



EVALUACIÓN DE JUNTAS SOLDADAS EN PROBETAS ASTM A36 BAJO LA NORMA D.1.1 MEDIANTE DOBLEZ GUIADO

EVALUATION OF WELDED JOINTS IN ASTM A36 TEST TESTS UNDER STANDARD D.1.1 BY GUIDED BENDING

AVALIAÇÃO DE JUNTAS SOLDADAS EM ENSAIOS ASTM A36 CONFORME A NORMA D.1.1 POR DOBRAMENTO GUIADO

Resumen

El proyecto tiene como objetivo evaluar la calidad de soldaduras realizadas en juntas a tope con bisel de 45° en acero ASTM A36, mediante ensayos de doblez por flexión, conforme a la norma AWS D1.1. En el Instituto Superior Tecnológico Tungurahua para la formación del estudiante en la asignatura de soldadura se realizan diferentes prácticas de taller entre ellas la de electrodo revestido conocido com SMAW. El análisis permitirá verificar la resistencia y tenacidad de las uniones soldadas, así como cumplir con los parámetros de aceptación y rechazo establecidos por la norma, contribuyendo a la calificación técnica del soldador, este proceso contribuirá en la formación de los estudiantes en la asignatura de soldadura y que se puede aplicar en el sector metalmecánico para su incorporación al sector industrial.

Palabras clave: Asociación Estadounidense de Ensayo de Materiales (ASTM A36), Ensayo de doblez, Juntas soldadas, Sociedad Americana de la Soldadura (AWS D1.1), Soldadura.

M.Sc. Freddy Manotoa Balseca

fmanotoa.istt@gmail.com

Instituto Superior Tecnológico
Tungurahua

Orcid: [0000-0002-1851-8285](https://orcid.org/0000-0002-1851-8285)

Mg. Mercy Altamirano González

maltamirano.istt@gmail.com

Instituto Superior Tecnológico
Tungurahua

Orcid: [0000-0002-1269-3057](https://orcid.org/0000-0002-1269-3057)

Mg. Miguel Sánchez Almeida

msanchez.istt@gmail.com

Instituto Superior Tecnológico
Tungurahua

Orcid: [0000-0003-4858-284X](https://orcid.org/0000-0003-4858-284X)

REVISTA TSE'DE

Instituto Superior Tecnológico

Tsa'chila

ISSN: 2600-5557



Abstract

The project aims to evaluate the quality of welds made in 45° bevel butt joints in ASTM A36 steel, using flexural bend tests, in accordance with AWS D1.1 standard. At the Tungurahua Higher Technological Institute, different workshop practices are carried out for the training of students in the subject of welding, including that of the coated electrode known as SMAW. The analysis will verify the strength and toughness of the welded joints, as well as comply with the acceptance and rejection parameters established by the standard, contributing to the technical qualification of the welder. This process will contribute to the training of students in the subject of welding and can be applied in the metalworking sector for their incorporation into the industrial sector.

Periodicidad Semestral

Vol. 8, núm. 2

revistatsede@tsachila.edu.ec

Recepción: 05-06-2025

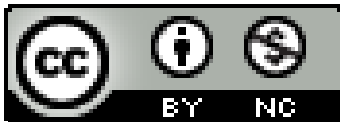
Aprobación: 25-07-2025

Publicación: 25-12-2025

URL:

<http://tsachila.edu.ec/ojs/index.php/TSEDE/issue/archiv e>

Revista Tse'de, Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional.



Keywords: American Society for Testing and Materials (ASTM A36), Bend testing, Welded joints, American Welding Society (AWS D1.1), Welding.

Resumo

O projeto visa avaliar a qualidade de soldas realizadas em juntas de topo chanfradas a 45° em aço ASTM A36, utilizando ensaios de flexão e flexão, de acordo com a norma AWS D1.1. No Instituto Superior Tecnológico Tungurahua, são realizadas diferentes práticas de oficina para a formação de alunos na área de soldagem, incluindo a do eletrodo revestido conhecido como SMAW. A análise verificará a resistência e a tenacidade das juntas soldadas, bem como o cumprimento dos parâmetros de aceitação e rejeição estabelecidos pela norma, contribuindo para a qualificação técnica do soldador. Este processo contribuirá para a formação de alunos na área de soldagem e poderá ser aplicado no setor metalúrgico para sua incorporação ao setor industrial.

Palavras-chave: Sociedade Americana de Testes e Materiais (ASTM A36), Ensaio de flexão, Juntas soldadas, Sociedade Americana de Soldagem (AWS D1.1), Soldagem.

Introducción

En la formación práctica de los estudiantes de la carrera de Mecánica Industrial del Instituto Superior Tecnológico Tungurahua, se desarrollan diversos procesos de soldadura, destacándose el uso del proceso SMAW (soldadura por arco con electrodo revestido) aplicado manualmente. Aunque la verificación visual permite identificar ciertas características del cordón de soldadura y de la unión en la placa, este tipo de inspección no es suficiente para garantizar la calidad estructural de la soldadura. Por ello, se vuelve necesario aplicar procedimientos de evaluación más rigurosos, tal como lo establece la normativa AWS D1.1, que detalla los criterios de aceptación y rechazo de las probetas soldadas y define los métodos apropiados para su ensayo (American Welding Society [AWS], 2020).

Una de las pruebas más empleadas para evaluar la calidad de las uniones soldadas es el ensayo de doblez por flexión. Este permite someter la junta a esfuerzos controlados que simulan condiciones reales de carga, posibilitando así una evaluación precisa de su resistencia, ductilidad y tenacidad. Según Smith (2018), la correcta ejecución del ensayo requiere considerar variables como el tipo de electrodo, el espesor del material y la técnica utilizada en el proceso de soldado, ya que estos influyen directamente en el comportamiento de la junta ante cargas estáticas.

Además, el ensayo de doblez no solo permite validar la calidad del proceso de soldadura, sino que también sirve como criterio de evaluación del desempeño del soldador, ya que su correcta aplicación evidencia dominio técnico y cumplimiento normativo. Este tipo de análisis adquiere relevancia especial en contextos industriales donde se exige un alto nivel de confiabilidad estructural, tanto en la fabricación de componentes como en su ensamblaje (Martínez, 2022).

básicos del proceso, especialmente en lo relacionado con la soldadura con electrodo revestido. Durante el segundo semestre, los estudiantes realizan sus primeras prácticas en la asignatura de procesos de soldadura. En esta etapa inicial, es común que el punteo y el cordón no presenten una calidad óptima. A medida que adquieren destrezas, es fundamental validar la calidad de la soldadura mediante pruebas de doblez.

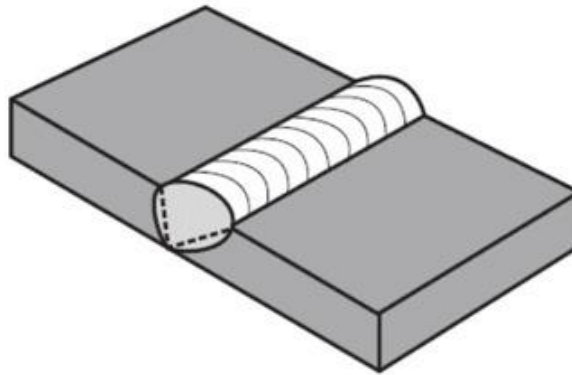
Para lograr una unión adecuada, es esencial tener en cuenta el diámetro y la longitud del electrodo, lo cual influye directamente en la selección del amperaje y del tipo de corriente necesaria para lograr la coalescencia. Estos factores determinan las condiciones en que se efectuará la unión de las piezas. Para todo proceso de soldadura se debe verificar el tamaño y tipo de electrodos en donde la norma técnica en base a sus dimensiones estable el voltaje para la maquina y el amperaje adecuado que puede estar entre 60 a 120 amperios según la norma técnica para cada electrodo (Labrador, 2018). Las juntas en ángulo se originan cuando dos piezas se unen formando un ángulo determinado. Entre los tipos más comunes de este tipo de unión se encuentran las juntas en T y las juntas de filete (Sánchez, 2022).

La soldadura SMAW es ampliamente utilizada en la fabricación y reparación de estructuras metálicas, tuberías, recipientes a presión, y en diversas industrias como la construcción, la industria naval, la fabricación de maquinaria, entre otras. La habilidad del soldador para controlar el arco y manejar el electrodo revestido de manera efectiva es crucial para obtener uniones soldadas de alta calidad y resistencia. ((ASTM), 2019). Una vez realizada la soldadura se prepara la junta para estructurar el proceso por ensayo de doblez el cual se revisa acorde a la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN

- ASTM A36 para la soldadura SMAW, en donde se revisará los criterios de elaboración y preparación de las probetas antes de ejecutar la soldadura y en base a la verificación visual poder ejecutar el ensayo de flexión en la probeta (INEN, 2023).

Figura 2

Posición de soldadura junta a tope con Angulo a 45°



Nota: Foto tomada (Sanchez, CRISOTH WELDING, 2022)

Metodología

En el presente proyecto se realizó una evaluación técnica de la calidad de las juntas soldadas en probetas de acero estructural ASTM A36, mediante la aplicación de ensayos de doblado guiado conforme a los procedimientos establecidos en la norma AWS D1.1. El proceso se centrará en la verificación de la resistencia mecánica, ductilidad y tenacidad de las uniones soldadas realizadas por los estudiantes de la carrera de Mecánica Industrial del Instituto Superior Tecnológico Tungurahua. Esta evaluación permitirá comprobar si las soldaduras cumplen con los requisitos mínimos de aceptación definidos en la normativa (American Welding Society [AWS], 2020).

El propósito principal de esta evaluación es asegurar la calidad estructural de las juntas soldadas, así como validar el aprendizaje técnico práctico del proceso de soldadura

por electrodo revestido (SMAW) en el entorno educativo. Además, este procedimiento facilitará la identificación de defectos críticos en las soldaduras como grietas, falta de penetración o inclusión de escoria, los cuales podrían comprometer la integridad del material en aplicaciones reales. También se busca capacitar a los estudiantes en la correcta interpretación de normas técnicas y en la aplicación de ensayos no destructivos y destructivos como herramienta de control de calidad (Martínez, 2022).

A continuación, se describe el proceso fundamental del desarrollo siendo:

1. Preparación del material base en donde se seleccionarán láminas de acero ASTM A36 con dimensiones estandarizadas, las cuales serán biseladas a 45° en sus extremos para formar juntas a tope, según lo estipulado por la norma. (Smith, 2018).
2. Aplicación del proceso de soldadura SMAW en juntas desarrollado en la fase práctica de los estudiantes ejecutarán las soldaduras utilizando el proceso de arco manual con electrodo revestido. Se utilizará electrodo E6011 a 90 amperios para pase de raíz y E7018 a 128 amperios para pase de relleno y acabado. Durante esta fase se controlarán variables como la intensidad de corriente, velocidad de avance y posición de soldado (García, 2023).
3. Inspección visual preliminar finalizado la soldadura el análisis visual es fundamental para evidenciar si existe alguna discontinuidad en la probeta, antes de realizar cualquier ensayo, se ejecutará una inspección visual para identificar irregularidades superficiales. Solo las probetas que cumplan con los criterios básicos pasarán al siguiente procedimiento (Metalinspec, 2021).

4. Corte y preparación de probetas para ensayo de doblez de las juntas soldadas serán cortadas en probetas según las dimensiones especificadas por AWS D1.1. Se preparará el área de prueba eliminando rebabas o irregularidades que puedan afectar el resultado (AWS, 2020).
5. Ensayo de doblez guiado aquí las probetas se colocarán en una máquina de ensayo de doblez, donde se aplicará una fuerza controlada en el centro, doblando la probeta a un ángulo determinado hasta que se evidencie alguna fisura o hasta alcanzar el ángulo especificado por la norma (Metalinspec, 2021).
6. Registro y análisis de resultados en el cual se documentarán los resultados del ensayo evaluando criterios como aparición de grietas, deformaciones visibles o fractura. Si la probeta no presenta fallas evidentes o cumple con los límites permitidos, será aceptada. De lo contrario, se considerará rechazada, y se analizarán las causas para aplicar mejoras en el proceso (Martínez, 2022).
7. Informe contendrá los parámetros utilizados, fotografías del proceso, resultados obtenidos y conclusiones con base en la norma (Smith, 2018).

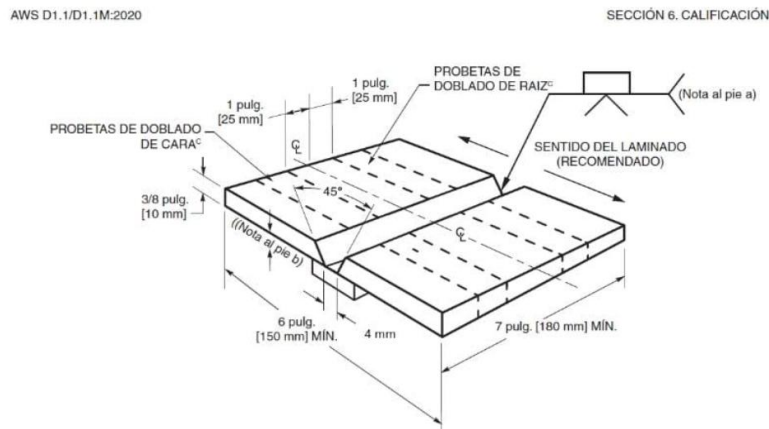
Resultados y Discusión

Para llevar a cabo el análisis de las soldaduras mediante ensayos de doblez guiado, se siguieron los procedimientos establecidos por la norma AWS D1.1, la cual define los criterios para la preparación y evaluación de probetas en soldadura estructural. En este caso, se utilizaron placas de acero estructural ASTM A36 con un espesor de 10 mm, las cuales fueron biseladas a 45° mediante esmerilado, conforme a las especificaciones técnicas indicadas por la norma para juntas a tope (American Welding Society [AWS], 2020). La preparación de las probetas se realizó de acuerdo

con las dimensiones mostradas en el plano técnico (Figura 3), aplicando un bisel uniforme en ambos extremos del material. Posteriormente, se efectuaron las soldaduras en posición plana, cuidando la alineación y el número de pases requeridos (raíz, relleno y acabado), manteniendo parámetros estables de corriente, velocidad y tipo de electrodo. El proceso se ejecutó por estudiantes de formación técnica, bajo supervisión docente.

Figura 3

Especificación de la norma AWS D1.1

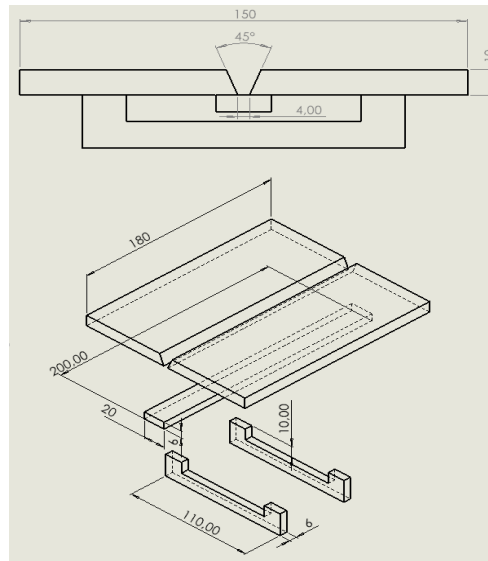


Nota: Foto tomada (AWS D1.1, 2020)

Una vez realizadas las uniones soldadas, se procedió al corte de las probetas según lo indicado por la norma. Se obtuvieron cuerpos de prueba listos para ser sometidos al ensayo de doblez. La fuerza fue aplicada en el centro de la probeta mediante una prensa mecánica, hasta alcanzar el ángulo de flexión requerido por la normativa. Durante el ensayo, se observó que la mayoría de las probetas presentaron deformaciones controladas sin evidencia de fractura, lo cual indica un buen nivel de ductilidad en la unión.

Figura 4

Planos para el cupón con refuerzo



Nota: Planos elaborados por los autores para el proceso de soldadura del cupón. Con el desarrollo del proceso se realiza el punteado dejando una holgura de 4 milímetros entre placas

En algunos casos aislados se identificaron fisuras superficiales en el área del cordón de soldadura, posiblemente relacionadas con una mala técnica de aplicación o una mala preparación del bisel. Estos resultados destacan la importancia del control en cada fase del proceso de soldadura, desde la preparación del material hasta el ajuste de parámetros operativos. Desde el punto de vista teórico y práctico, los resultados evidencian la eficacia del ensayo de dobléz como método de verificación estructural, y refuerzan la necesidad de capacitar adecuadamente al soldador en el cumplimiento de normas técnicas. Se concluye que la aplicación de normas como la AWS D1.1 dentro del proceso educativo permite evaluar objetivamente tanto la calidad de las uniones como las competencias del estudiante.

Figura 5

Preparación de probetas acorde a la normativa



Nota: Probetas estructurados por los autores para el proceso de soldadura

Con las probetas previamente preparadas, se procedió a ejecutar el proceso de soldadura SMAW (Shielded Metal Arc Welding) utilizando el electrodo E7018 de diámetro 1/8" (3 mm), caracterizado por su bajo contenido de hidrógeno y su capacidad para producir cordones de alta calidad. Los parámetros de soldadura se mantuvieron dentro del rango de 75 A a 125 A de intensidad y una tensión nominal entre 18 V y 24 V, según recomendaciones técnicas del fabricante y las condiciones del espesor del material. El pase de raíz se realizó en posición plana (1G), asegurando una correcta fusión entre los bordes biselados de la placa, como se observa en la figura correspondiente (American Welding Society [AWS], 2020).

Figura 6

Pase de raíz



Nota: Proceso de soldadura realizada por los autores

Una vez ejecutado el pase de raíz y realizada la correspondiente limpieza de la unión soldada, se procedió a la aplicación del pase de relleno, el cual permite completar el volumen de la junta y asegurar la continuidad estructural de la soldadura. Para ello, se utilizó nuevamente un electrodo tipo E7018 de diámetro 1/8", con propiedades apropiadas para mantener una buena tenacidad y resistencia mecánica en el cordón. El proceso se desarrolló empleando corriente continua de polaridad inversa (CCEP), ajustando la intensidad de corriente entre 110 y 160 amperios, en función del espesor del material y la estabilidad del arco eléctrico. Este paso es crucial para evitar defectos como falta de fusión o inclusión de escoria, asegurando la calidad de la unión, como se ilustra en la figura correspondiente (American Welding Society [AWS], 2020), como se muestra en la siguiente figura.

Figura 7

Pase de relleno



Finalizado el pase de relleno, se procedió con el proceso de limpieza de las placas, eliminando residuos de escoria y posibles imperfecciones superficiales, con el fin de garantizar una superficie limpia y adecuada para la ejecución del pase de acabado, utilizando un amperaje entre 110 A y 160 A con electrodo E7018 de 1/8", de acuerdo con las especificaciones técnicas previamente utilizadas. El pase de acabado permite nivelar y sellar la superficie de la soldadura, asegurando un perfil uniforme del cordón, buena apariencia y mayor resistencia a esfuerzos mecánicos y condiciones ambientales (American Welding Society [AWS], 2020).

Figura 8

Pase de acabado



Según Díaz (2023), la técnica de investigación de observación es una herramienta de recopilación de datos de manera objetiva, por lo que se utilizó una ficha técnica dentro del proyecto al que se detallan los parámetros necesarios para la aceptación de la probeta de soldadura para proceder con el ensayo de doblez guiado en la probeta, facilitando la comprensión de sus capacidades técnicas, características adicionales y su uso en diferentes aplicaciones industriales que se utilizan con la soldadura.

Figura 9

Ficha técnica de ensayo de doblez guiado

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO TUNGURAHUA MECÁNICA INDUSTRIAL </div>  </div>			
FICHA DE PROBETA DE ENSAYO DE DOBLADO GUIADO			
Nombre:	Esteban Sangucho		ENSAYO N.- 1
Dirección:	Av. Bolivariana y Av. El Cóndor		
Teléfono fijo:	032408302	Celular:	
Revisado:	Ing. Freddy Manotoa	Inspector:	
Fecha de ensayo:	26-02-2025	Fecha de inspección:	
Hora de entrada:	9:00 am	Hora de salida:	13:00 pm
Institución que realiza el ensayo:	Instituto Superior Tecnológico Tungurahua – Mecánica Industrial		
REGISTRO DE DATOS DE LA PROBETA			
Orientación:	Transversal	Detalles Constructivos: 	
Cara o Raíz:	Cara		
Norma de estudio:	AWS		
Largo de la probeta:	180 mm		
Espesor de la probeta:	10 mm		
Ancho de la probeta:	150 mm		
Tipo de junta:	Junta en V		
CARACTERÍSTICAS DE SOLDADURA			
Espesor de la probeta	Tipo	Ejecución	Imagen
	Poros:	SI () NO (X)	
	Grietas:	SI () NO (X)	
	Mordeduras:	SI () NO (X)	
	Apariencia:	Buena	
Textura de soldadura:	Continua		

	Porcentaje de afectación:	100%	
	Falta de fusión:	SI () NO (X)	
	Socavación:	SI () NO (X)	
	Contracción:	SI () NO (X)	
	Linealidad:	SI () NO (X)	
Proceso de soldadura	SMAW:	SI () NO (X)	
	GMAW:	SI () NO (X)	
	GTAW	SI () NO (X)	
	Tipo de corriente:	Directa	
	Tipo de electrodo:	E6011 – E7018	
	Diámetro del electrodo:	1/8"	
	Tipo de gas:	N/A	
Representación gráficos:			
Observaciones:			
Firma del ejecutor		Firma del revisor	

De acuerdo con Altamirano Macías (2019), una vez finalizados los procesos de soldadura, se debe llevar a cabo un control de calidad que permita verificar si la soldadura cumple con los criterios de aceptación establecidos en la normativa vigente. Este procedimiento tiene como finalidad identificar la presencia de posibles imperfecciones o defectos que puedan comprometer los resultados del ensayo de doblez, ya que dichos fallos afectarían la integridad y validez del proceso.

- No se permitirá la presencia de grietas bajo ninguna circunstancia, sin importar su tamaño o ubicación dentro de la soldadura.
- El proceso de soldadura debe tener una fusión completa en los pases de la junta que existe entre el material base y los diferentes electrodos utilizados para una penetración adecuada y que el cordón tenga uniformidad.
- Una vez realizado el cordón de soldadura se pueden presentar defectos como cráteres de soldadura, este defecto se debe reparar aplicando procedimientos de reparación efectiva en el cordón de soldadura. Esta condición se aplica en

todos los casos, excepto en los extremos de las soldaduras intermitentes en filete, siempre que se encuentren fuera de la longitud efectiva establecida (American Welding Society, 2020).

- Los perfiles de soldadura deberán cumplir con el los esquema proporcionado de acuerdo a la norma.
- Socavación.
 - Cuando se trabaja con materiales cuyo espesor es inferior a 25 mm, la profundidad máxima permitida para la socavación es de 1 mm.
 - En el caso de componentes estructurales principales, si la soldadura se encuentra orientada en dirección perpendicular al esfuerzo de tracción, y sin importar la condición de carga, la socavación no debe superar los 0,25 mm.
 - De forma general, no se acepta ninguna socavación que exceda los 1 mm de profundidad. (López, R. A. 2012).

- Porosidad

En las uniones a tope con soldaduras de penetración completa (CJP), cuando están dispuestas de manera transversal respecto al esfuerzo de tracción calculado, no debe existir porosidad vermicular visible.

En lo que respecta a otras soldaduras en ranura y a las soldaduras en filete, la porosidad vermicular visible de 1 mm o más de diámetro no puede superar los 10 mm de acumulación en un tramo lineal de 25 mm, ni exceder los 20 mm en un tramo de 300 mm de longitud. (García, 2023)

Una vez que la probeta ha sido aceptada conforme a los criterios establecidos, se procede con el proceso de doblado de la placa, teniendo en cuenta los siguientes aspectos durante la calibración y armado de la máquina:

1. Se posiciona la base del gato hidráulico en el centro de la estructura fija.
2. Se instalan los resortes encargados de sostener la plataforma donde se encuentra montado el gato hidráulico.
3. Se inserta el pasador en los anillos, el cual tiene la función de asegurar la mesa de trabajo móvil.
4. Se colocan los soportes necesarios para evitar movimientos no deseados durante el funcionamiento de la máquina.
5. Una vez centrado entre el punzón y la probeta se empieza a dar la fuerza necesaria para el desarrollo del doblado en la junta.

Figura 10

Calibración y armado de la máquina



Cálculo de la fuerza necesaria para la ejecución del doblado

Fuerza necesaria para el doblado:

F = Fuerza necesaria para doblar

K = Coeficiente Experimental del acero = 0.4

σ = Resistencia a la tracción = 400 Mpa = 40.8 kgf mm²

t = Espesor del material = 10 mm

w = Ancho del doblado = 38 mm

$$F = k * \sigma * t * w$$

$$F = 0.4 * 40.8 \text{ kgf mm}^2 * 10 \text{ mm} * 38 \text{ mm}$$

$$= 6201.6 \text{ kgf}$$

$$= 60816.9206 \text{ N}$$

Figura 11

Calibración del equipo para ejecución del doblado



Una vez colocada la placa en la probeta se da la fuerza necesaria para calibrar la presión anteriormente calculada, la misma que permitirá realizar el doblado en U de la probeta para verificar si no existe deformaciones en el material, el cual se trabajará bajo los lineamientos establecidos por la norma técnica ASTM E290, la cual regula los métodos de ensayo de doblado para materiales metálicos. (ASTM International, 2022)

Figura 12

Proceso de doblez



Finalizado el ensayo de doblez en la probeta soldada, se constató la ausencia de discontinuidades o deformaciones, lo que evidencia la eficiencia del proceso de soldadura realizado. En consecuencia, la junta soldada es aceptada

Conclusiones

Los procesos de soldadura que se ejecutan en el taller de soldadura del Instituto Superior Tecnológico Tungurahua ya se puede revisar la ductilidad del proceso soldado y ejecutar mediante un proceso de doblez analizando si la soldadura es eficiente.

El ensayo de doblado se realizó acorde a la norma AWS D1.1 en donde se evidenció que los procesos de soldadura fueron aceptados para la ejecución del doblado en la probeta.

El ensayo de doblez permitió identificar un correcto proceso de soldadura para determinar las propiedades mecánicas del material ASTM A 36.

La junta soldada en el proceso de doblez soporto una presión de 50 ksi lo que indica que los procesos de soldadura efectuados en las juntas por los estudiantes tienen muy

buenas características y bajo el mismo protocolo se puede aplicar en la industria acorde a la norma AWS D1.1 para el acero ASTM A36.

El equipo construido permitió ejecutar el proceso de doblez en la junta soldadura en el cual permitió evidenciar la ductilidad del material

Referencias Bibliográficas

AWS D1.1, (2020). American Welding Society. *AWS D1.1/D1.1M:2020 - Structural Welding Code – Steel*. Miami, FL: American Welding Society.

ASTM, A. (2019). ASTM A36/A36M-19: Standard Specification for Carbon Structural Steel. ASTM International.

ASTM International. (2022). ASTM E290-22: Standard Test Methods for Bend Testing of Material for Ductility. *West Conshohocken, PA: ASTM International*.
<https://www.astm.org/e0290-22.html>

Altamirano, M. (2019). *Control de calidad en procesos de soldadura*. Editorial Técnica Universitaria.

DeGarmo, E., Black, J. y Kohser, R. (2012). *Materiales y procesos de manufactura* (10.^a ed.). México: Pearson Educación.

García, L. (2023). *Análisis de flexión en materiales soldados aplicando cargas estáticas*. *Revista Técnica Metalúrgica*, 18(2), 45–52

Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN), (2020). *Manual técnico de procedimientos en doblado de metales*. Quito, Ecuador: INEN.

Instituto Ecuatoriano de Normalización – INEN, (2023). *Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN – ASTM A36: Acero estructural y requisitos para ensayos de soldadura SMAW*. Quito, Ecuador.

Instituto Superior Tecnológico Tungurahua, (2024). *Guía de prácticas de laboratorio: Doblado de placas metálicas*. Ambato, Ecuador

Labrador, M. (2018). *Procesos de soldadura: teoría y aplicación práctica*. Editorial Marcombo.

López, R. (2012). *Manual práctico de soldadura: fundamentos y aplicaciones*. Limusa.

Martínez, R. (2022). *Ensayo de doblez por flexión en probetas ASTM A36*. Tesis de grado, Universidad Técnica de Ambato.

Metalinspec. (2021). *Guía técnica para ensayos mecánicos de soldaduras*. Quito: Editorial Técnica Ecuatoriana.

Paredes, J. (2014). *Estudio de los procesos de soldadura SMAW y GMAW sobre acero ASTM a 36, a-500 y su incidencia en las propiedades mecánicas en las juntas soldadas de la estructura de buses*. Ambato: Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica. Carrera de Ingeniería Mecánica.

Sánchez, C. (2022). *Crisoth Welding: Manual práctico de soldadura*. CRISOTH WELDING.

Smith, J. (2018). *Evaluación de soldaduras mediante ensayos de flexión*. *Revista Internacional de Ingeniería y Soldadura*, 25(3), 33–39.