4.14. y 4.18	4.14.1.3 (b)					
	3 macroataque	4.9.4.	4.9.1.1.					
	4 macroataque	4.9.4.	4.9.1.1.					
	Ensayo CVN	4 parte D/Fig. 4. 28	4. 30 y tabla 4.14					
DETALLES DE ENSAYO DE TRACCIÓN								
	Numero de probetas	Ancho	Espesor	Área	Máxima carga de tracción	Máximo esfuerzo de la unidad	Tipo de falla y ubicación	
	T-1	6	6	36	1940	528.6	Dúctil ASTM A 36	
	T-2	6	6	36	1940	528.75	Dúctil ASTM A 36	
DETALLES DE LOS ENSAYOS DE TENACIDAD								
	Numero de probetas	Ubicación de la entalla	Tamaño de la probeta	Temperatura del ensayo	Energía adsorbida	Porcentaje de cizallamiento	Expansión lateral	Promedio

Fuente: Adaptado del código AWS D1.1/1.1M:2015

En la tabla 17 se muestra en registro de calificación de procedimiento Adaptado del código AWS D1.1/1.1M:2015, en este documento se registró los datos del resultado de los ensayos realizados: ensayo visual, ensayo de tintas penetrantes, ensayo de doblado y ensayo de tracción reducida. Estos datos se comparan con el código el cual le da la condición de aceptado o rechazo. Este documento califica a la especificación del procedimiento de soldadura.

IV. DISCUSIÓN

3.2.5. SELECCIÓN DE ACEROS Y SU VERIFICACIÓN

Los resultados de la tabla 7 sobre la composición química del ACERO CHRONIT T1 500 corresponde a la ficha técnica que el vendedor proporcionó que pertenece a un fabricante japonés, por lo cual se comparó con la ficha técnica de la empresa que vende en nuestro país, siendo la empresa Bholer, donde se observó que hay una variación en la composición de porcentaje de carbono, según ficha técnica de la empresa Bholer el acero debe tener 0.30 % C. como máximo cuando es el espesor es mayor 20 mm. y nuestro acero en estudio tiene 0.27 % C. lo cual se confirma que la composición química está dentro del rango.

En la tabla 8 y 9. podemos observar los resultados de los ensayos de dureza y tracción para verificar sus propiedades mecánicas del acero en estudio donde el promedio de la dureza 458 Vicker que está dentro ficha técnica de Bholer 430 Vicker hasta 520 Vicker, con respecto a los resultados del ensayo de tracción tenemos el esfuerzo máximo aproximado 1600 Mpa. y una fluencia de 1300 Mpa. que está dentro los rangos en Bholer. Se comprobó que acero adquirido es el acero CHRONIT T1 500 un acero con alta resistencia al desgaste.

Con respecto a la verificación del acero ASTM A 36, al ser un acero muy comercial se utilizó la composición química que brinda la Norma ASTM de aceros estructurales. de las tablas 11 y 12 de los ensayos de dureza y tracción donde este acero nos da una dureza promedio 120 Vicker y un esfuerzo máximo de 450,7 Mpa. Que están dentro de los rangos de la norma ASTM para aceros estructurales.

3.2.6. ELABORACIÓN DE ESPECIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA

Para elaborar este documento, se partió del código AWS D1.1./D1.1. M: 2015 donde nos da los requerimientos mínimos para determinar las directrices para llenar en la especificación de procedimiento de soldadura para ser calificada, partiendo del diseño de unión tipo ranura bisel en “V”; la posición de soldadura plana; la selección de material base acero CHRONIT T1 500 y el acero ASTM A 36; el material de aporte al electrodo E 7018 (Supersito), los parámetros de soldeo como son: 25 V., 150 A. 15 mm/s, y la temperatura de precalentamiento 150 ° C. Estas directrices serán tomadas por el soldador para soldar la probeta y luego ser calificada.

3.2.7. CALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA

Para calificar un procedimiento de soldadura el código AWS D1.1/D1.1 M: 2015 brinda información del número de ensayos que debemos realizar dependiendo del espesor del material, estos resultados deben ser llenados en un documento llamado registro de calificación de procedimiento.

De los resultados de la inspección visual, figura 18 y la tabla 9. se precisa que en todo el cordón (75 cm), un regular acabado superficial, con cero fisuras, donde podemos apreciar 3 poros superficiales que son irrelevantes para el código. Por lo que se puede dar por aceptado el cordón de acuerdo al código AWS D1.1./D1.1. M: 2015.

Los resultados del ensayo no destructivos, el ensayo de tinta penetrantes, se precisa que no existe ningún tipo de fisura, se confirma los 3 poros, socavaciones son menores a 1 mm, tanto para la cara y raíz de la probeta por lo que de acuerdo al código AWS D1.1. /D1.1. M: 2015 el cordón de soldadura se da por aceptado.

De los resultados del ensayo de doblado en la tabla 21. Los cupones al ser doblado de cara y raíz se puede observar que no existe ninguna discontinuidad esto quiere decir que se realizó un buen soldeo respetando los parámetros de soldadura de acuerdo al código AWS D1.1./D1.1. M: 2015 por lo que es aceptado esta unión.

De los resultados de la tabla 22 y grafico 3 Los resultados del ensayo de tracción reducida, los dos cupones se rompieron en la zona del metal ASTM A 36 y no en el cordón de soldadura siendo el esfuerzo de 528.65 Mpa. Siendo mayor que el material antes de soldar que tiene un esfuerzo de 450,7 Mpa. Esto quiere decir que el material ASTM A36 aumentado su dureza por efecto de un enfriamiento rápido debido al espesor del material 6 mm. y tenga una estructura martensítica.

V. CONCLUSIONES

La implementación procedimiento de soldadura del acero CHRONIT T1 500 y el acero ASTM A 36, brinda información clara y precisa al a soldador, de los métodos, parámetros de soldeo y el control que debe seguir para obtener un cordón de soldadura libre de discontinuidades y defectos y de esta manera evitar fallas en los arados de maquinaria agrícola.

Los ensayos de tracción y dureza son ensayos destructivos que nos permite evaluar al acero a través de sus propiedades mecánicas y poder determinar el tipo de acero al que pertenece.

La especificación del procedimiento de soldadura, es un documento que va registrar directrices que debe interpretar el soldador para realizar el soldeo y obtener un cordón de calidad aceptado por el código.

La calificación de un procedimiento de soldadura se realiza mediante ensayos destructivos y no destructivos cumpliendo los requisitos aceptación del código AWS D1.1./D1.1. M: 2015, los cuales se registran en un documento llamado registro de calificación del procedimiento, el cual califica a la especificación de procedimiento de soldadura.

VI. RECOMENDACIONES

Realizar el procedimiento para calificar al soldador para la unión de acero CHRONIT T1-500 y el ASTM A 36 para mantenimiento de arados de maquinaria agrícola.

Realizar un procedimiento de soldadura para la unión de acero CHRONIT T1-500 y el ASTM A 36 con espesores mayores a 6 mm. Para aplicaciones en tolvas que son usados en minería.

VII. REFERENCIAS

ALONSO, Carlos. Manual de prácticas de soldadura. ed. Ceysa: España, 2011. 9 pp.

ISBN: 84158884194

ANDRES Z. y FRANCYS A. Determinación de los esfuerzos residuales en soldadura a tope por arco eléctrico con electrodo revestido en acero ASTM A 36. Tesis (título). Venezuela: Universidad de Carabobo. 2010. 108 pp.

ASPILCUETA Caya, Aldo. Determinación de la temperatura de precalentamiento utilizando el método TEKKEN a fin de prevenir la figuración en frío en la unión de planchas Cronit T – 1. Lima: Universidad San Agustín, 2014. 156 pp.

AWS D.1.1. Código de soldadura estructural – acero. 23^{ra} ed. EEUU. American Society welding. 2015. 650 pp.

ISBN: 0871718648

BRAVO Mero, J. BRAVO, R. Macias Bravo y A. J. Correa Solorzano, Diseño y construcción de un centro de operación y manejo de tractores, implementos y equipos agrícola de la facultad de ingeniería agrícola. (tesis de grado) Ecuador. Universidad Técnica de MANABÍ. 2013. 95 pp.

CAISAGUANO Vega Daniel. Desarrollo de procedimiento de soldadura, Calificación de soldadores y control de calidad de estructuras soldadas de acuerdo. Ecuador: escuela Politecnica de Chimborazo. 2013. 266 pp.

ESPINOZA Castromonte, Yoni y PAREDES Polo, Alvaro. Influencia de la temperatura de postcalentamiento en el rango de 450–650 °C sobre la resistencia al impacto y dureza de uniones soldadas por arco eléctrico con electrodo revestido de planchas de acero Chronit T1-500, estructural ASTM A36 con el material de dientes desgastados de una excavadora Caterpillar modelo 315 CL.” Trujillo: Universidad Cesar Vallejo 2007. 96pp.

FOSCA Pastor, Carlos. Introducción a la metalurgia de la soldadura. 7^{ma} ed. Lima: Pontífice Universidad Católica del Perú. 2007. 287 pp.

HERNANDEZ Sampieri, Roberto, FERNANDEZ Collado, Carlos y BAPTISTA Lucio, Pilar. Metodología de la investigación. 2da ed. España: McGRAW-HILL. 1998. 501 pp.

ISBN: 9701018990

JEFFUS, Larry. Soldadura Principios y Aplicaciones. España: Paraninfo. 2009. 510 pp.

ISBN: 84283293778

LEAN Sifuentes, Paul. Introducción a la Ingeniería de Materiales, Lima: PUCP Virtual. 2008. 98 pp.

Mendoza del Solar, Javier. Aceros resistentes a la abrasión. Lima: Aceros Bohler del Perú S.A. 2010.1 1pp.

MELÉNDEZ Villegas, Alexandra y QUETAL Quetal, Victoria. Analisis y resultados del análisis residual y deformaciones en juntas soldadas a tope del acero ASTM A 36, aplicando el método SMAW. Tesis (Titulo). Ecuador: Universidad de las Fuerzas Armadas. 2009. 222 pp.

MINCHOLA Romero, Guillermo. Elaboración, calificación y selección de un procedimiento de soldadura mediante los procesos SMAW Y FCAW-G para unir acero ASTM A36 y acero t1 FORA 500 para la reparación de un chute de descarga. Universidad Nacional de Ingeniería.2010.119 pp.

MOLERA, Pere. Soldadura Industrial: clases y aplicaciones. 5^{ta} ed. España: marcombo. 1992. 126 pp.

ISBN: 8426708757

PIELDO, Roberto. ElectrodoS inoxidables de aceros disimiles y la mala soldabilidad. Boletín técnico Argentina: Universidad Centro de Provincia de Buenos Aires. 1981. 10 pp.

ROWE, Richar y JEFFUS, Larry. Manual de soldadura GMAW (MIG MAG). España: Paraninfo. 2008. 212 pp.

ISBN: 8428329835

RODRÍGUEZ Pérez, Osmundo. Metalurgia dela soldadura. Cuba: Universitaria. 2013.
196 pp.

ISBN: 9591621016

SYDNEY, Avner. Introduccion a la Metalurgia Fisica. 2^{da} ed. Mexico: Mc.Graw-Hill.
1988. 312 pp.

ISBN: 9686046011

VALDERRAMA Mendoza, Santiago. Pasos para elaborar Proyectos de investigacion
Cientifica. Perú: San Marco. 2015. 469 pp.

ISBN: 6123028787

Zapara Meneses Alberto. Parámetros para elaboración de estándares de soldadura.
Scientia Technica, (26): 151 – 156, 2004.

ISBN: 01221701

ANEXOS

Anexo 1: Matrix de consistencia

Título:	PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA EN LA UNIÓN DEL ACERO CHRONIT T1-500 Y EL ACERO ASTM A 36 BAJO LA NORMA AWS D1.1/D1.1:2015 PARA LA REPARACIÓN DE ARADOS DE MAQUINARIA AGRÍCOLA			
Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología
¿Cómo evitar las fallas en la soldadura de dos aceros disímiles, CHRONIT T1 500 y ASTM A 36, la reparación en la arados de rejas?	<p>Objetivo General</p> <p>Calificar un procedimiento de soldadura para aceros disímiles, Chronit T1-500 y ASTM A 36, para evitar las fallas en la junta soldada en los arados de rejas.</p>	Si se implementa un procedimiento de soldadura para aceros disímiles Chronit T1 500 y ASTM A36, basado en la Norma AWS D1.1, se evitará las fallas en la junta soldada en la reparación arados de rejas	<p>Variable Independiente</p> <p>Procedimiento de soldadura</p>	<p>1. Tipo de Investigación Aplicada y cuantitativa</p> <p>2. Nivel de Investigación Descriptiva</p> <p>3. Método: Deductivo y análisis</p> <p>4. Diseño de la Investigación: Experimental</p> <p>5. Población: Juntas soldadas con Acero Cronit T1-500 y acero ASTM A 36 en arados de rejas.</p> <p>6. Muestra: Juntas soldadas con Acero Cronit T1-500 y acero ASTM A 36.</p> <p>7. Técnicas: Observación</p> <p>8. Instrumentos: Registro de mediciones</p>
	<p>Objetivos Específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Seleccionar los metales bases que serán parte de la junta de soldadura y verificar sus propiedades químicas, físicas y mecánicas obtenidos con la especificación del material correspondiente. • Proponer una Especificación de Procedimiento de Soldadura (WPS) acorde a lo estipulado en el código AWS D 1.1 2015 • Validar el procedimiento mediante ensayos de calificación a las probetas soldadas según lo estipulado en el código AWS D1.1 2015 		<p>Variable Dependiente</p> <p>Falla en la junta soldada</p>	

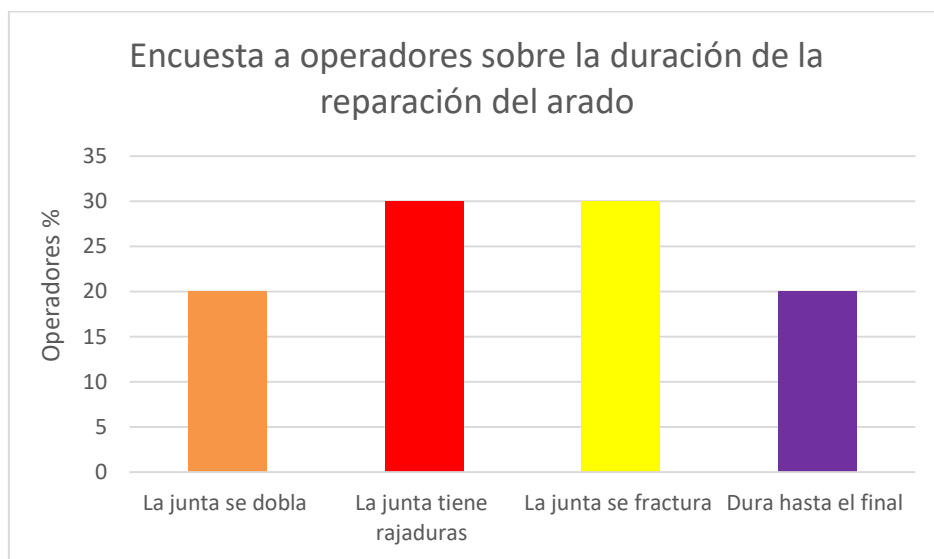
Anexo 2: Evidencias de realidad problemática

EVIDENCIAS

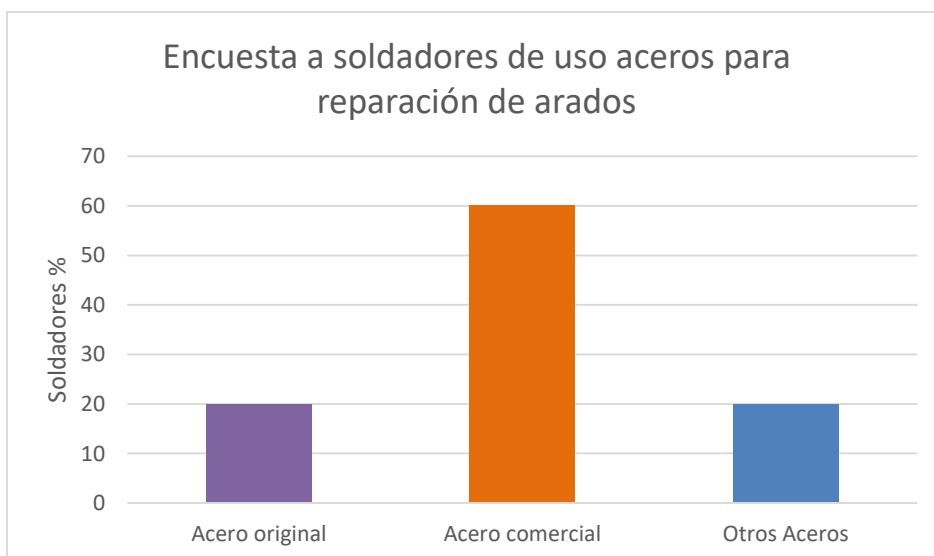
RESULTADOS DE ENCUESTAS

Realizada por estudiantes del curso de proyectos de investigación del Instituto de Educación Superior Tecnológico Público Nueva Esperanza 2017

Grafica 1. de encuestas a Operadores de maquinaria agrícola sobre la duración de la reparación de los arados con acero ASTM A 36.



Grafica 2. de Encuesta a soldadores que sobre los aceros que usan en la reparación de arados de maquinaria agrícola



Anexo 3: Diseño de procedimiento de soldadura

ELABORACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA

1. Elaboración Especificación De Procedimiento De Soldadura

a. Alcances

En este procedimiento el alcance de la norma es para el acero estructural ASTM A 36 que es el acero que está siendo usado en el mantenimiento de los arados de rejas.

b. Documentos de referencia

- AWS D1.1/D1.1M:2015
- ASTM A 36
- AWS/ASME A 5.1
- ASTM E8

c. Procedimiento

En la elaboración del Procedimiento de Soldadura no basamos en la sección 4 Calificación del código de soldadura estructural AWS D1.1/D1.1M:2015.

Diseño de unión

El tipo de soldadura que se usa es por ranura con penetración completa de la junta (CJP) en plancha en posición 1G.

Diseño de junta: Se seleccionó una junta a tope en “V”, por ser la más apropiada en todas las condiciones de carga. (Oerlinkol

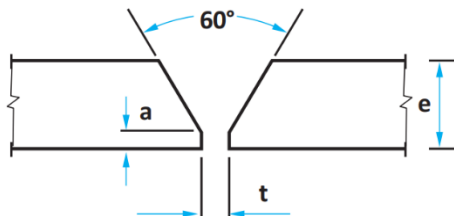


Figura 14. Dimensiones de junta a tope con bisel en “V”

Dónde:

$$E = 1/4" \quad a = 1/8" \quad t = 1/8"$$

a. Posición de soldadura

la según la tabla 4.1 de la sección 4 calificación código de soldadura estructural AWS D1.1/D1.1M:2015.

Tabla 4.1
Calificación de la WPS—Posiciones de soldadura de producción calificadas por ensayos de placa, conducto y tubo rectangular (véase 4.4)

Ensayo de calificación		Soldadura de placa de producción calificada			Soldadura de tubos de producción calificada						Soldadura de tubo rectangular de producción calificada			
Tipo de soldadura	Posiciones del ensayo	Ranura con CJP	Ranura con PJP	Filete ⁵	Junta a tope ²		Conexiones en T-, Y-, K-		Filete ⁵	Junta a tope		Conexiones en T-, Y-, K-		Filete ⁵
					CJP	PJP	CJP	PJP		CJP	PJP	CJP	PJP	
P L A C A	Ranura con CJP ²	1G	F	F	F	F	F			F	F	F		F
		2G	F, H	F, H	F, H	F, H	F, H			F, H	F, H	F, H		F, H
		3G	V	V	V	V	V			V	V	V		V
	4G	OH	OH	OH	OH	OH			OH	OH	OH		OH	
	Filete ^{a, b}	1F			F					F				F
		2F			F, H					F, H				F, H
3F				V					V				V	
4F			OH					OH				OH		
Tapón/ Ranura	Califica la soldadura en ranura/de tapón solo para las posiciones probadas													

Fuente: AWS D1.1/D1.1:2015

En la tabla se seleccionó la posición de soldadura a la cual se realiza el soldeo de los aceros disimiles (ASTM A 36 y Chronit T1 500):

Tipo de Soldaduraranura con Penetración completa de la junta (CJP).

De la tabla 4.1.

Posición de ensayo 1G

Procedimiento calificado F (plana)

b. Materiales

Material bases

Los aceros estructurales utilizados son ASTM A 36 y el acero aleado CHRONIT T1 500 los cuales tendrán un espesor de ¼ de pulgada (6 mm.). y se soldaron por el proceso SMAW.

Material de aporte

El material de aporte para el proceso de soldadura SMAW. se ha seleccionado en base a los metales a unir se tuvo en cuenta su composición química, se seleccionó la

según especificación AWS A 5.1. y su clasificación AWS E 7018 con un diámetro de 1/8 pulgada.

c. Parámetros de soldeo

Parámetros de soldeo para la unión del acero ASTM A36 Y CHRONIT T1 500

Proceso de soldadura	Voltaje (Voltios) (DC)	Corriente (Ampere) (DC)	Velocidad de avance (mm/seg)	Diámetro de material de aporte	Longitud de arco (mm)
SMAW	22-25	90 – 150	15	1/8"	3

Fuente: elaboración Propia.

d. Aporte de calor

$$H \left(\text{Joules/cm} \right) = \frac{\text{Voltaje } V \times \text{Corriente } I \times 60}{\text{Velocidad } (\text{cm/min})} \quad (\text{Ec. 5})$$

$$H_{\text{Neto}} = H \times \eta \quad (\text{Ec. 6})$$

Parámetros de soldadura.

Proceso de soldadura	Voltaje (Voltios)	Corriente (Ampere)	Velocidad de avance (cm/min)	Aporte de calor (kj/mm)	Eficiencia térmica del proceso	Aporte de calor neto (kj/mm)
SMAW	22	90	10	1.19	0.8	0.94

Fuente: elaboración propia

e. Cálculo de la dureza

Máxima dureza en la ZAC

Según Duren:

$$HV = 2019 [C(1 - 0,5 \log t_{8/5}) + 0,3(CE_B - C)] + 66(1 - 0,8 \log t_{8/5}) \quad (\text{Ec. 7})$$

Dónde:

Carbono equivalente para bainita (CE_B)

$$CE_B = C + \frac{Si}{11} + \frac{Mn}{8} + \frac{Cu}{9} + \frac{Cr}{5} + \frac{Ni}{17} + \frac{Mo}{6} + \frac{V}{3} \quad (\text{Ec } 8)$$

Velocidad de enfriamiento ($t_{8/5}$)

$$t_{8/5} = (6700 - 5T_0)H_{net}\left(\frac{1}{500-T_0} - \frac{1}{800-T_0}\right) \quad (\text{Ec. } 9)$$

Si $HV \geq HV_M$ $HV = HV_M = 802 C + 305$ (Dureza de la Martensítica)

Si $HV < HV_B$ $HV = HV_B = 305 CE_B + 101$ (Dureza de la Bainita)

Composición química de los aceros a soldar

Material Base	Composición química (% peso)										
	C	Mn	Si	P	Mo	B	Ni	S	Cr	Cu	V
ASTM A ·36	0.25	0.8	0.25							0.2	
CHRONIT T1 500	0.3	1.60	0.6	0.025	0.5	0.007	1	0.025	1,5		0.08

Fuente: Aceros Bholer

Dureza de los aceros

Proceso de soldadura	Material Base	H_{neto} (kJ/mm)	T_0 (°C)	$t_{8/5}$ (s)	CE_B	HV_M	HV_B	HV
SMAW	ASTM A 36	0.94	25	5	0.39	505	229	442
	CHRONIT T1 500	0.94	25	5	1	545	406	847

Fuente: Elaboración Propia

Dureza máxima en la ZAC y su riesgo en fisuración en frío

Dureza Máxima en la ZAC	Máximo % de Martensita presente	Riesgo de Fisuración en frío
> 450 HV	> 70%	Muy Probable
De 350 HV a 450 HV	50 – 70 %	Probable
De 280 HV a 350 HV	30 – 50 %	Poco Probable
< 280 HV	< 30%	Sin riesgo alguno (No hay necesidad de tratamiento Post-Soldadura)

Fuente: Carlos Fosca

Realizando la comparación de los cálculos obtenidos en la tabla xx con la tabla yy podemos observar que el acero CHONIT T1 500 tiene riesgo de fisuración en frío muy probable, sobrepasando la dureza máxima en la ZAC. Por lo cual debemos determinar una temperatura de precalentamiento.

f. Cálculo de la temperatura de precalentamiento

El código AWS D1.1 nos proporciona dos métodos opcionales para determinar la temperatura de precalentamiento con el fin de evitar el agrietamiento en frío:

- Método de control de la dureza
- Control de hidrogeno

Composición química del acero CHONIT T1 500

Material Base	Composición química (% peso)									
	C	Mn	Si	P	Mo	B	Ni	S	Cr	V
CHRONIT T1 500	0.3	1.60	0.6	0.025	0.4	0.007	0,3	0.025	1.50	0.08

Método de control de dureza

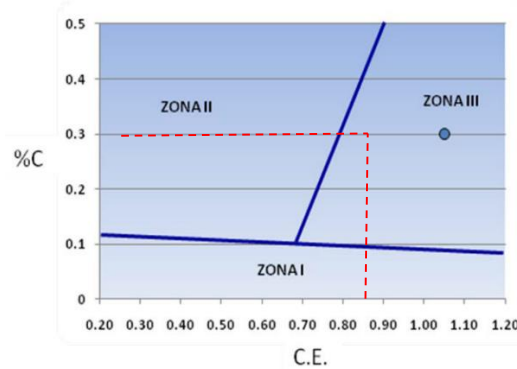
Carbono equivalente:

$$CE = \frac{Mn+Si}{6} + \frac{Cr+Mo+V}{5} + \frac{Ni+Cu}{15} \quad \text{Ec. 10}$$

Para ubicar la posición de la zona del acero

$$CE = \frac{1.7 + 0.6}{6} + \frac{1.6 + 0.4 + 0.08}{5} + \frac{0.3}{15} = 0.8$$

Figura 15. Diagrama de Graville



Del diagrama de Graville nos muestra que el acero CHRONIT T1 500, se ubica en la zona III, esto quiere decir que este acero tiene tendencia a la fisuración en frío, por el cual, el código AWS D1.1/D1.1M: 2015 recomienda el método de control de Hidrogeno.

Método del control de Hidrogeno

Parámetro de composición (PCM)

$$PCM = C + \frac{Si}{30} + \frac{Mn}{20} + \frac{Cu}{20} + \frac{Ni}{60} + \frac{Cr}{20} + \frac{Mo}{15} + \frac{V}{10} + 5 \quad (\text{Ec.11})$$

$$\text{Índice de susceptibilidad} = 12PCM + \text{Log H} \quad (\text{Ec.12})$$

$$PCM = 0.56$$

H: 10 ml/100g

$$\text{Índice de Susceptibilidad} = 7$$

Tabla 17. Temperatura mínima de precalentamiento entre pasada


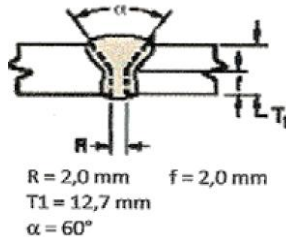
Tabla H.2 (continuación)
Temperaturas mínimas de precalentamiento y entre pasadas para tres niveles de restricción (véase H6.2.4)

		Temperatura mínima de precalentamiento y entre pasadas (°C)						
Nivel de restricción	Espesor ^a mm	Agrupación del índice de susceptibilidad						
		A	B	C	D	E	F	G
Bajo	< 10	< 20	< 20	< 20	< 20	60	140	150
	10-20 incl.	< 20	< 20	20	60	100	140	150
	> 20-38 incl.	< 20	< 20	20	80	110	140	150
	> 38-75 incl.	20	20	40	95	120	140	150
	> 75	20	20	40	95	120	140	150
Medio	< 10	< 20	< 20	< 20	< 20	70	140	160
	10-20 incl.	< 20	< 20	20	80	115	145	160
	> 20-38 incl.	20	20	75	110	140	150	160
	> 38-75 incl.	20	80	110	130	150	150	160
	> 75	95	120	140	150	160	160	160
Alto	< 10	< 20	< 20	20	40	110	150	160
	10-20 incl.	< 20	20	65	105	140	160	160
	> 20-38 incl.	20	85	115	140	150	160	160
	> 38-75 incl.	115	130	150	150	160	160	160
	> 75	115	130	150	150	160	160	160

Fuente: AWS D1.1. /d1.1 M: 2015

La temperatura de precalentamiento para el acero CHRONIT T1 según la tabla para aceros menores a 10 mm de espesor es 160 °C entre pasadas.

ESPECIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA SEGÚN AWS D1.1/D1.1:2015

	ESPECIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA SEGÚN AWS D1.1/D1.1:2015						N° WPS: 1																			
							Rev.: _____																			
							Fecha: _____																			
							Pág.: _____																			
ESPECIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA																										
Nombre de la Empresa: _____ UCV _____ Proceso de Soldadura: _____ SMAW _____ PQR de respaldo : _____				N° de WPS: _____ Autorizado por: _____ Fecha: _____ Revisión : _____ Fecha : _____																						
DETALLES DE LA JUNTA				POSICIÓN																						
Tipo de ranura: _____ V _____ Angulo de ranura: _____ 60° _____ Abertura de raíz: _____ 6 mm _____ Talón de Raíz: _____ Respaldo: _____ ASTM A 36 _____ Método: _____				<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th style="text-align: center;">JUNTA A TOPE</th> <th style="text-align: center;">JUNTA FILLET</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Plana</td> <td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Horizontal</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Vertical ascendente</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Vertical descendente</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Sobrecabeza</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> </tbody> </table>						JUNTA A TOPE	JUNTA FILLET	Plana	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Horizontal	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Vertical ascendente	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Vertical descendente	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Sobrecabeza	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	JUNTA A TOPE	JUNTA FILLET																								
Plana	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																								
Horizontal	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																								
Vertical ascendente	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																								
Vertical descendente	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																								
Sobrecabeza	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																								
METAL BASE				METAL DE APORTE																						
Material base: ASTM A 36 – CHRONIT T1 500 Soldado a: _____ MANUAL _____ Mat. Respaldo: _____ ASTM A 36 _____ Espesor: _____ 1/4 pulgada _____				Clasificación AWS: _____ E7018 _____ Diámetro de electrodo: _____ 1/8 pulgada _____ Clasificación del fundente: _____ Fabricante/Nombre comercial: _____ OERLIKON _____																						
TEMPERATURA DE PRECALENTAMIENTO				TEMPERATURA DE POST CALENTAMIENTO																						
Tem. Pre calentamiento Min.: _____ 160°C _____ Tem. Entre pasada Min. _____ 160°C __max_____				Tem. Post Calentamiento: _____ Tiempo: _____																						
TÉCNICA				DETALLES DE JUNTA																						
Tipo de movimiento: Recto <input type="checkbox"/> oscilado <input type="checkbox"/> ondulatorio <input checked="" type="checkbox"/> Pasadas: única <input type="checkbox"/> Múltiple <input checked="" type="checkbox"/> N° de electrodos: _____ Angulo de electrodo: _____ 75° _____ Martillado _____ Limpieza entre pasadas: _____ AMOLADO _____ Otros: _____				 <p style="text-align: center;"> $R = 2,0 \text{ mm}$ $f = 2,0 \text{ mm}$ $T1 = 12,7 \text{ mm}$ $\alpha = 60^\circ$ </p>																						
PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA																										
Pasadas de soldadura	Numero de pasadas	Proceso	Material de aporte		Corriente		Voltaje	Velocidad																		
			clase	diámetro	Polaridad	Corriente																				
Raíz	1	SMAW	E-7018	1/8"	CCEP	100	24	15																		
Cordones	3	SMAW	E-7018	1/8"	CCEP	150	22	15																		

3.2. CALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA

La calificación del procedimiento se referencia en el código AWS D1.1/D1.1M:2015. Donde inca los ensayos a realizar para calificar WPS para el proceso SMAW.

b. Dimensión del cupón de prueba

Tomada del anexo figura 4,7 ubicación de probetas en placa de ensayos soldadas para espesores de ¼” (10 mm) a menos espesor – calificación WPS.

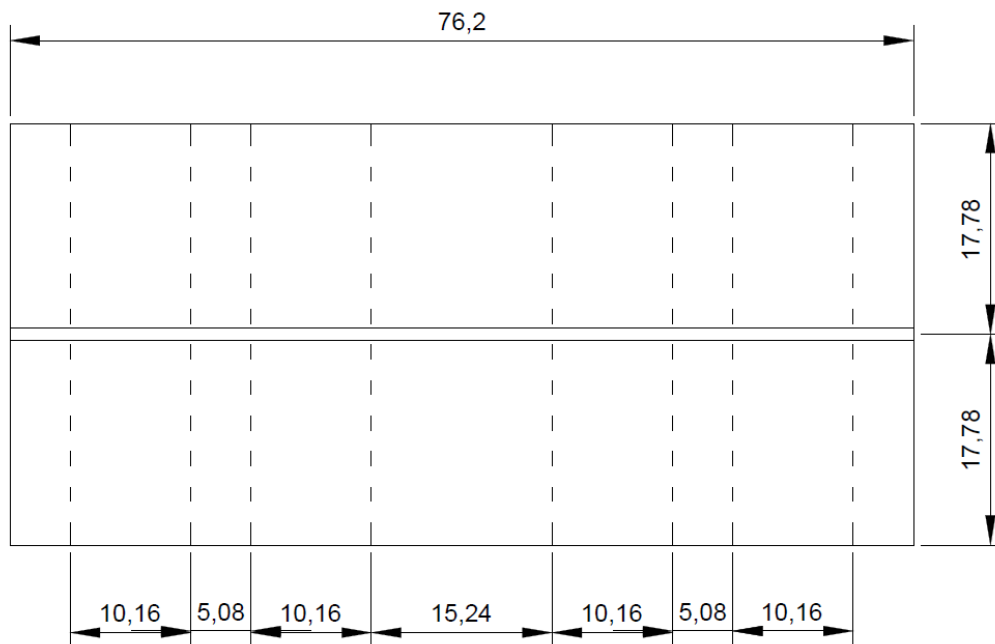


Figura 16. Dimensiones de probeta de soldadura

c. Criterios aceptación de inspección visual según AWS D1.1/1.1:2015

Las uniones soldadas de ranura deben cumplir con los siguientes requisitos:

- No se aceptan grietas de ningún tamaño.
- Rellenar todos los cráteres completamente hasta la sección transversal.
- El refuerzo de la soldadura no debe exceder de 1/8” (3 mm).
- El socavado no debe exceder de 1/32 pulg. (1 mm).
- La raíz de las ranuras soldadas no debe tener ninguna grieta, fusión incompleta o penetración inadecuada.
- Ranuras soldadas sin respaldo la concavidad de la raíz o perforación por fusión debe cumplir los siguiente:

La máxima concavidad de la raíz debe ser 1/16 pulg. (2 mm), cuando el espesor total de soldadura sea igual o superior al metal base.

La perforación por fusión máxima debe ser 1/8 pulg. (3 mm).

d. Criterios de aceptación de inspección de ensayo con Tintas penetrantes

Usando los métodos estándar establecido en la norma ASTM E165. Los criterios de aceptación cuando se realiza ensayo de tintes penetrantes, debe cumplir con la sección 6 del código AWS D1.1/1.1M.

e. Número de ensayos a realizar

Los tipos y cantidades de ensayos que fueron necesarios para calificar el WPS para una plancha de acero con un espesor dado, se ajustar a la tabla 4.2 (CJP).

Tipo y numero de ensayos destructivos para calificar un WPS

Tabla 4.2
Calificación de la WPS—Soldaduras en ranura con CJP: Cantidad y tipo de probetas de ensayo y rango de espesor y diámetro calificados (véase 4.5) (Dimensiones en pulgadas)

I. Ensayos en placa^{a, b}

Espesor nominal de placa (T) probado, pulgadas	Cantidad de probetas				Espesor nominal del conducto o tubo calificado ^{c, d} pulgadas	
	Tracción en sección reducida (véase Fig. 4.10)	Doblado de raíz (véase Fig. 4.8)	Doblado de cara (véase Fig. 4.8)	Doblado lateral (véase Fig. 4.9)	Min.	Máx.
1/8 ≤ T ≤ 3/8	2	2	2	(Nota g)	1/8	2T
3/8 < T < 1	2	—	—	4	1/8	2T
1 y más	2	—	—	4	1/8	Sin límite

Fuente: AWS D1.1/D1.1M:2015

Según la tabla del anexo 4.2 para calificar el procedimiento se necesitan:

Numero de probetas para ensayos destructivos según

Ensayos destructivos	Número de probetas	
	Junta ranura en V	
	Horizontal	
Tracción reducida	2	
Doblado de raíz	2	
Doblado de cara	2	
Total de probetas	6	

Fuente: elaboración propia

f. Dimensiones de especímenes a ensayar

Ensayo de tracción reducida

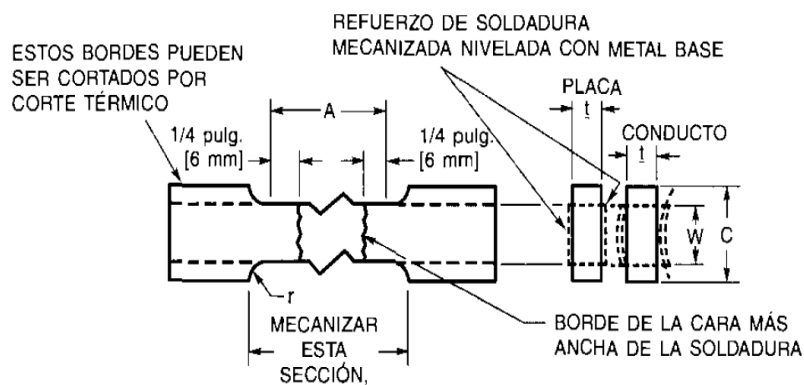


Figura 15. Dimensiones de probeta para ensayo de tracción reducida

Ensayo de doblado de cara

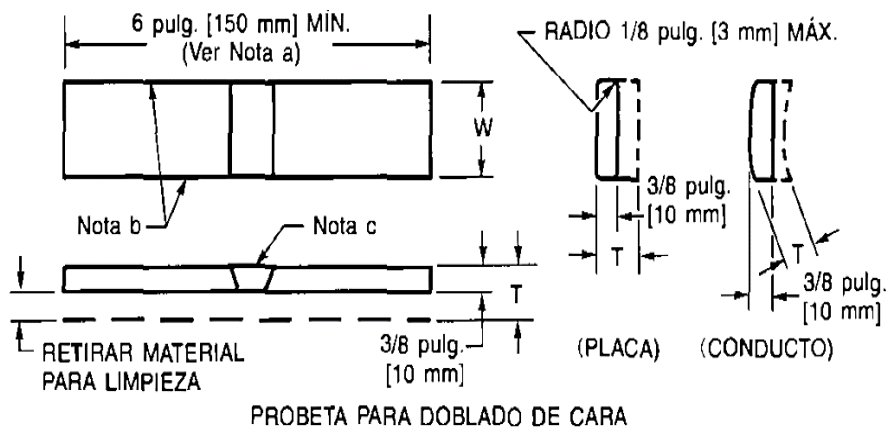


Figura 16. Probeta para ensayo de doblado de cara.

Ensayo de doblado de cara

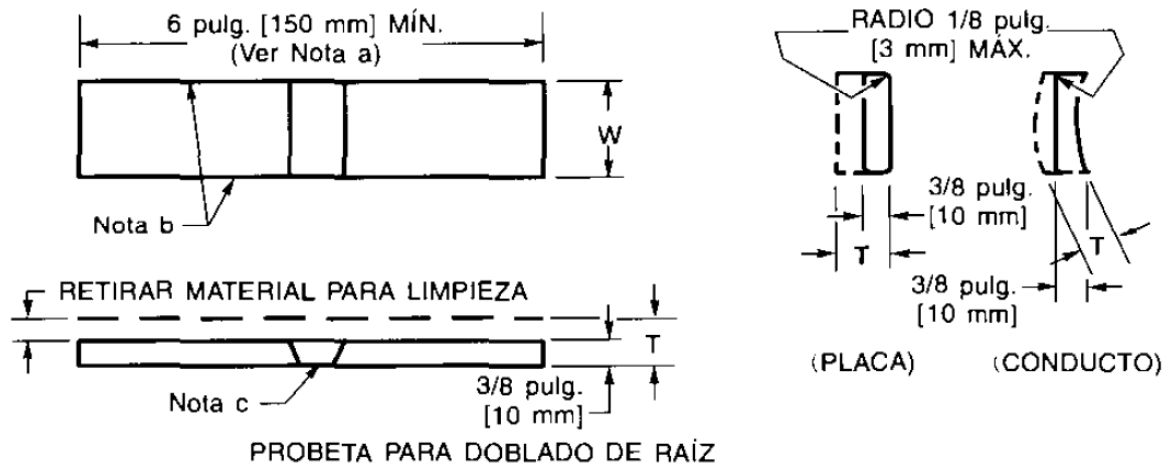


Figura 17. Probeta para ensayo de doblado de raíz.

g. Criterios de Aceptación de ensayos


Ensayo de doblado: para aceptación de superficie de una probeta que ha sido ensayada por doblado no deben tener discontinuidades que superen:

- Discontinuidades con medidas 1/8 pulg. (3 mm) en cualquier dirección de la superficie.
- Discontinuidades con medidas 1/8 pulg. (3 mm) o la suma de las dimensiones más grande todas que excedan de 1/32 pulg. (1 mm) pero inferiores o iguales 1/8 pulg. (3 mm).
- 1/4 pulg. (6 mm) – la grieta máxima de esquina, excepto cuando la grieta de esquina resulta de una exclusión de escorias visibles u otras discontinuidades de fusión, en cuyo caso se debe aplicar el máximo 1/8 pulg. (3 mm).
- Las probetas con grietas en las esquinas que excedan de 1/4". (6 mm) sin evidencia de inclusiones de escoria u otra discontinuidad de fusión deben descartarse y se debe ensayar otra probeta de remplazo de la soldadura original.

Ensayo de tracción reducida

- La resistencia a la tracción no debe ser inferior al mínimo del rango de tracción especificado del metal base utilizado.

**REGISTRO DE CALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO SEGÚN AWS
D1.1/D1.1:2015**

	REGISTRO DE CALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO SEGÚN AWS D1.1/D1.1:2015				N° PQR:			
					Rev.:			
					Fecha:			
					Pág.:			
ENSAYOS								
	Tipos de Ensayos	Referencia de clausula	Criterio de aceptación	Resultados	Comentarios			
	Inspección Visual	4.9.1.	4.9.1.	Aceptable				
	Inspección radiológica	4.9.2.1.	4.9.2.2.					
	Prueba ultrasónica	4.9.2.1.	4.9.2.2.					
	2 doblados de raíz transversal	4.9.3.1./Fig. 4.8.	4.9.3.3.	Aceptable				
	2 doblado de cara transversal	4.9.3.1./Fig. 4.8.	4.9.3.3.	Aceptable				
	2 doblados de raíz longitudinal	4.9.3.1./Fig. 4.8.	4.9.3.3.					
	2 doblados de cara longitudinal	4.9.3.1./Fig. 4.8.	4.9.3.3.					
	2 doblados laterales	4.9.3.1./Fig. 4.9.	4.9.3.3.					
	4 doblados laterales	4.9.3.1./Fig. 4.9.	4.9.3.3.					
	2 ensayos de tracción	4.9.3.4./Fig. 4.10.	4.9.3.5.	528 Mpa	Dúctil ASTM A 36			
	Tracción en metales completamente soldados	4.9.3. 6./Fig. 4.14. y 4.18	4.14.1.3 (b)					
	3 macroataque	4.9.4.	4.9.1.1.					
	4 macroataque	4.9.4.	4.9.1.1.					
	Ensayo CVN	4 parte D/Fig. 4. 28	4. 30 y tabla 4.14					
DETALLES DE ENSAYO DE TRACCIÓN								
	Numero de probetas	Ancho	Espesor	Área	Máxima carga de tracción	Máximo esfuerzo de la unidad	Tipo de falla y ubicación	
	T-1	6	6	36	1940	528.6	Dúctil ASTM A 36	
	T-2	6	6	36	1940	528.75	Dúctil ASTM A 36	
DETALLES DE LOS ENSAYOS DE TENACIDAD								
	Numero de probetas	Ubicación de la entalla	Tamaño de la probeta	Temperatura del ensayo	Energía adsorbida	Porcentaje de cizallamiento	Expansión lateral	Promedio

Anexo 4: Certificado de validez de instrumentos

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO

N°	ITEMS DE WPS Y PQR	PERTENENCIA		RELEVANCIA		CLARIDAD		OBSERVACIONES	
		SI	NO	SI	NO	SI	NO		
1	Tipo Proceso	/		X		X			
2	Material base	/		X		X			
3	Material de aporte	/		X		X			
4	Tipo de unión	/		X		X			
5	Tipo de corriente	/		X		X			
6	Posición de soldeo	/		X		X			
8	Corriente (Amperio)	/		X		X			
9	Voltaje	X		X		X			
10	Velocidad de soldeo	X		X		X			
11	Aporte de calor	X		X		X			
12	Número de pasadas	X		X		X			
13	Temp. Precaentamiento	X		X		X			
14	Simbología	X		X		X			
	ITEMS PQR	X				X			
15	Inspección Visual	X		X		X			
16	Ensayo de tintas penetrantes	X		X		X			
17	Ensayo radiológico	X		X		X			
18	Prueba ultrasonica	X		X		X			
19	Ensayos de doblado	X		X		X			
20	Tracción en metales	X		X		X			
21	Macroataque	X		X		X			
22	Ensayo CVN	X		X		X			
ASPECTO GENERALES							SI	NO	
E. INSTRUMENTOS CONTIENE INSTRUCCIONES CLARAS Y PRECISAS PARA INTERPRETAR.							X		
LOS ITEMS PERMITEN EL LOGRO DE LOS OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION							X		
EL NUMERO DE ITEMS ES SUFICIENTE PARA RECOGER INFORMACION							X		
VALIDEZ									
APLICABLE			X	NO APLICABLE					
APLICA ATENDIENDO A LAS OBSERVACIONES									

DATOS GENERALES DEL EXPERTO

APELLIDOS: DURAN BAZAN

NOMBRE: CRISTIAN OLIVER

PROFESIÓN: ING. MECANICO ELECTRICISTA

CIP: 189641

MAESTRIA:


Cristian Oliver Durand Bazán
ING. MECANICO ELECTRICISTA
R. CIP. N° 189641

FIRMA DEL EXPERTO

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO

N°	ITEMS DE WPS Y PQR							OBSERVACIONES
		PERTENENCIA		RELEVANCIA		CLARIDAD		
		SI	NO	SI	NO	SI	NO	
1	Tipo Proceso	✓		✓		✓		
2	Material base	✓		✓		✓		
3	Material de aporte	✓		✓		✓		
4	Tipo de unión	✓		✓		✓		
5	Tipo de corriente	✓		✓		✓		
6	Posición de soldeo	✓		✓		✓		
8	Corriente (Amperio)	✓		✓		✓		
9	Voltaje	✓		✓		✓		
10	Velocidad de soldeo	✓		✓		✓		
11	Aporte de calor	✓		✓		✓		
12	Número de pasadas	✓		✓		✓		
13	Temp. Pre calentamiento	✓		✓		✓		
14	Simbología	✓		✓		✓		
ITEMS PQR								
15	Inspección Visual	✓		✓		✓		
16	Ensayo de tintas penetrantes	✓		✓		✓		
17	Ensayo radiológico	✓		✓		✓		
18	Prueba ultrasónica	✓		✓		✓		
19	Ensayos de doblado	✓		✓		✓		
20	Tracción en metales	✓		✓		✓		
21	Macroataque	✓		✓		✓		
22	Ensayo CVN	✓		✓		✓		
ASPECTO GENERALES							SI	NO
EL INSTRUMENTO CONTIENE INSTRUCCIONES CLARAS Y PRECISAS PARA INTERPRETAR.							X	
LOS ITEMS PERMITEN EL LOGRO DE LOS OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION							X	
EL NUMERO DE ITEMS ES SUFICIENTE PARA RECOGER INFORMACION							X	
VALIDEZ								
APLICABLE		X		NO APLICABLE				
APLICA ATENDIENDO A LAS OBSERVACIONES								

DATOS GENERALES DEL EXPERTO

APellidos: HERRERA BIAS

Nombre: JAVIER ORLANDO

Profesión: INGENIERO MECANICO

CIP :

Maestría:


 Javier O. Herrera Blas
 ING. MECANICO
 R. CIP 140617

FIRMA DEL EXPERTO

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO

N°	ITEMS DE WPS Y PQR	PERTENENCIA		RELEVANCIA		CLARIDAD		OBSERVACIONES	
		SI	NO	SI	NO	SI	NO		
1	Tipo Proceso	X		X		X			
2	Material base	X		X		X			
3	Material de aporte	X		X		X			
4	Tipo de unión	X		X		X			
5	Tipo de corriente	X		X		X			
6	Posición de soldeo	X		X		X			
8	Corriente (Amperio)	X		X		X			
9	Voltaje	X		X		X			
10	Velocidad de soldeo	X		X		X			
11	Aporte de calor	X		X		X			
12	Número de pasadas	X		X		X			
13	Temp. Pre calentamiento	X		X		X			
14	Simbología	X		X		X			
ITEMS PQR									
15	Inspección Visual	X		X		X			
16	Ensayo de tintas penetrantes	X		X		X			
17	Ensayo radiológico	X		X		X			
18	Prueba ultrasónica	X		X		X			
19	Ensayos de doblado	X		X		X			
20	Tracción en metales	X		X		X			
21	Macroataque	X		X		X			
22	Ensayo CVN	X		X		X			
ASPECTO GENERALES							SI	NO	
EL INSTRUMENTO CONTIENE INSTRUCCIONES CLARAS Y PRECISAS PARA INTERPRETAR.							X		
LOS ITEMS PERMITEN EL LOGRO DE LOS OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION							X		
EL NUMERO DE ITEMS ES SUFICIENTE PARA RECOGER INFORMACION							X		
VALIDEZ									
APLICABLE			X	NO APLICABLE					
APLICA ATENDIENDO A LAS OBSERVACIONES									

DATOS GENERALES DEL EXPERTO

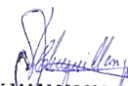
APellidos: CHUSULLANQUI VEREAU

Nombre: JHON EDOARDO

Profesión: Ing. Mecánico

CIP: 7563

Maestría: Ing. Mecánica en Gestión del Diseño y Manufactura


 Jhon E. Chuquitanqui Vereau
 ING MECANICO
 R. CIP 75963


 FIRMA DEL EXPERTO