



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
EXTENSIÓN LA MANÁ
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

“IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS PARA LA CARRERA DE ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI EXTENSIÓN LA MANÁ”.

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de Ingenieros Electromecánicos

Autores:

Quintana Romero Pablo Paul

Sánchez Vera Luis Adrián

Tutor:

M.Sc. Ing. Alcocer Salazar Francisco Saúl

LA MANÁ - ECUADOR
FEBRERO-2023

DECLARACIÓN DE AUDITORÍA

Nosotros Quintana Romero Pablo Paul con cedula de ciudadanía 0504059387 y Sánchez Vera Luis Adrián con cedula de ciudadanía 1205289091 declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: **“IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS PARA LA CARRERA DE ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI EXTENSIÓN LA MANÁ”**, siendo el Ing. Alcocer Salazar Francisco Saúl, M. Sc. tutor de la presente investigación; y eximio expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales; y eximio expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.



Quintana Romero Pablo Paul

C.I: 0504059387



Sánchez Vera Luis Adrián

C.I: 1205289091

AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS PARA LA CARRERA DE ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI EXTENSIÓN LA MANÁ. considero que dicho informe investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Honorable Consejo Académico de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación

La Maná, Febrero 2023



M.Sc. Ing. Alcocer Salazar Francisco Saúl

C.I: 0503066797

TUTOR


APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, los postulantes: Quintana Romero Pablo Paul con cédula 0504059387 y Sánchez Vera Luis Adrián con cedula 1205289091 con el título de Proyecto de Investigación “**IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS PARA LA CARRERA DE ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI EXTENSIÓN LA MANÁ**” han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación de proyecto.

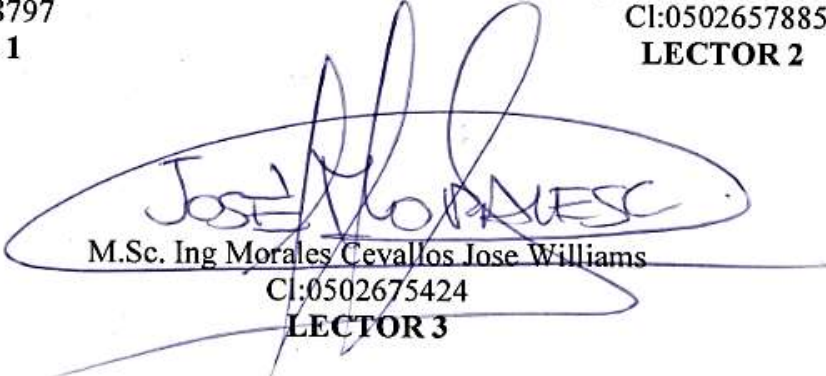
Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

La Maná, Febrero 2023

Para constancia firman:


PhD. Morales Tamayo Yoandrys
Ci: 1756958797
LECTOR 1


M.Sc. Hidalgo Osorio William Armando
Ci:0502657885
LECTOR 2


M.Sc. Ing Morales Cevallos Jose Williams
Ci:0502675424
LECTOR 3

AGRADECIMIENTO

“La excelencia en la vida no se calcula por la cantidad de éxitos si no por los obstáculos que se superas” Agradezco especialmente a Dios y a mis Padres por apoyarme y permitir cumplir unos de mis sueños más grandes.

De manera especial a mi tutor de tesis Ing. Alcocer Salazar Francisco Saul por brindar su conocimiento y apoyo, en la ejecución del trabajo de investigación.

A la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná al cubrir con el manto de conocimiento de las oportunidades cumpliendo con las expectativas de sabiduría para lograr este sueño.

Pablo

Luis

DEDICATORIA

El presente trabajo de grado va dedicado a Dios, quien como guía estuvo presente en el caminar de mi vida, bendiciéndome y dándome fuerzas para continuar con mis metas trazadas sin desfallecer. A mis padres que, con apoyo incondicional, amor y confianza permitieron que logre culminar mi carrera profesional.

Pablo

Luis

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI EXTENSIÓN LA MANÁ

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TÍTULO: “IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS PARA LA CARRERA DE ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI EXTENSIÓN LA MANÁ.”

Autores:

Quintana Romero Pablo Paul

Sánchez Vera Luis Adrián

RESUMEN

Este proyecto de investigación se basa en un estudio de un banco de pruebas de ensayos no destructivos en el laboratorio perteneciente a la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná. Los ensayos no destructivos (END) son técnicas no invasivas para determinar la integridad de un material, componente o estructura o para medir cuantitativamente características de un objeto. Estos ensayos no afectan a las propiedades, dimensiones y uso de las piezas ensayadas.

Los métodos de ensayo no destructivo se utilizan en la industria para evaluar la integridad y las propiedades de materiales o componentes sin dañar el objeto que se esté investigando. Los ensayos destructivos de materiales se utilizan para verificar que las propiedades de los materiales cumplan estas especificaciones de diseño, que a su vez suelen venir determinadas por las normas y los organismos reguladores.

A través de la implementación de esta técnica el banco de pruebas de ensayos no destructivos, los alumnos de la carrera de electromecánica adquirirán nuevos aprendizajes y efectuarán sus respectivas prácticas para se beneficien de forma real y práctica en la realización de inspecciones no destructivas y observen las facilidades que el equipo brinda para la detección de discontinuidades volumétricas de la pieza a inspeccionar, que resulta importante en la aplicación de los ensayos no destructivos para un buen control de calidad en la industria en general.

Palabras claves: END, Ensayos, Ultrasonido, volumétricas, Inspecciones y AWS D1.1

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
LA MANÁ EXTENSION
FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES

TOPIC: "IMPLEMENTATION OF A TEST BENCH FOR NON-DESTRUCTIVE TESTING FOR THE ELECTROMECHANICS DEGREE OF THE TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI LA MANÁ EXTENSION"

ABSTRACT

This research project is based on a study of a non-destructive testing test bench in the laboratory belonging to the La Maná Extension Technical University of Cotopaxi. Non-destructive testing (NDT) are non-invasive techniques to determine the integrity of a material, component or structure or to quantitatively measure characteristics of an object. These tests do not affect the properties, dimensions and use of the tested parts.

Non-destructive testing methods are used in the industry to assess the integrity and properties of materials or components without damaging the object under investigation. Destructive testing of materials is used to verify that the properties of materials meet these design specifications, which in turn are often determined by standards and regulatory bodies.

Through the implementation of this technique, the non-destructive testing test bench, the students of the electromechanical career will acquire new learning and carry out their respective practices to benefit in a real and practical way in carrying out non-destructive inspections and observe the facilities that the equipment offers for the detection of volumetric discontinuities of the piece to be inspected, which is important in the application of non-destructive tests for a good quality control in the industry in general.

Keywords: NDT, Tests, Ultrasound, volumetric, Inspections, AWS D1.1.

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que:

La traducción del resumen al idioma Inglés del proyecto de investigación cuyo título versa: **“IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS PARA LA CARRERA DE ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI, EXTENSIÓN LA MANÁ”**, presentado por **Quintana Romero Pablo Paul y Sánchez Vera Luis Adrián**, egresados de la Carrera de: **Ingeniería Electromecánica**, perteneciente a la **Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas**, lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al peticionario hacer uso del presente aval para los fines académicos legales.

La Maná, Febrero 2023

Atentamente,



Mg. Fernando Toaquiza
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC
CI: 0502229677

INDICE GENERAL

DECLARACIÓN DE AUDITORÍA	ii
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN	iv
AGRADECIMIENTO	v
DEDICATORIA.....	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
AVAL DE TRADUCCIÓN.....	¡Error! Marcador no definido.
INDICE GENERAL	x
INDICE DE FIGURAS	xiii
ÍNDICE DE TABLAS	xvi
INDICE DE ANEXOS	xvii
ÍNDICE DE ECUACIONES	xviii
1. INFORMACIÓN GENERAL.....	19
2. RESUMEN DEL PROYECTO.....	20
3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	21
4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO	22
5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN:.....	22
6. OBJETIVOS:	23
6.1 Objetivo General	23
6.2 Objetivos Específicos.....	23
7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS	24
8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA.....	25
8.1 Antecedentes	25
8.2 Fundamentación teórica	26
8.2.1 Técnicas y métodos de ensayos no destructivos.....	26
8.3 Ensayo por Ultrasonido.....	30
8.4 PRINCIPIOS ACUSTICOS BASICOS.....	33
8.4.1 El Sonido:	34
8.5 Generación del ultrasonido	37
8.5.1 Efecto magnetostrictivo	37
8.5.2 Efecto piezoeléctrico	38

8.5.3	Técnica pulso-eco.....	39
8.5.4	Tipos de ondas.....	40
8.6	Principio del Ultrasonido.....	41
8.7	Conceptos fundamentales para un ensayo con Ultrasonido.....	42
8.7.1	Impedancia acústica.....	42
8.7.2	Atenuación.....	43
8.7.3	Frecuencia (el Espectro).....	43
8.7.4	Efecto piezoeléctrico.....	43
8.7.5	Palpador.....	43
8.8	Aplicaciones del ensayo.....	48
8.8.1	Defectología.....	48
8.8.2	Caracterización.....	48
8.8.3	Metrología.....	48
8.9	Acero ATSM A588.....	48
8.9.1	Composición química.....	49
8.9.2	Propiedades de tensión mínimas del ASTM A588.....	49
8.10	Código ASME (Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos).....	49
8.11	Normas de referencia.....	50
8.11.1	ASTM A588/A588M-15.....	50
8.11.2	ASTM E797/E797M – 15.....	51
8.11.3	ANSI/AWS D1.1 - 15.....	53
8.12	Dimensionamientos de las probetas.....	53
8.12.1	Preparación del material.....	54
8.12.2	La soldadura en unión a tope en V.....	55
8.12.3	Identificación de las probetas soldadas.....	55
8.12.4	Medición de ancho de soldadura.....	57
8.12.5	Medición de longitud de soldadura.....	60
8.12.6	Mediciones de falta de fusión.....	62
8.13	Nombres de los principales componentes del instrumento.....	62
8.14	Calibración de la sonda de haz angular.....	63
8.14.1	Procedimientos de calibración.....	63
8.14.2	Pasos de operación.....	63
8.15	Procedimiento en la inspección de soldadura.....	67
8.15.1	Delimitación de la zona de barrido de la pieza.....	67
8.16	Características de discontinuidad.....	68
9.	PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS.....	70
10.	METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL.....	70

10.1	Tipos de investigación.....	70
10.1.1	Investigación bibliográfica	70
10.1.2	Investigación descriptiva	70
10.1.3	Investigación Formativa	71
10.1.4	Investigación de campo	71
11.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	71
11.1	Probeta W1 - Lado A	71
11.2	Probeta W1 - Lado B	74
11.3	Probeta W2.....	76
11.4	Probeta W3.....	77
11.5	Probeta W4.....	77
11.6	Probeta W5 - Lado A	78
11.6.1	Segunda discontinuidad del lado A	81
11.7	Probeta W5 - Lado B	83
11.7.1	Segunda discontinuidad del lado B	85
11.8	Probeta W6 - Lado A	88
11.9	Probeta W6 - Lado B	90
11.10	Probeta W7.....	92
11.11	Probeta W8 - Lado A	93
11.12	Probeta W8 - Lado B.....	96
11.13	Probeta W9 - Lado A	98
12.	IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES Y ECONÓMICOS).....	100
12.1	Impacto técnico	100
12.2	Impacto social	101
12.3	Impacto económico	101
13.	PRESUPUESTO GENERAL	101
14.	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	102
15.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	103
15.1	Conclusiones	103
15.2	Recomendaciones	104
16.	BIBLIOGRAFÍA	105
17.	ANEXOS	108

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Inspección por termografía infrarroja, visualización de defectos.	26
Figura 2. Inspección por Partículas magnéticas.	27
Figura 3. Inspección visual directa.	27
Figura 4. Inspección visual indirecta o remota en el monoblock de un motor.	28
Figura 5. Inspección por Ultrasonido.	28
Figura 6. Inspección por Radiografía digital	29
Figura 7. Inspección por Líquidos penetrantes (PT).	30
Figura 8. Inspección por Líquidos penetrantes utilizando luz ultravioleta.....	30
Figura 9. Principio de detención de discontinuidades mediante Ultrasonido UT	31
Figura 10. Inspección por ultrasonido con equipo Yut-2600	33
Figura 11. Onda sonora	35
Figura 12. Efecto Magnetoestrictivo	38
Figura 13. Efecto Piezoeléctrico.....	38
Figura 14. Técnica Pulso eco de contacto	40
Figura 15. Ondas longitudinales.....	41
Figura 16. Ondas transversales	41
Figura 17. Esquema eco-pulso.....	42
Figura 18. Componentes del palpador.....	44
Figura 19. Cabezales de contacto	44
Figura 20. Cabezales de Angulares	45
Figura 21. Microcabezales.....	45
Figura 22. Cabezal tipo brocha.....	46
Figura 23. Cabezales de inmersión.....	46
Figura 24. Cabezales de inmersión.....	47
Figura 25. Cabezales de rodillos.....	47
Figura 26. Simbología de soldadura típica unión a tope simple en V	54
Figura 27. Dimensionamientos de las probetas	54
Figura 28. Placas preparadas de 150 x 100 x 8 mm y 190 x 100 x 8 mm	55
Figura 29. Elaboración de las placas	55
Figura 30. Probetas W1, W2	56
Figura 31. Probetas W3, W4	56
Figura 32. Probetas W5, W6	56

Figura 33. Probetas W7, W8	56
Figura 34. Probeta W9.....	57
Figura 35. Medición del ancho del cordón de la probeta W1.....	57
Figura 36. Medición del ancho del cordón de la probeta W2.....	57
Figura 37. Medición del ancho del cordón de la probeta W3.....	58
Figura 38. Medición del ancho del cordón de la probeta W4.....	58
Figura 39. Medición del ancho del cordón de la probeta W5.....	58
Figura 40. Medición del ancho del cordón de la probeta W6.....	59
Figura 41. Medición del ancho del cordón de la probeta W7.....	59
Figura 42. Medición del ancho del cordón de la probeta W8.....	59
Figura 43. Medición del ancho del cordón de la probeta W8.....	60
Figura 44. Mediciones de longitud de cordón desde w1 - w9.....	61
Figura 45. Mediciones de falta de fusión en cordones de soldadura.....	62
Figura 46. Yut-2600	62
Figura 47. Bloque de prueba borde frontal de la sonda.....	64
Figura 48. Valor del borde frontal de la sonda en 11 mm.....	64
Figura 49. Calibración del cero de la sonda ha finalizado.....	65
Figura 50. Acople la sonda al bloque de prueba CSK-IA	66
Figura 51. Uso de una sonda debajo de K2	66
Figura 52. Calibrar el valor K automáticamente	66
Figura 53. Marcado de la placa soldada a tope.....	67
Figura 54. Inspección de la zona de barrido.....	68
Figura 55. Nivel de indicación de la discontinuidad en W1-A	72
Figura 56. Nivel de indicación de la discontinuidad en W1-B.....	74
Figura 57. Resultados del lado A y B de la probeta W2	76
Figura 58. Resultados del lado A y B de la probeta W3	77
Figura 59. Resultados del lado A y B de la probeta W4	78
Figura 60. Nivel de indicación de la discontinuidad en W5-A	79
Figura 61. Nivel de indicación de una segunda discontinuidad en W5-A	81
Figura 62. Nivel de indicación de la discontinuidad en W5-B.....	83
Figura 63. Nivel de indicación de una segunda discontinuidad en W5-B.....	86
Figura 64. Nivel de indicación de la discontinuidad en W6-A	88
Figura 65. Nivel de indicación de la discontinuidad en W6-B.....	90

Figura 66. Resultados del lado A y B de la probeta W7	93
Figura 67. Nivel de indicación de la discontinuidad en W8-A	94
Figura 68. Nivel de indicación de la discontinuidad en W8-B.....	96
Figura 69. Nivel de indicación de la discontinuidad en W9-A	98

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Beneficiarios del proyecto	22
Tabla 2: Actividades.	24
Tabla 3: Efecto Piezoeléctrico	39
Tabla 4: Cuadro de velocidades para diferentes metales	42
Tabla 5: Propiedades mecánicas del acero ASTM A588	49
Tabla 6: Composición química del acero ASTM A588	49
Tabla 7: Propiedades de tensión mínimas requeridas para un acero ASTM A588.	49
Tabla 8: Parámetros Técnicos del Ultrasonido	62
Tabla 9: Criterios de aceptación AWS D1.1	69
Tabla 10: Técnicas e instrumentos de la metodología.....	70
Tabla 11: Muestra de parámetros de la inspección en W1-A.....	71
Tabla 12: Muestra de parámetros de la inspección en W1-B	74
Tabla 13: Muestra de parámetros de la inspección en W2	76
Tabla 14: Muestra de parámetros de la inspección en W3	77
Tabla 15: Muestra de parámetros de la inspección en W4	78
Tabla 16: Muestra de parámetros de la inspección en W5-A.....	78
Tabla 17: Muestra de parámetros de la inspección en la segunda discontinuidad en W5-A ..	81
Tabla 18: Muestra de parámetros de la inspección en W5-B	83
Tabla 19: Muestra de parámetros de la inspección en la segunda discontinuidad de W5-B....	85
Tabla 20: Muestra de parámetros de la inspección en W6-A.....	88
Tabla 21: Muestra de parámetros de la inspección en W6-B	90
Tabla 22: Muestra de parámetros de la inspección en W7	93
Tabla 23: Muestra de parámetros de la inspección en W8-A.....	93
Tabla 24: Muestra de parámetros de la inspección en W8-B	96
Tabla 25: Muestra de parámetros de la inspección en W9-A.....	98
Tabla 26: Presupuesto.....	101
Tabla 27: Cronograma de actividades.	102

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Evidencias fotográficas del desarrollo del proyecto	108
Anexo 2: Hoja de vida del estudiante investigador del proyecto	109
Anexo 3: Hoja de vida del estudiante investigador del proyecto	110
Anexo 4: Hoja de vida del tutor del proyecto de investigación.....	111
Anexo 6: Norma para acero A588 - 15.....	119
Anexo 7: Norma E797 – 15 Práctica estándar para medir espesores mediante el método manual de contacto ultrasónico de pulso-eco.....	120
Anexo 8: Código AWS, criterios de aceptación.....	121
Anexo 9. Guía para prácticas de laboratorio	122
Anexo 10. Reporte Urkund.....	126

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Longitud del cordón de soldadura.....	60
Ecuación 2: Determinación de la zona de barrido.....	67
Ecuación 3: Fórmula estándar AWS D1.1.....	68
Ecuación 4: Factor de atenuación.....	68
Ecuación 5: La Proyección del Haz.....	68

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto:

Implementación de un banco de pruebas de ensayos no destructivos para la carrera de Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi extensión La Maná.

Fecha de inicio: 10 de Octubre del 2022

Fecha de finalización: 8 de Marzo del 2023

Lugar de ejecución:

Parroquia: La Maná

Cantón: La Maná

Provincia: Cotopaxi Zona 3

Unidad Académica que auspicia: Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas

Carrera que auspicia: Carrera de Ingeniería Electromecánica

Equipo de Trabajo:

Tutor del Proyecto: M.Sc. Ing. Alcocer Salazar Francisco Saúl

Autores: Sr. Quintana Romero Pablo Paul

Sr. Sánchez Vera Luis Adrián

Área de Conocimiento: Ingeniería, Industria y Construcción

Línea de investigación: Procesos Industriales

Sub líneas de investigación de la Carrera

Diseño, Construcción y mantenimiento de elementos, prototipos y sistemas electromecánicos

2. RESUMEN DEL PROYECTO

Este proyecto de investigación se basa en un estudio de un banco de pruebas de ensayos no destructivos en el laboratorio perteneciente a la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná. Los ensayos no destructivos (END) son técnicas no invasivas para determinar la integridad de un material, componente o estructura o para medir cuantitativamente características de un objeto. Estos ensayos no afectan a las propiedades, dimensiones y uso de las piezas ensayadas.

Los métodos de ensayo no destructivo se utilizan en la industria para evaluar la integridad y las propiedades de materiales o componentes sin dañar el objeto que se esté investigando. Los ensayos destructivos de materiales se utilizan para verificar que las propiedades de los materiales cumplan estas especificaciones de diseño, que a su vez suelen venir determinadas por las normas y los organismos reguladores.

A través de la implementación de esta técnica el banco de pruebas de ensayos no destructivos, los alumnos de la carrera de electromecánica adquirirán nuevos aprendizajes y efectuarán sus respectivas prácticas para se beneficien de forma real y práctica en la realización de inspecciones no destructivas y observen las facilidades que el equipo brinda para la detección de discontinuidades volumétricas de la pieza a inspeccionar, que resulta importante en la aplicación de los ensayos no destructivos para un buen control de calidad en la industria en general.

Palabras clave: END, Ultrasonido, volumétricas, Inspecciones y AWS D1.1

3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

La presente investigación está enfocada en la implementación de un banco de pruebas de ensayos no destructivos por ultrasonido, siendo este un aspecto fundamental para la formación de los estudiantes de la carrera de Electromecánica de la Universidad de Técnica de Cotopaxi extensión La Maná. Ya que este tipo de ensayo permiten evaluar la integridad y calidad de los materiales utilizados en la construcción y fabricación de estructuras y componentes, sin causar daños permanentes en ellos.

Dichos estudios se realizarán en el laboratorio de la carrera de Ingeniería Electromecánica con la ayuda un equipo de detección de fallas por ultrasonido, que mediante el comportamiento de la reflexión de las ondas acústicas se podrá visualizar y detectar la presencia de discontinuidades con su ubicación exacta. Con base a la norma ASTM E-797, los principios, las propiedades y las prácticas de ingeniería, estas técnicas son aplicables a cualquier tipo de material que permita la propagación constante de ondas ultrasónicas y que a su vez permita la captura y resolución de los reflejos generados por dichas ondas.(Yugcha y Paullan, 2013)

Los ensayos por ultrasonido son una herramienta importante para asegurar la seguridad y el correcto funcionamiento de estos componentes y estructuras, y su uso es ampliamente extendido en la industria. Por lo tanto, es esencial que los estudiantes de la carrera de Electromecánica estén familiarizados con su uso y aplicación.

Además, la implementación de un equipo de ensayos por ultrasonido permitirá a los estudiantes de la carrera de Electromecánica aplicar los conocimientos adquiridos en el aula a situaciones reales, y les brindará la oportunidad de experimentar con diferentes técnicas y equipos de ensayo. Esto les permitirá desarrollar habilidades prácticas y mejorar su comprensión de la materia.

En resumen, la implementación de un equipo para ensayos no destructivos por ultrasonido es crucial para asegurar que los estudiantes estén bien preparados para enfrentar desafíos y requerimientos profesionales en su carrera. Esto contribuirá a su formación como ingenieros capacitados y eficientes, y les proporcionará las habilidades necesarias para contribuir al desarrollo y crecimiento de la industria.

4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

Tabla 1: Beneficiarios del proyecto

Beneficiarios directos	Beneficiarios indirectos
Con este tipo de proyecto los docentes de la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná ofrecerá la excelencia y calidad al dictar las clases prácticas a sus estudiantes dando como resultado una preparación adecuada para un buen desenvolvimiento en el mundo laboral.	Aproximadamente unos 300 estudiantes de la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná.

Elaborado por: Los autores

5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN:

La falta de un banco de pruebas de ensayos no destructivos por ultrasonido con la finalidad de afianzar los conocimientos acerca de inspecciones de calidad y de integridad de materiales, hemos creído conveniente implementar un equipo de ultrasonido industrial que permita detectar discontinuidades volumétricas a través de pulsos de ultrasonido con Haz angular, y mediante el mismo los estudiantes de la Universidad Técnica de Cotopaxi extensión La Maná, se beneficien de forma real y práctica en la realización de inspecciones no destructivas y observen las facilidades que el equipo brinda para la detección de discontinuidades volumétricas de la pieza a inspeccionar, que resulta importante en la aplicación de los ensayos no destructivos para un buen control de calidad en la industria en general.

Este tipo de ensayo es muy importante puesto que su objetivo primordial es la detección de heterogeneidades internas en las mismas (grietas, inclusiones o poros), cuya presencia modifica las propiedades físicas del material. Estos fallos pueden afectar considerablemente a la vida útil del producto, provocando fracturas y roturas en el material que pueden dejarlo inutilizado o provocar accidentes durante su uso. Todo ello conlleva grandes pérdidas económicas en la industria. (Rodríguez C, 2012)

Cabe mencionar que, para la construcción de este banco de pruebas ultrasonido, se tomará referencia en normas (AWS D1.1, ASTM E797) las cuales fueron de guía como para la elaboración de los criterios de aceptación de las diferentes discontinuidades presentadas en el material usado del proyecto. Es necesario recalcar que el conocimiento de esta materia es muy importante puesto que hoy día se encuentra sumergido en varios campos de la industria para procesos de fabricación, mantenimiento y a la vez garantizar el control de calidad.

6. OBJETIVOS:

6.1 Objetivo General

- Implementar un equipo de pruebas por ultrasonido para conocer la integridad del material mediante inspecciones volumétricas detectando discontinuidades internas que no son visibles en la superficie de la pieza.

6.2 Objetivos Específicos

- Indicar los diferentes características del material utilizado como, propiedades de tensión mínima requerida y requerimientos químicos del acero ASTM A588
- Detallar el procedimiento de inspección con la norma ASTM-E797 Standard Practice for Measuring Thickness by Manual Ultrasonic Pulse-Echo Contact Method
- Determinar criterios de aceptación y rechazo del método de Ultrasonido.

7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

Tabla 2: Actividades.

Objetivo	Actividad (tareas)	Resultado de la actividad	Descripción de la actividad (técnicas e instrumentos)
Objetivo 1	Revisión bibliográfica de información de fuentes secundarias acerca del acero A588.	Recopilación de propiedades de tensión mínima requerida y requerimientos químicos del acero ASTM A588.	Recolección de toda información describir los requerimientos químicos y propiedades de tensión mínima del acero A588. Información bibliográfica
Objetivo 2	Investigación en libros, tesis y artículos sobre aceros de bajo contenido de carbono.	Elaboración del Procedimiento detallado sobre la norma ASTM-E797	Mediante una búsqueda bibliográfica se encontró la página de la ASTM y la norma requerida para posteriormente ser descrita.
Objetivo 3	Búsqueda de los diferentes criterios de aceptación y rechazo	Aplicación y Análisis de aceptación y rechazo ANSI/AWS D1.1, sección 6.	Descripción de los criterios de aceptación y rechazo según para conexiones no tubulares estáticamente cargadas.

Elaborado por: (Quintana y Sánchez, 2023)

8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

8.1 Antecedentes

El ultrasonido se originó en Alemania a principios de la década de 1930 y Mulhauser, Trost y Pohlman concluyeron que podría usarse para pruebas no destructivas. El principio se basaba en interceptar la energía ultrasónica a través de discontinuidades durante el paso del haz ultrasónico. Con el desarrollo de la tecnología y la ciencia, este dispositivo ultrasónico se ha desarrollado aún más para enfrentar los nuevos desafíos de la industria, especialmente el control de calidad de materiales, como ensayo y medida de espesores para la detección de discontinuidades en forjados internos de rotores de motores en la industria aeronáutica. (Romero y Proboste, 2013)

Los artesanos antiguos lo sabían mejor y usaban rutinariamente pruebas no destructivas. Una marca de la calidad de una pieza de cerámica es el sonido que hacen estos cuando se golpean correctamente, y para el oído de un alfarero experimentado, el sonido que indica la condición del producto. Este tipo de prueba se extendió más tarde al metal, por lo que el sonido que hacía la espada de Damasco era, para oídos experimentados, una indicación de lo buena que era en combate. (Hellier, 2003)

La rápida expansión del uso de métodos de evaluación no destructivos en la fabricación, la construcción, el mantenimiento y la investigación y el desarrollo básicos ha creado una gran demanda de profesionales, ingenieros y científicos con conocimientos en este campo y en áreas críticas de investigación. (Chen, 2007)

Actualmente hay al menos dos docenas de métodos de prueba no destructivos diferentes en uso. Sin embargo, el método de ultrasonido sigue siendo el más popular debido a su potencia, flexibilidad y relación entre costo – Resultados. (Chen, 2007)

8.2 Fundamentación teórica

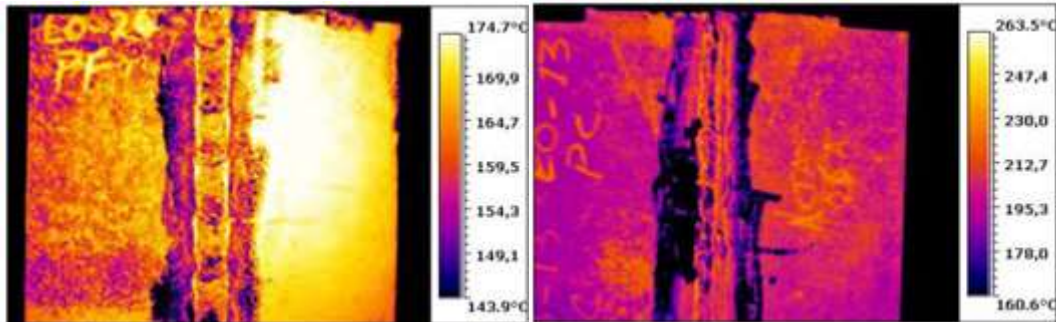
8.2.1 Técnicas y métodos de ensayos no destructivos

8.2.1.1 Termografía infrarroja

Esta es la ciencia de la medición y el mapeo de las temperaturas superficiales. El sistema de escaneo de termografía infrarroja mide y observa líneas de temperatura en función de las diferencias de calor en forma de imágenes termográficas y puede funcionar de día o de noche en una variedad de condiciones ambientales. (Francisco Javier Rodríguez Atienza, 2020)

La termografía infrarroja es un método para diagnosticar los equipos, piezas y componentes del sistema la cual mediante la obtención de una imagen térmica (diagrama de calor) de la distribución de temperatura basada en la radiación infrarroja emitida desde su superficie. (Pérez et al., 2013)

Figura 1. Inspección por termografía infrarroja, visualización de defectos.



Fuente: (Pérez et al, 2013)

8.2.1.2 Partículas Magnéticas

El funcionamiento de este método se basa en la utilización de un campo magnético que cuando existe presencia de una discontinuidad, las partículas forman un puente a través de estos materiales ferromagnéticos, razón por la cual signos tan claros como obvios acerca de las discontinuidades superficiales y subsuperficiales. (Serrano, 2018)

Este tipo de END se aplica para la detección de grietas cercanas a la superficie de los materiales ferromagnéticos. Comúnmente para observar campos magnéticos es usando partículas ferromagnéticas. Dicha técnica comprende en magnetizar el área que se va examinar y aplicar dichas partículas, de esta forma las partículas crearan patrones en las grietas. (Espinoza, 2019) Se basa en la acumulación de partículas de material ferromagnético por campos marginales que

crean estas discontinuidades en el material previamente magnetizado. Por esta razón, solo se pueden estudiar materiales altamente permeables (ferromagnéticos), generalmente aceros, pero no aluminio, cobre, zinc o aceros inoxidables austeníticos. (Wikipedia, 2022)

Figura 2. Inspección por Partículas magnéticas.



Fuente: (tuv-nord, 2011)

Se aplica bajo intensidad de luz ambiental y a baja intensidad con luz UV a una longitud de onda máxima de 365 nm, donde el amarillo y el verde son más sensibles.

8.2.1.3 Inspección visual (VT), Técnica directa

Este método representa el primer método de inspección aplicado por cualquier persona a cualquier material, pieza o componente fabricado con el fin de evaluar si un bien, componente o servicio se ajusta a los requisitos de construcción, montaje, mantenimiento u operación del producto previsto, evaluando la aceptabilidad de acuerdo con varios códigos y estándares aplicables.

Figura 3. Inspección visual directa.



Fuente: (Isotec, 2017)

8.2.1.4 Inspección visual (VT), Técnica indirecta o remota.

En la inspección visual indirecta o remota se incluye dispositivos adicionales que ayudan al ojo humano a realizar las inspecciones en lugares inaccesibles para el inspector. Se utilizan dispositivos como espejos, videoscopios, fibroscopios y endoscopios. (Olympus, 2019)

Figura 4. Inspección visual indirecta o remota en el monoblock de un motor.



Fuente: (Gti, 2019)

8.2.1.5 Ultrasonido (UT)

Este es un método de inspección de volumen de un material, que se basa en el paso de una señal eléctrica emitida por un dispositivo que pasa a través de una pieza de vidrio, que es un material piezoeléctrico, que se convierte en un impulso mecánico y esta vibración mecánica se propaga. A través del material, busca el borde o la pared trasera, y la señal de retorno le indicará el volumen del material que se está inspeccionando. Las aplicaciones incluyen la medición del espesor, la detección de defectos de soldaduras, la determinación de las propiedades del material y la caracterización de los materiales.

Figura 5. Inspección por Ultrasonido.



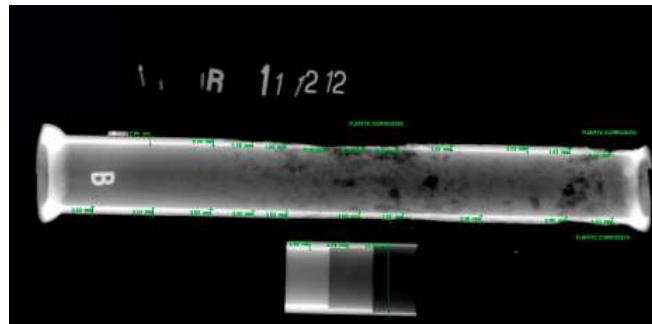
Fuente: (Catec, 2019)

8.2.1.6 Radiografía Digital

Este es un método de inspección en el que un objeto se expone a rayos X o rayos gamma para procesar la imagen y mostrarla digitalmente. En este método de inspección, el personal compone, expone, procesa e interpreta la imagen de acuerdo con los requisitos del código o las especificaciones escritas. (Ospina, 2011)

Se utiliza para hallar características de una región de un material, comparando con una región vecina. Cuando existen diferencias grandes son detectadas más fácilmente, las radiografías solo pueden detectar aquellas características distintivas de un área que muestra un cambio en el grosor, en un plano paralelo a la dirección del haz de radiación. (Ospina, 2011)

Figura 6. Inspección por Radiografía digital.



Fuente: (scisa, 2016)

8.2.1.7 Líquidos penetrantes (PT)

Este es un método de inspección de superficies basado en el principio de capilaridad, y consta básicamente de tres etapas: La limpieza, utilización del líquido penetrante y aplicación de revelador. Esto le permite determinar el lugar donde se encuentran las discontinuidades que están abiertas superficialmente.

Consiste en aplicar sobre la superficie a examinar un líquido coloreado o fluorescente, que penetra en cualquier posible rotura por capilaridad. Pasado un tiempo se retira el exceso de líquido y se procede a aplicar un revelador que absorbe el líquido que penetro en la discontinuidad. (Wikipedia, 2021)

Los líquidos penetrantes exhiben un alto grado de discontinuidad y hacen que las pruebas dependan menos del elemento humano. Esto hace que el método sea más adecuado para los sistemas de producción y hace que la velocidad de inspección sea más fiable. (Ospina, 2011)

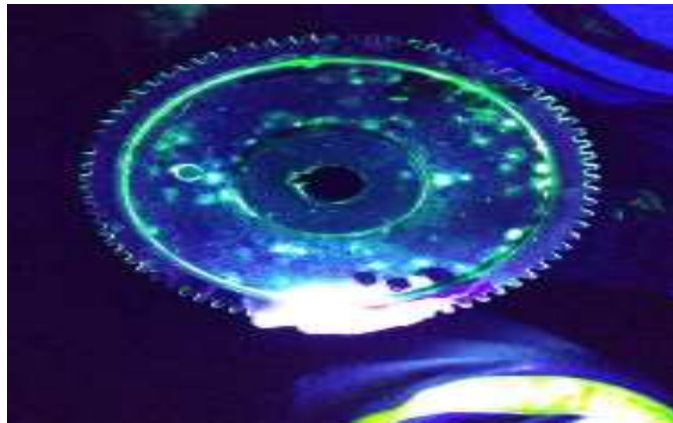
Figura 7. Inspección por Líquidos penetrantes (PT).



Fuente: (Petropatagonia, 2021)

Su uso está destinado en ambientes visibles y ultravioleta, teniendo estos últimos un nivel de sensibilidad dependiendo del tamaño de la pantalla vista.

Figura 8. Inspección por Líquidos penetrantes utilizando luz ultravioleta.



Fuente: (Rojas, 2018)

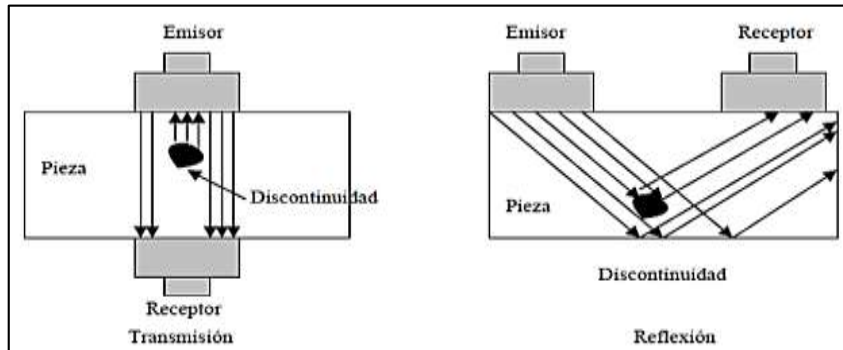
8.3 Ensayo por Ultrasonido

Este tipo de ensayo no destructivo se basa en medir la propagación del sonido en los medios que componen el componente a analizar y puede aplicarse a todo tipo de materiales. Debido a su diferente tecnología, se puede utilizar en dos áreas de inspección no destructiva siendo estas el Control de calidad y el de mantenimiento preventivo, este último se especializa en la precisión de identificar pequeñas grietas por fatiga. (Araque de los Rios, 2015)

La inspección ultrasónica se basa en el siguiente postulado: las ondas ultrasónicas se transmiten y propagan dentro de una pieza hasta que se reflejan; las ondas ultrasónicas reflejadas en el receptor brindan información sobre su trayectoria; información proporcionada basada en la

cantidad de energía reflejada por la onda ultrasónica y la distancia recorrida por la onda ultrasónica. (Romero y Proboste, 2013)

Figura 9. Principio de detección de discontinuidades mediante Ultrasonido UT



Fuente: (Romero y Proboste, 2013)

Las pruebas por ultrasonido permiten la medición del espesor real durante el funcionamiento, de la película protectora, de la pintura, del espesor del revestimiento, como la ubicación y medición de defectos internos como microfisuras, segregación y poros. Estos son especialmente útiles cuando se inspeccionan soldaduras. Estas pruebas se basan en la aplicación de ultrasonidos los cuales generan vibraciones mecánicas a frecuencias superiores a los 20.000 ciclos por segundo, superando los límites o umbrales de la audición humana. La frecuencia ultrasónica más común es de 10^5 a 10^7 ciclos por segundo y los cuales se propaga linealmente, logrando atravesar varios metros de espesores de acero. (Carvajal y Romero, 2011)

La gran mayoría de estos errores se muestran comúnmente en un osciloscopio, pero dado que esto no brinda una imagen concreta del error, los resultados de esta prueba constituyen información subjetiva en lugar de un documento objetivo. Por lo tanto, es necesario tener un conocimiento profundo de los conceptos básicos del método y adquirir las habilidades y técnicas por parte del operador.

Si tomas un sólido aquí y creas una turbulencia en él, generará una excitación dentro de sus moléculas, que propagarán una onda a través del sólido hasta sus extremos. Esta onda se puede investigar a cualquier distancia de la fuente. Este tipo de onda puede ocurrir en cualquier medio elástico. Cabe señalar que las ondas solo provocan la propagación de energía y mas no de materia. Esto se debe a la unión de partículas en el medio en el que viaja la onda.

El sonido se propaga a través del movimiento de moléculas unidas elásticamente. Por tanto, la

impedancia acústica se define como la resistencia que tiene el medio a la propagación de las ondas y es el resultado de multiplicar la velocidad de propagación de las ondas del medio por la densidad del mismo. Por tanto, un material con baja impedancia acústica significa menos resistencia a la deformación elástica debida a las ondas sonoras. La impedancia acústica determina la reflexión y transmisión acústica en la interfaz entre dos materiales con diferentes características. (Rimoldi y Mundo, 2012)

La disminución de la amplitud de las ondas es alta para gases y moderada para líquidos. Debido a que la propagación y comportamiento de los ultrasonidos son de naturaleza ondulatoria, la dimensión de propagación de la onda debe ser superior a la mitad de la longitud de onda para que esta técnica detecte roturas o defectos. Solo en este caso las ondas pasarán de manera confiable y se manifestara como un cambio de la intensidad sónica medida. Por tanto, el umbral de detección está determinado principalmente por la frecuencia de las ondas ultrasónicas que se utilizan, y su efecto es prácticamente exclusivo en este aspecto. (Pérez, 2013)

Las velocidad de propagación varían mucho dependiendo de si el medio es gas, líquido o sólido. Por lo tanto, el ultrasonido cambia repentinamente en la transición de un medio a otro. Esto proporciona otra razón para usar ultrasonido. Al igual que las ondas de sonido y las ondas de luz, las ondas ultrasónicas son susceptibles a los fenómenos de reflexión, refracción y difusión, pudiendo utilizarse para la investigación de materiales. (Romero y Proboste, 2013)

Cuando se inventó este método, se medía la disminución de la intensidad de la energía acústica a medida que las ondas ultrasónicas atravesaban el material, por lo que era necesario utilizar un transmisor y un receptor. Actualmente se utiliza un único dispositivo que actúa como emisor y receptor, en función de las características del sonido reflejado al incidir en una interfaz acústica. Los dispositivos de ultrasonido en la actualidad permiten la detección de discontinuidades superficiales, subsuperficiales e internas, según el tipo de palpación utilizada y la frecuencia seleccionada. (Rimoldi y Mundo, 2012)

El ultrasonido es generado por vidrio piezoeléctrico o cerámica llamados transductores, los cuales tienen la propiedad de convertir la energía eléctrica en energía mecánica y viceversa. Si se aplica una corriente eléctrica al transductor, éste vibrará a frecuencias elevadas y emitirá ondas de ultrasonido. Durante la prueba, la vibración producida por un transductor es absorbida por el material en cuestión, lo que resulta en una disminución en la amplitud de la señal de sonido a medida que se mueve a través del material. Cuando el haz de sonido llega al límite del

material, es reflejado y recibido por otro transductor. La señal se filtra, amplifica y se envía a un osciloscopio para su análisis. (Rimoldi y Mundo, 2012)

Los ultrasonidos son oscilaciones mecánicas que se propagan en medios elásticos a través de ondas similares al sonido, pero que se encuentran en una frecuencia superior a los 20 kHz, lo que significa que están fuera del rango audible para los seres humanos. (Rimoldi y Mundo, 2012)

Se pueden agrupar los sonidos en tres categorías en función de su frecuencia:

Infrasónicos (frecuencia menor a 16 Hz),

Sonoros (frecuencia entre 16 Hz y 20 kHz)

Ultrasónicos (frecuencia mayor a 20 kHz).

En la industria, el uso del ultrasonido se extiende a un rango de frecuencia que va desde los 0.5 MHz hasta los 25 MHz. Aunque es posible lograr frecuencias más elevadas, esto dependerá de la capacidad de transmisión y recepción de ondas de alta frecuencia. El fundamento físico que sustenta el empleo de la técnica de ultrasonido como método de ensayo no destructivo se basa en la propagación de una señal de sonido ultrasónico a una velocidad constante a través del material. (Castillo y Inostroza, 2013)

Figura 10. Inspección por ultrasonido con equipo Yut-2600



Fuente: (Quintana y Sánchez, 2023)

8.4 PRINCIPIOS ACUSTICOS BASICOS

Para lograr una comprensión óptima de los ultrasonidos, es necesario conocer varios elementos físicos de la acústica.

8.4.1 El Sonido:

Se produce a través de la vibración mecánica de una masa de partículas en un medio, en donde las partículas oscilan alrededor de un punto fijo a la misma frecuencia que las ondas sonoras generadas. Las partículas del medio reaccionan ante la energía que se disipa por las ondas, aunque no se mueven junto con ellas. Es decir, la energía de la onda se transmite a través del material gracias a la acción de sus partículas. (Castillo y Inostroza, 2013)

Se requiere un medio de transmisión para que el sonido se propague, ya que no se transmite en el vacío. Por lo tanto, para generar sonido, se necesita una fuente de vibración mecánica y un medio elástico (sólido, líquido o gas) a través del cual se propaga la perturbación. El aire es el medio de transmisión más común para el sonido. La velocidad del sonido en el aire es de unos 343 m/seg a una temperatura de 20°C (293 Kelvin). (Castillo y Inostroza, 2013)

- **Sonido Continuo:** Ocurre cuando la duración de un sonido es mayor que el tiempo de vibración de una onda.
- **Sonido de impulso:** Este sonido se caracteriza por tener un tiempo de oscilación sustancialmente igual a la duración, teniendo una pausa entre cada pulso. El sonido de impulso se utiliza en aplicaciones de tecnología ultrasónica.

8.4.1.1 Cualidades del sonido:

Se puede caracterizar el sonido mediante tres atributos principales:

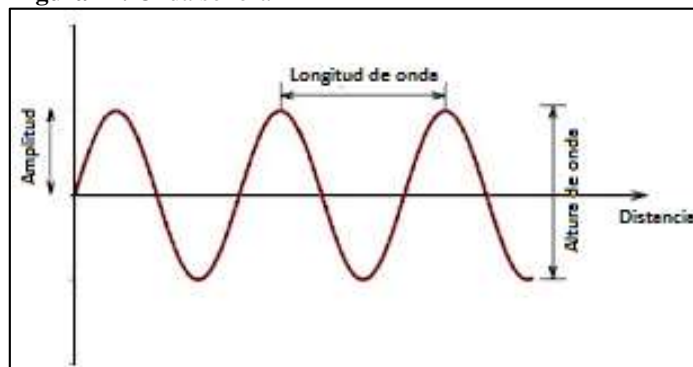
- **Intensidad:** se refiere a la cantidad de energía que una partícula del medio está vibrando. La amplitud de una onda sonora está relacionada directamente con su fuerza, lo que significa que cuanto mayor sea la energía, más fuerte será el sonido.
- **Tono:** hace referencia a la cualidad del sonido que permite diferenciar entre los sonidos agudos y los graves. Esto depende de las frecuencias más altas o más bajas presentes en la onda sonora. Si la frecuencia es alta, el sonido será agudo, y si la frecuencia es baja, el sonido será grave.
- **Timbre:** es una propiedad del sonido que permite diferenciar entre sonidos que pueden tener la misma intensidad y tono, pero que son producidos por diferentes fuentes. El timbre se ve afectado por las propiedades particulares del medio que genera el sonido.

8.4.1.2 Onda sonora.

El medio debe ser perturbado o vibrado por la presencia de ondas sonoras. Se pueden considerar principalmente como ondas longitudinales las ondas sonoras en gas y líquidos. Pero, la perturbación del sonido que viaja a través de un sólido puede contener componentes tanto verticales como horizontales. Cuando hablamos de ondas de sonido, hablamos de vibración, movimiento alternativo de forma ordenada. (Castillo y Inostroza, 2013)

Se puede describir un ciclo como el movimiento completo de una partícula desde el punto "0" hasta su desplazamiento máximo en una dirección, luego de vuelta al punto "0" y hacia su desplazamiento máximo en la dirección opuesta y finalmente de regreso al punto "0" nuevamente (Figura 11). El número de ciclos completados en un segundo es conocido como frecuencia, mientras que el tiempo que toma en completar un ciclo es conocido como periodo, y ambos conceptos están relacionados entre sí. (Castillo y Inostroza, 2013)

Figura 11. Onda sonora



Fuente: (Castillo y Inostroza, 2013)

Las Características fundamentales de una onda son:

- **Periodo:** El periodo es el lapso que tarda una partícula en realizar una oscilación completa y se representa con la letra T. Esta magnitud está inversamente relacionada con la frecuencia de la onda sonora.
- **Frecuencia:** La frecuencia se refiere al número de vibraciones que ocurren por unidad de tiempo y distingue entre ondas ultrasónicas y sonido.
- **Amplitud:** La amplitud es el desplazamiento máximo que una partícula experimenta a lo largo del eje vertical durante la vibración, comenzando desde la posición de equilibrio en el punto "0".

8.4.1.2.1 Longitud de onda

Es la distancia entre dos puntos en una onda en la que las partículas están en el mismo estado de movimiento. La frecuencia de la onda ultrasónica y la longitud de onda están inversamente relacionadas. El período y la longitud de onda están relacionados, ya que el período es el tiempo que tarda una partícula en viajar una longitud de onda completa. Las relaciones mencionadas se pueden aplicar a cualquier tipo de onda. (Romero y Proboste, 2013)

8.4.1.2.2 Atenuación o amortiguación de onda

Se conoce como atenuación a la disminución continua de la amplitud de una oscilación causada por la conversión de la energía de la oscilación en calor, a medida que esta atraviesa un medio. La fricción disminuye la intensidad de la energía aplicada y la atenúa en diferentes grados dependiendo del material en cuestión. En el ensayo no destructivo de ultrasonido utilizando el método Pulso-Eco de contacto, el nivel del eco está directamente relacionado con la presión acústica y la atenuación se puede medir mediante la pérdida de presión acústica en la señal a medida que aumenta la distancia de propagación. (Gutiérrez, 2013)

8.4.1.2.3 Dispersión

La propagación de una onda sonora varía en función del material por el que se transmite, ya que este puede ejercer una mayor o menor resistencia a su paso. Esta resistencia depende de diferentes factores como la concentración, estructura, orientación de las fibras, porosidad, tamaño de las partículas y cambios en la estructura atómica del material, ciertos factores de modificar la amplitud, dirección y frecuencia de la señal de onda. (Gutiérrez, 2013)

8.4.1.2.4 Velocidad de propagación

La velocidad a la que se mueven las ondas ultrasónicas a través de un medio depende de la densidad y la elasticidad a tracción del mismo. Esta velocidad se mantiene constante en todo el sólido, lo que permite la propagación de las ondas de manera uniforme. En términos generales, la velocidad del sonido se define como la distancia que recorre una onda a través del medio en una unidad de tiempo. (Rimoldi y Mundo, 2012)

Las velocidades de las ondas longitudinales y transversales también se ven afectadas por las propiedades del material. Por ejemplo, el acero SAE1020 tiene una velocidad longitudinal de $5,89 \times 10^5$ cm/s y transversal $3,24 \times 10^5$ cm/s. (Rimoldi y Mundo, 2012)

Entonces, se puede deducir que la velocidad de las ondas sonoras no se ve afectada por la amplitud o frecuencia, pero sí depende del medio a través del cual se propagan. En cuanto a las ondas transversales, su velocidad es la mitad de la velocidad de las ondas longitudinales.

8.4.1.2.5 Presión acústica.

En sitios con alta densidad de partículas, la presión también es más alta que la presión normal, pero en sitios expandidos es más baja. Un manómetro microscópico colocado en un campo de ondas elásticas lee presiones altas y bajas alternativamente según una secuencia periódica. Esta presión alterna es la presión del sonido. Ocurre no solo en gases sino también en líquidos y sólidos. La desviación máxima de la presión normal (en ausencia de ondas de sonido) se denomina "amplitud de presión acústica" y está estrechamente relacionada con la amplitud de oscilación. (Castillo y Inostroza, 2013)

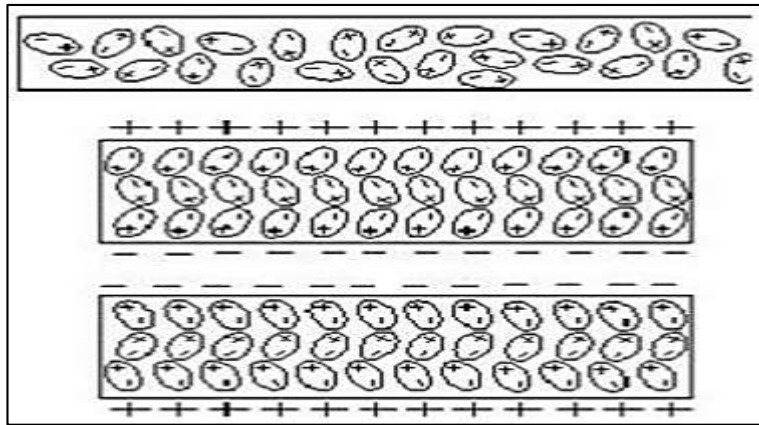
8.5 Generación del ultrasonido

Procesos que pueden utilizar fenómenos físicos para convertir energía magnética en energía mecánica y viceversa (efecto magnetoestrictivo), y energía mecánica en energía eléctrica y viceversa (efecto piezoeléctrico). (Rimondi y Mundo, 2012)

8.5.1 Efecto magnetoestrictivo

Aprovecha las propiedades de los materiales ferromagnéticos (particularmente el níquel, y del acero) para cambiar de forma cuando se someten a las influencias del campo magnético, el estiramiento longitudinal y la contracción transversal. Este efecto se crea cuando se aplica un voltaje, las moléculas tienden a alinearse en la dirección del campo eléctrico, lo que resulta en un aumento del espesor, Además, las piezas vuelven a disminuir y aumentar, si el voltaje utilizado cambia a medida que cae el voltaje, la pieza regresaría a su espesor normal. Si polarizas una molécula de forma opuesta de espesor, vuelve a cero y así se generan las vibraciones. (Gutiérrez, 2013)

Figura 12. Efecto Magnetoestrictivo

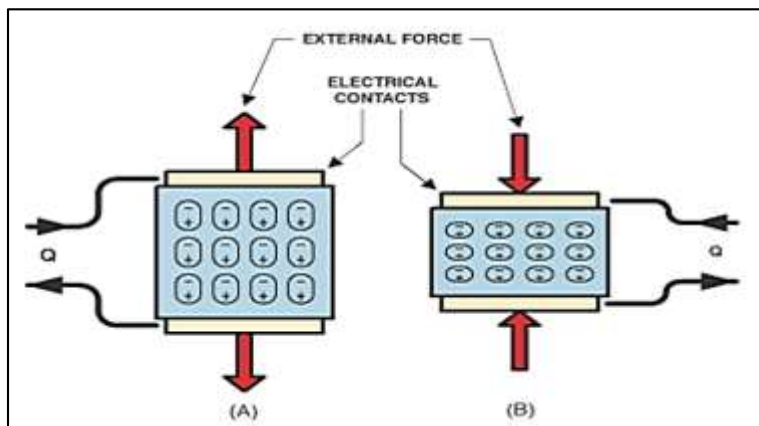


Fuente:(Gutiérrez, 2013)

8.5.2 Efecto piezoeléctrico

Este efecto se basa en ciertos cristales naturales como el cuarzo o sintéticos (titanato de bario, sulfato de litio) que tienen la propiedad de generar una carga eléctrica en su superficie cuando se les aplica una fuerza de tracción o compresión. Al invertir la dirección del esfuerzo la carga cambiara de signo, es decir, si a la superficie del cristal se aplica una carga, dependiendo del signo de la carga este expandirá o se contraerá. Dado que este fenómeno es recíproco, se puede generar vibración mecánica aplicando un campo eléctrico. La figura 13 muestra el efecto piezoeléctrico. (Rimoldi y Mundo, 2012)

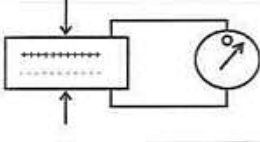
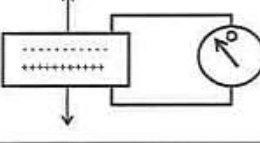
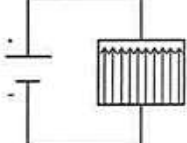
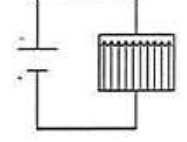
Figura 13. Efecto Piezoeléctrico



Fuente: (Rimoldi y Mundo, 2012)

8.5.2.1 Los efectos Piezoeléctricos más comunes se mencionan en la siguiente tabla

Tabla 3: Efecto Piezoeléctrico

Tipo	Causa	Esquema	Efecto
Efecto piezoeléctrico directo	Cristal sujeto a presión		Corriente eléctrica positiva
	cristal sujeto a tensión		Corriente eléctrica negativa
Efecto piezoeléctrico indirecto	Corriente eléctrica positiva aplicada a la superficie		Dilatación del cristal del cristal
	Corriente eléctrica negativa aplicada a la superficie		Contracción del cristal del cristal

Fuente: (Díaz, 2013)

8.5.3 Técnica pulso-eco

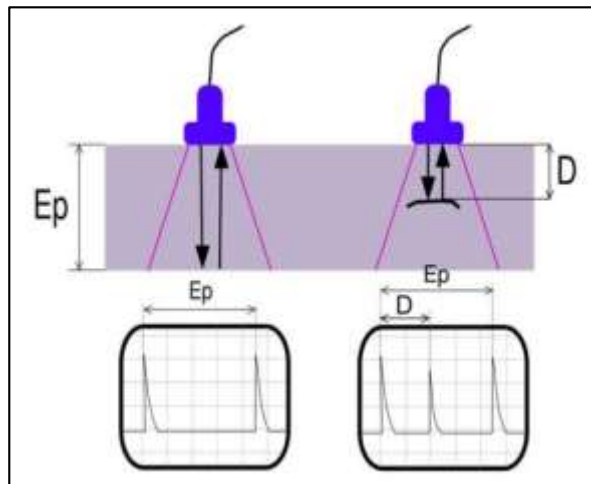
Este enfoque se basa en el uso de ecos de sonido para detectar imperfecciones. Un cabezal piezoeléctrico realiza funciones de transmisor y receptor en este método. Dado que la señal recibida es significativamente más débil que la señal emitida, se utilizan pulsos de sonido en lugar de una señal continua. Un impulso eléctrico breve crea una onda de ultrasonido analógico que se propaga a través del material. Mientras la onda aún está en movimiento, es detectada por el mismo oscilador y se prepara para su recepción. (Medina, 2015)

Las ondas atraviesan el material hasta que se produce una reflexión total o parcial en la interfaz. Si la dirección de la onda y la superficie reflectante son perpendiculares, la onda reflejada regresará en su dirección original y, eventualmente, se convertirá en un impulso eléctrico en el oscilador. Sin embargo, no toda la energía que regresa se vuelve a convertir, sino que una pequeña parte del sonido atraviesa el componente dos veces debido a los nuevos reflejos que se producen en la interfaz entre el cabezal y la superficie del componente. (Rosa et al., 2009)

La profundidad de la falla se lo puede conocer a partir de la diferencia de tiempo que existe entre el eco emitido por la falla y el eco de la superficie del respaldo. Se pueden estimar las dimensiones de los defectos al comparar la amplitud de las señales de sonido reflejadas desde una interfaz de tamaño conocido o mediante el uso de una pieza de respaldo que no tenga defectos como referencia. (Rimoldi y Mundo, 2012)

La figura 14 representa el método de contacto de pulso-eco:

Figura 14. Técnica Pulso eco de contacto



Fuente: (Rimoldi y Mundo, 2012)

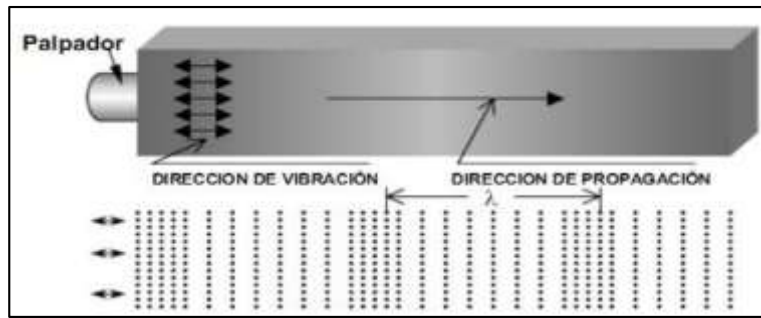
8.5.4 Tipos de ondas

Se puede decir que los elastómeros pueden detectar o responder a la propagación de ondas sonoras. Existen tipos de ondas que se caracterizan velocidad, energía y dirección de transporte, las cuales están relacionadas con la orientación de la vibración de las partículas en relación con la dirección en la que se propaga la onda. Algunas de las ondas utilizadas en ultrasonido son:

8.5.4.1 Longitudinales

Se puede definir las ondas longitudinales como aquellas en las que el movimiento de las partículas del medio de propagación es paralelo a la dirección en la que se mueve la onda, lo cual se puede visualizar en la figura 15. Estas ondas se pueden propagar en cualquier tipo de medio, incluyendo sólidos, líquidos y gases, y son relativamente fáciles de crear y detectar. Además, es posible enfocarlas y dirigirlas con alta velocidad y precisión. (Gutiérrez, 2013)

Figura 15. Ondas longitudinales

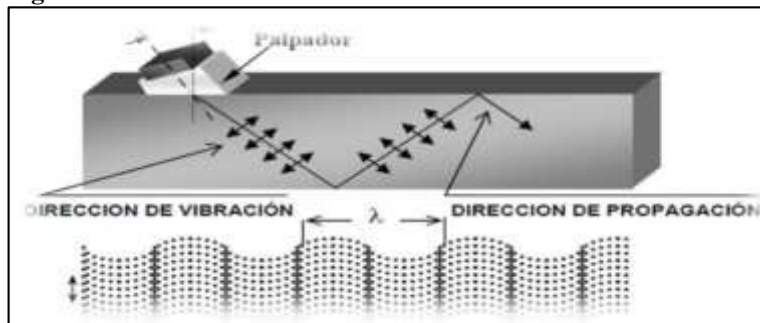


Fuente: (Gutiérrez, 2013)

8.5.4.2 Transversales

Se denominan ondas transversales a aquellas en las que el desplazamiento de las partículas es perpendicular a la dirección en la que se propaga la onda, tal y como se muestra en la Figura 16. Estas ondas solo pueden propagarse en medios sólidos, ya que en medios líquidos y gaseosos no hay resistencia a los esfuerzos de corte. (Gutiérrez, 2013)

Figura 16. Ondas transversales



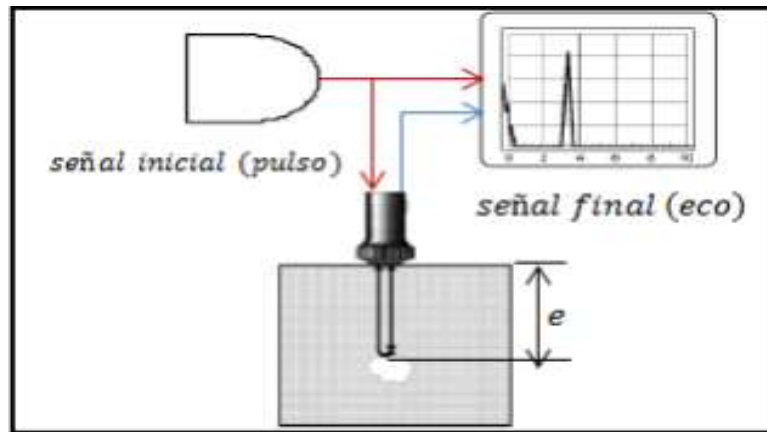
Fuente: (Gutiérrez, 2013)

8.6 Principio del Ultrasonido

Para generar ondas ultrasónicas se necesita un transductor piezoeléctrico que convierte una señal eléctrica en sonido y viceversa. Este transductor es un oscilador de cristal piezoeléctrico montado en una carcasa resistente al agua que permite la conexión eléctrica a un generador o transmisor-receptor de pulsos (modo eco de impulsos). (Castillo y Inostroza, 2013)

Cuando se transmite una señal, el cristal recibe un pulso corto de energía eléctrica de alto voltaje que lo deforma cambiando rápidamente su geometría y emitiendo altas frecuencias. Cuando se recibe una señal, las ondas ultrasónicas o ecos que regresan a través del camino acústico comprimen el vidrio para producir la señal, que es amplificada y procesada por el receptor. Los pulsos generados y recibidos por el transductor deben estar acoplados acústicamente al material bajo inspección, como se muestra en la figura 17. (Castillo y Inostroza, 2013)

Figura 17. Esquema eco-pulso



Fuente: (Castillo y Inostroza, 2013)

8.7 Conceptos fundamentales para un ensayo con Ultrasonido

8.7.1 Impedancia acústica

Se puede entender la impedancia acústica como la oposición que encuentra una onda sonora para propagarse a través de un medio. Esta oposición está determinada por la densidad del material y la velocidad de la onda en ese medio. Si un material tiene una baja impedancia acústica, significa que opone menos resistencia a la deformación elástica causada por las ondas sonoras. (Mercado y Quevedo, 2012)

Importancia de la impedancia acústica:

- Analizar la transmisión y reflexión de ondas sonoras en la superficie de contacto entre dos materiales que tienen propiedades diferentes.
- Para diseñar cabezales ultrasónicos para llevar a cabo la medición.
- Evalúan las capacidades de absorción acústica del medio utilizado.

Tabla 4: Cuadro de velocidades para diferentes metales

MATERIAL	DENSIDAD (g/cm ³)	VELOCIDAD LONGITUDINAL (m/s)	VELOCIDAD DE CORTE (m/s)
Acero	7.8	5850	3230
Aire	0.001	330	--
Aluminio	2.7-2.8	6250-6350	3100
Bronce	8.86	3530	2230
Oro	19.3	3240	1200
Cuarzo	2.65	5736	--
Plata	10.5	3600	1590
Titanio	4.54	6100	3120
Zinc	7.1	4170	2410

Fuente: (Castillo y Inostroza, 2013)

Elaborado por: (Quintana y Sánchez, 2023)

8.7.2 Atenuación

Esta es una caída en el nivel de la señal a medida que pasa a través de un elemento. La intensidad de la energía aplicada disminuye con el grosor del material y decae en diversos grados según el tipo de material, la amortiguación se fundamenta en la interrelación entre la densidad, dureza, viscosidad y estructura molecular. La atenuación de un material en particular generalmente aumenta con la frecuencia y se mide en decibelios, pero también se puede medir como un porcentaje. El principal mecanismo de atenuación de las ondas es la absorción, que retiene la energía y la convierte en calor.

8.7.3 Frecuencia (el Espectro)

Todos los materiales tienden a actuar en cierta medida como filtro del paso de las ondas, ya sea por atenuación o por dispersión. Las ondas sonoras vibran a una frecuencia determinada, es decir, la cantidad de ciclos o vibraciones que ocurren por segundo. Mientras que el oído humano puede reconocer frecuencias de hasta aproximadamente 20 000 ciclos por segundo (20 KHz), la mayoría de las aplicaciones ultrasónicas utilizan frecuencias de 500 000 a 10 000 000 ciclos por segundo (500 KHz a 10 MHz). Las altas frecuencias son ineficientes en el aire y otros gases, se mueven libremente en la mayoría de los líquidos y materiales artificiales.

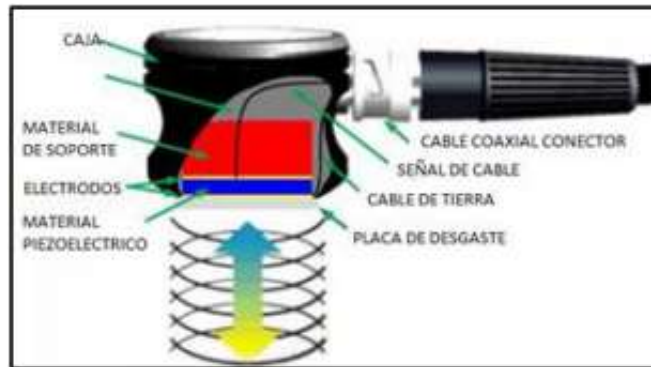
8.7.4 Efecto piezoeléctrico

Una parte importante del principio de las pruebas ultrasónicas no destructivas es este efecto utilizado casi universalmente, este es básicamente un material de polarización (las moléculas están cargadas positivamente en una parte y negativamente en otra) con electrodos unidos a sus lados opuestos. La aplicación de un campo eléctrico en un material produce la polarización de las moléculas, lo que a su vez induce la formación de dipolos en la estructura cristalina. La alineación resultante de las moléculas produce un cambio de tamaño en el material, conocido como electrostricción.

8.7.5 Palpador (Transductor)

El transductor de ultrasonido incluye un componente piezoeléctrico que transforma una señal eléctrica en vibración mecánica (emisión) y la vibración mecánica en energía eléctrica (recepción). El comportamiento del cabezal se ve afectado por diversos factores, como el diseño eléctrico y mecánico. Entre los parámetros mecánicos se encuentran las superficies de radiación, el autoamortiguamiento, la encapsulación, las conexiones, entre otros.

Figura 18. Componentes del palpador



Fuente: (Castillo y Inostroza, 2013)

Luego de profundizar algunos conceptos importantes de los ensayos no destructivos por ultrasonidos, se revisará en profundidad la cláusula V del código ASME, se usará dicha norma para llevar a cabo la prueba correspondiente.

8.7.5.1 Tipos de cabezales

Los cabezales se diseñan para atender necesidades particulares, por lo que es importante considerar cuidadosamente la selección de parámetros, como la frecuencia necesaria, el ancho de banda y el enfoque. Estos cabezales se categorizan según su uso y pueden incluir:

8.7.5.1.1 Cabezales de contacto

Estos dispositivos son usados para inspecciones en las que es necesario un contacto físico con la pieza y por lo general se utilizan de forma manual. El cuerpo ergonómico y la interfaz que cubren los componentes evitan el desgaste de la superficie que se frota con la pieza en análisis. Para eliminar la capa de aire entre el cabezal y la pieza que se está analizando, se requiere un medio de acoplamiento, como grasa, aceite o agua.

Figura 19. Cabezales de contacto



Fuente: (Llogsa, 2019)

8.7.5.1.2 Cabezales angulares

La técnica de cabezal en ángulo utiliza una cuña como interfaz para crear un ángulo entre el haz ultrasónico y la normal de la superficie que se está inspeccionando. De este modo se introducen ondas refractadas de corte en el material, lo que aumenta la eficacia de la detección de defectos en cordones de soldadura, ya que estas ondas se reflejan en la pared de la pieza. Asimismo, se utiliza esta técnica para producir ondas de superficie que permiten detectar fallos en la superficie del material.

Figura 20. Cabezales de Angulares



Fuente: (GSL, 2023)

8.7.5.1.3 Micro cabezales

Con un tamaño de carcasa en el orden de milímetros, este dispositivo es adecuado para pruebas de soldaduras en tuberías de diámetro reducido o en situaciones en las que se requiere una penetración mínima de las ondas de corte.

Figura 21. Microcabezales



Fuente: (TST, 2021)

8.7.5.1.4 Cabezales del tipo brocha

Se emplea para examinar áreas extensas con el objetivo de disminuir el tiempo de prueba. Está

compuesto por una disposición meticulosa de pequeños cristales piezoeléctricos en una matriz, con el propósito de minimizar las variaciones de energía y mantener una sensibilidad uniforme en toda el área de análisis.

Figura 22. Cabezal tipo brocha



Fuente: (Mitssolutions, 2023)

8.7.5.1.5 Cabezales de inmersión

Son diseñados para funcionar sin necesidad de contacto directo con la pieza que se analiza, y se utilizan específicamente en medios líquidos. Se sellan sellado todas las conexiones del transductor para prevenir la degradación de sus componentes. Normalmente, estos transductores se utilizan en tanques de agua que forman parte del sistema de escaneo.

Figura 23. Cabezales de inmersión



Fuente: (Directindustry, 2022)

8.7.5.1.6 Cabezales del tipo lápiz

Las aplicaciones comunes de estos cabezales incluyen la inspección de álabes de turbinas, tuberías de pequeño diámetro y áreas cóncavas de piezas pequeñas. Tienen una pequeña área de inspección.

Figura 24. Cabezales de inmersión



Fuente: (Elcometer, 2020)

8.7.5.1.7 Cabezales de rodillos

Se emplean para examinar uniones de elementos, ya sean metálicos o no metálicos. Se utilizan para inspeccionar juntas de madera, hormigón, soldaduras de metal o plástico, vidrio, entre otras. Estos cabezales permiten un análisis rápido sin la necesidad de utilizar tecnología de inmersión.

Figura 25. Cabezales de rodillos



Fuente: (Pulisonic, 2023)

8.8 Aplicaciones del ensayo

La aplicación generalizada de los métodos de inspecciones no destructivas en materiales se resume en tres grupos:

8.8.1 Defectología

Esto permite la detección de defectos y la evaluación de la corrosión y la degradación por agentes ambiental; Determinación de tensiones; detección de fugas.

8.8.2 Caracterización

Se refiere al proceso de examinar las características químicas, estructurales, mecánicas y técnicas de los materiales para su evaluación; Propiedades físicas (elasticidad, electricidad, electromagnetismo); representación de transferencia de calor y trazado de isotermas.

8.8.3 Metrología

La gestión del grosor, incluyendo la medición del grosor de una sola cara y la medición del grosor del revestimiento; nivel de llenado. Se utiliza en la industria para verificar fallas en motores, plantas de energía, motores a reacción, estructuras de edificios, puentes, tuberías, tanques de almacenamiento, etc.

8.9 Acero ATSM A588

Se aplica a secciones, placas y barras de acero estructural de baja aleación y alta resistencia de estructuras soldadas, remachadas o atornilladas resistentes a la corrosión por aire, es significativamente superior a la del acero estructural al carbono en la mayoría de los entornos. El análisis térmico se realiza cuando el material de acero estructural de baja aleación cumple con la composición química requerida para carbono, manganeso, fósforo, azufre, silicio, níquel, cromo, molibdeno, cobre, vanadio y niobio. Las muestras de acero también deben someterse a pruebas de tracción para cumplir con los valores requeridos de resistencia a la tracción, límite elástico y elongación. (ASTM, 2019)

Se utiliza principalmente para estructuras como puentes y edificios que requieren reducción de peso y durabilidad. Es apto para multitud de aplicaciones sin necesidad de ningún tipo de recubrimiento como pintura, por lo que este acero también se utiliza en construcciones como barcos. Esto se debe a que es altamente resistente a la corrosión. (Sierra, 2018)

Tabla 5: Propiedades mecánicas del acero ASTM A588

Propiedades mecánicas	
Densidad	7800 - 8000 kg/m ³
% de elongación	21% (en 2 in)
Módulo de elasticidad	190 GPa (27557 ksi) - 210GPa (30458 ksi).

Fuente: (ASTM, 2019)

Elaborado por: (Quintana y Sánchez, 2023)

8.9.1 Composición química

La composición química del acero ASTM A588 está dada por la ASTM como valores teóricos los cuales son:

Tabla 6: Composición química del acero ASTM A588

Elemento	C	Mn	P	S	Cu	Si	Ni	Cr	V
%	0.19	0.80 –	0.04	0.05	0.25-	0.30-	0.40	0.40-	0.02-
	Max	1.25	Max	Max	0.40	0.65	Max	0.65	0.10

Fuente: (ASTM, 2019)

Elaborado por: (Quintana y Sánchez, 2023)

8.9.2 Propiedades de tensión mínimas del ASTM A588

Tabla 7: Propiedades de tensión mínimas requeridas para un acero ASTM A588.

	Menos de 4" [100 mm], incl	Sobre las 4" [100 mm] hasta 5" [125mm], incl	Sobre las 5" [125 mm] hasta 8" [200 mm], incl
Resistencia mínima a la tensión, KSI [MPa]	70 [485]	67 [460]	63 [435]
Mínimo punto de fluencia, KSI [MPa]	50 [345]	46 [315]	42 [290]
% Elongación de 8" [200 mm]	18 (b,c)	---	---
% Elongación en 2" [50mm]	21 (b,c)	21 (b,c)	21 (b,c)

b: El alargamiento no está obligado a ser determinado por la placa que sean utilizadas de base
c: Para placas más anchas que 24 in [600mm], el alargamiento requerido se reduce en dos puntos menos al porcentaje establecido. Observar el alargamiento requerido según los ajustes en los ensayos de tensión, según la especificación A6/ A6M

Fuente: (ASTM, 2004)

8.10 Código ASME (Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos)

Fue fundada en 1880 como la Sociedad de Ingenieros Industriales, ASME es una organización sin fines de lucro que promueve las artes, la ciencia y la práctica de la ingeniería mecánica y

las ciencias relacionadas interdisciplinarias. ASME desarrolla códigos y estándares que mejoran la seguridad pública, brindando aprendizaje continuo y oportunidades de intercambio de tecnología que benefician a las comunidades de ingeniería y tecnología de todo el mundo.

ASME es actualmente una empresa de ingeniería global con un enfoque en:

Educativos

Técnicos

Investigativo

Con más de 125.000 miembros, opera una de las editoriales de tecnología más grandes del mundo, realiza conferencias técnicas anuales y cursos de desarrollo profesional, y establece muchos estándares industriales y de fabricación. Este conjunto de estándares se divide en diferentes secciones para los diferentes tipos de trabajo, capacitación y certificación que tiene la industria en la actualidad. Este seminario se centra en la estructura organizativa de calderas, recipientes a presión y piezas.

SECCION I: Calderas a presión

SECCION V: Ensayos no destructivos

SECCION VIII: Códigos para recipientes a presión sin fuego

ARTICULOS: Cuatro y cinco

ASME B31.1: Tuberías de poder

La parte más importante de este seminario es la Sección V y los artículos 4 y 5. En el cual se publica una organización o plan para realizar un ensayo no destructivo por ultrasonidos y muestra todo lo necesario para realizarlo correctamente. Este plano o plantilla te ayudará a informarte de los pasos que debes seguir para realizar su correcto funcionamiento sin omitir ningún detalle.

8.11 Normas de referencia

8.11.1 ASTM A588/A588M-15

Esta especificación se aplica a las secciones, placas y barras de acero estructural de alta resistencia y baja aleación para estructuras soldadas, remachadas o atornilladas con resistencia a la corrosión atmosférica. (ASTM, 2015)

Esta especificación se aplica a secciones, placas y barras de acero estructural de alta resistencia

y baja aleación para estructuras soldadas, remachadas o atornilladas, pero principalmente para soldaduras en las que es importante reducir el peso o aumentar la durabilidad. Destinado al uso en puentes y edificios. La resistencia a la corrosión atmosférica de este acero es significativamente superior al acero estructural al carbono con o sin adiciones de cobre en la mayoría de los entornos. Con una exposición adecuada a la atmósfera, este acero es adecuado para muchas aplicaciones en su estado desnudo (sin pintar). Esta especificación se limita a materiales con un espesor de 8 pulgadas [200 mm] o menos. (ASTM, 2015)

Al soldar acero, se debe utilizar un proceso de soldadura adecuado para el grado de acero y el uso o servicio previsto. Para obtener información sobre la soldabilidad, consulte el Apéndice X3 de la especificación A6/A6M. (ASTM, 2015)

Las especificaciones en pulgadas-libras o unidades SI deben considerarse por separado como estándares. En el texto, las unidades SI se muestran entre paréntesis. Los valores establecidos en cada sistema no son exactamente equivalentes. Por tanto, cada sistema debería utilizar los valores de forma independiente sin combinarlos. (ASTM, 2015)

El texto de esta especificación contiene notas, pies de página o ambos que proporcionan material explicativo. Con excepción de las tablas y figuras, las notas y pies de página mencionados no contienen requisitos obligatorios. (ASTM, 2015)

Para los productos de construcción fabricados a partir de bobinas y suministrados únicamente sin tratamiento térmico o alivio de tensión, se aplican requisitos adicionales, incluidos los requisitos de prueba adicionales de la especificación A6/A6M y la declaración de resultados de prueba adicionales. (ASTM, 2015)

8.11.2 ASTM E797/E797M – 15

La norma ASTM-E797 establece el procedimiento para medir el espesor de materiales mediante el método de inspección ultrasonido de eco de pulso manual de contacto. Aquí hay un resumen del procedimiento según esta norma:

Preparación de la superficie: Antes de proceder, es necesario asegurarse de que la superficie del material se encuentre en un estado limpio y a la ausencia de cualquier material, como óxido o escoria, que pueda interferir en la transmisión de ondas ultrasónicas. (ASTM, 2015)

Selección del transductor: Realizar una correcta selección del transductor para la aplicación en

cuestión, teniendo en cuenta aspectos como la frecuencia, impedancia y forma de onda, se busca asegurar la mayor efectividad posible en el proceso de medición. (ASTM, 2015)

Ajuste de los parámetros de la inspección: Es necesario realizar el ajuste de los parámetros de la inspección, tales como la frecuencia, amplitud y ganancia, con el fin de obtener una señal nítida y precisa en el proceso de medición. (ASTM, 2015)

Posicionamiento del transductor: El transductor debe colocarse en contacto con la superficie del material en un ángulo adecuado y con una presión suficiente para garantizar una buena transmisión de la señal. (ASTM, 2015)

Medición del espesor: Se mide el espesor midiendo el tiempo entre la transmisión y recepción de una señal ultrasónica y calculando la velocidad de la onda. (ASTM, 2015)

Análisis de los resultados: Los resultados de la inspección deben ser evaluados y comparados con los espesores nominales o las tolerancias específicas. Al encontrar diferencias en los resultados, es necesario llevar a cabo más mediciones. (ASTM, 2015)

Registro de los resultados: Los resultados de la inspección deben ser registrados de manera clara y detallada, incluyendo la fecha, el lugar de la inspección, el material inspeccionado y los resultados de la medición. (ASTM, 2015)

Este método se puede aplicar a cualquier material en el que la onda ultrasónica se propague a través de la pieza a una velocidad constante y experimente retroreflexión para descomponerse. (ASTM, 2015)

Se consideran por separado los valores estándares las unidades del sistema internacional (SI) o en unidades de pulgadas-libras. Los valores establecidos en cada sistema pueden no ser exactamente iguales. La combinación de los valores de los dos sistemas puede resultar en el incumplimiento de la norma. (ASTM, 2015)

Esta norma no pretende abordar todos los problemas de seguridad relacionados con su uso. Es responsabilidad de los usuarios de esta norma establecer buenas prácticas de salud y seguridad y determinar la aplicabilidad de las restricciones reglamentarias antes de su uso. (ASTM, 2015)

Es importante destacar que esta norma solo es una guía y que los procedimientos de inspección

deben adaptarse a las necesidades específicas de cada aplicación y material.

8.11.3 ANSI/AWS D1.1 - 15

AWS D1.1 es una normativa americana que contiene los requisitos para montaje y fabricación de estructuras de acero soldadas. Los procedimientos y especificaciones creados en esta sección deben usarse para la inspección ultrasónica de soldaduras con espesores que van desde 8 mm hasta 200 mm. (ANSI/AWS D1.1., 2015)

Si se realizan cambios o modificaciones a los procedimientos o equipos no especificados en esta sección, sólo podrán utilizarse con la aprobación del Ingeniero. Las variaciones en varios aspectos como el espesor, la geometría de soldadura, el tamaño del transductor, la frecuencia, la presencia de pintura y las técnicas de inspección utilizadas. Es importante tener en cuenta estas variaciones aprobadas y mantener un registro de ellas. (ANSI/AWS D1.1., 2015)

Estos métodos no fueron desarrollados para probar metales base. En cualquier caso, los defectos relacionados con la soldadura del metal base (fisuras, acumulación, etc.) son inaceptables según esta norma y deben informarse al ingeniero para su desecho. (ANSI/AWS D1.1., 2015)

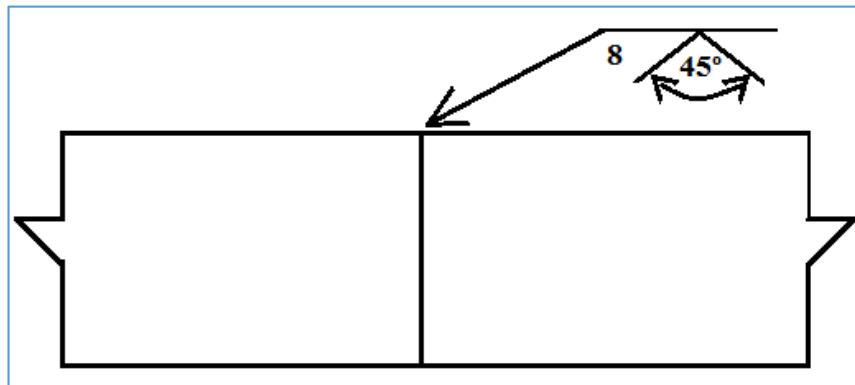
Para realizar exámenes de ultrasonido se requiere de una técnica específica conocida como pulso-eco, la cual es adecuada para trabajar con transductores que oscilan en el rango de frecuencia de 1 a 6 MHz. Además, se necesita un haz angular que consta de un transductor y un zapato. La unidad para llevar a cabo estos exámenes puede estar compuesta por dos elementos separados o por una unidad integral. (ANSI/AWS D1.1., 2015)

El transductor debe contar con un cristal de forma rectangular o cuadrada, cuyas dimensiones deben estar en un rango específico, con un ancho que varía de 15 a 25 mm y una altura que va de 15 a 20mm. La unidad de búsqueda debe producir un haz acústico en el material con tolerancias que varían dentro de $\pm 2^\circ$ en ángulos de 45° , 60° o 70° . (ANSI/AWS D1.1., 2015)

8.12 Dimensionamientos de las probetas

Se elige un tipo de junta a tope simple con 45° de biselado para que la trayectoria del cordón de soldadura se pueda representar como se muestra en el plano de dimensiones de la placa de soldadura en la siguiente figura 26.

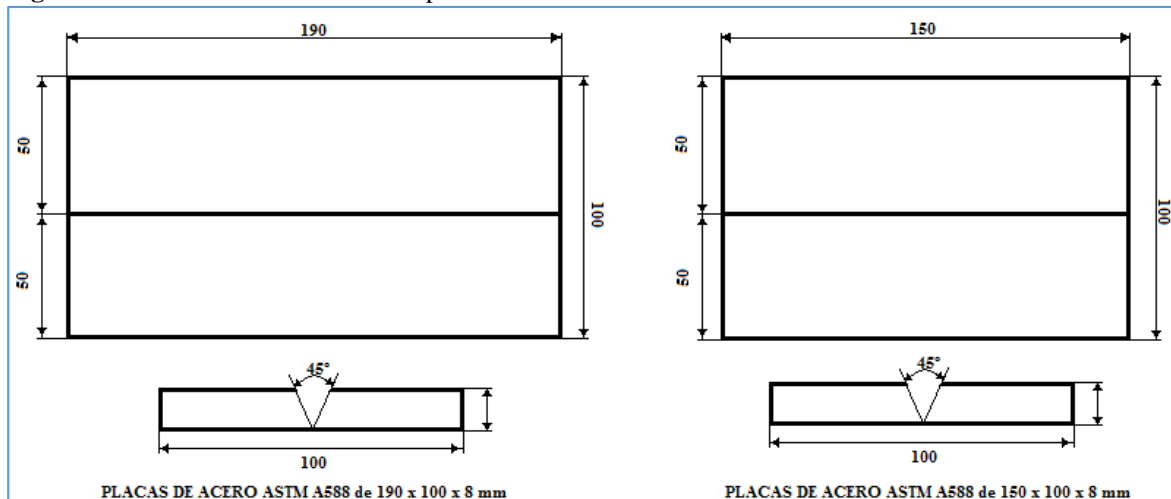
Figura 26. Simbología de soldadura típica unión a tope simple en V



Fuente: (Quintana y Sánchez, 2023)

En el trabajo actual se lleva a cabo la fabricación de 9 probetas soldadas, las uniones son juntas a tope simples con penetración parcial, el material empleado es el ASTM A588, 4 uniones son de 190mm x 100mm de ancho, y 5 uniones de 150mm x 100mm de ancho, todas tienen un espesor de 8mm, y se fabrican de acuerdo con los parámetros del proceso FCAW (Flux Cored Arc Welding se traduce como soldadura por arco con núcleo fundente), como se muestra en la Figura 27.

Figura 27. Dimensionamientos de las probetas



Fuente: (Quintana y Sánchez, 2023)

8.12.1 Preparación del material

Después de trazar el material, tomando como referencia de la figura 27, se cortó cada sección, de la cual se consiguió las placas listas para soldadas, formando una unión correspondiente a una unión a tope en V simple, como se muestra en la Figura 28.

Figura 28. Placas preparadas de 150 x 100 x 8 mm y 190 x 100 x 8 mm



Fuente: (Quintana y Sánchez, 2023)

8.12.2 La soldadura en unión a tope en V.

Una vez preparados los materiales, se soldaron las láminas mediante el proceso FCAW y se identificaron los parámetros de soldadura. Fusionamos estas placas conseguir las muestras que nos permitan evaluarlas y medirlas con los criterios de aceptación de la AWS D1.1

Figura 29. Elaboración de las placas

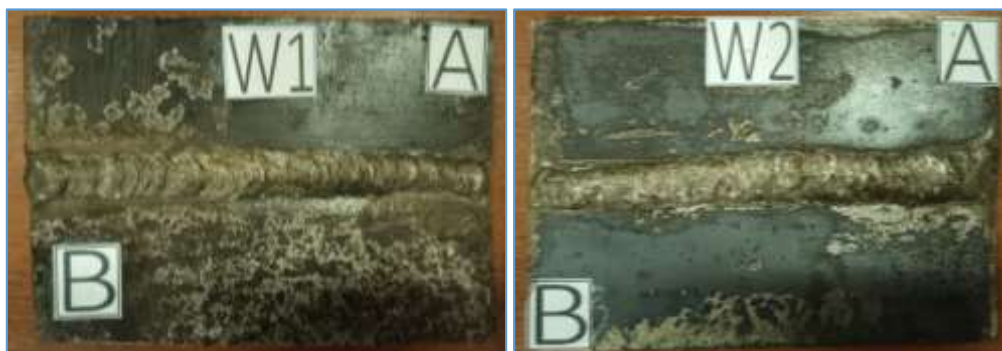


Fuente: (Quintana y Sánchez, 2023)

8.12.3 Identificación de las probetas soldadas

Para el reconocimiento de las probetas, en la parte central se colocó la letra “W” con el número correspondiente.

Figura 30. Probetas W1, W2



Fuente: (Quintana y Sánchez, 2023)

Figura 31. Probetas W3, W4



Fuente: (Quintana y Sánchez, 2023)

Figura 32. Probetas W5, W6



Fuente: (Quintana y Sánchez, 2023)

Figura 33. Probetas W7, W8



Fuente: (Quintana y Sánchez, 2023)

Figura 34. Probeta W9

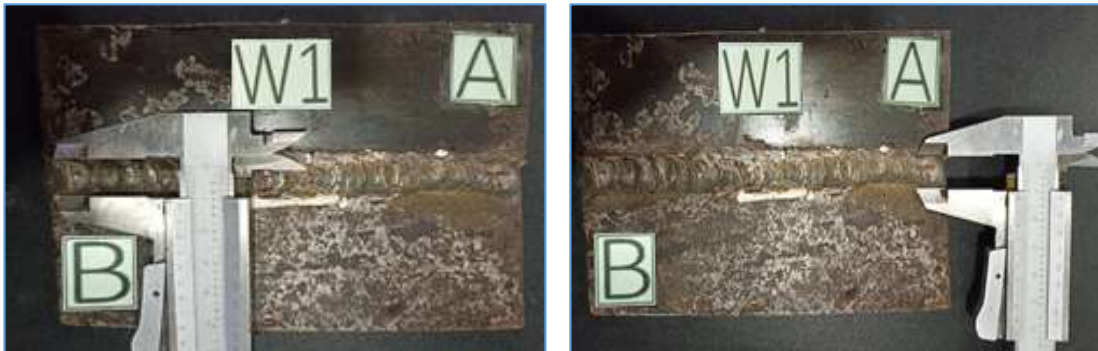


Fuente: (Quintana y Sánchez, 2023)

8.12.4 Medición de ancho de soldadura

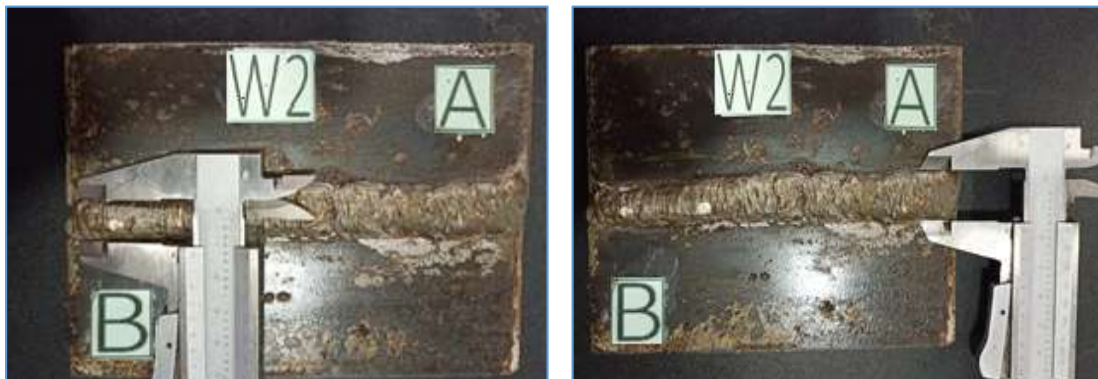
Para las mediciones utilizamos un calibrador Vernier de 0.02mm de precisión, el mismo que se utilizó para tener una lectura inicial y final de cada uno de los extremos, las unidades utilizadas son milímetros.

Figura 35. Medición del ancho del cordón de la probeta W1



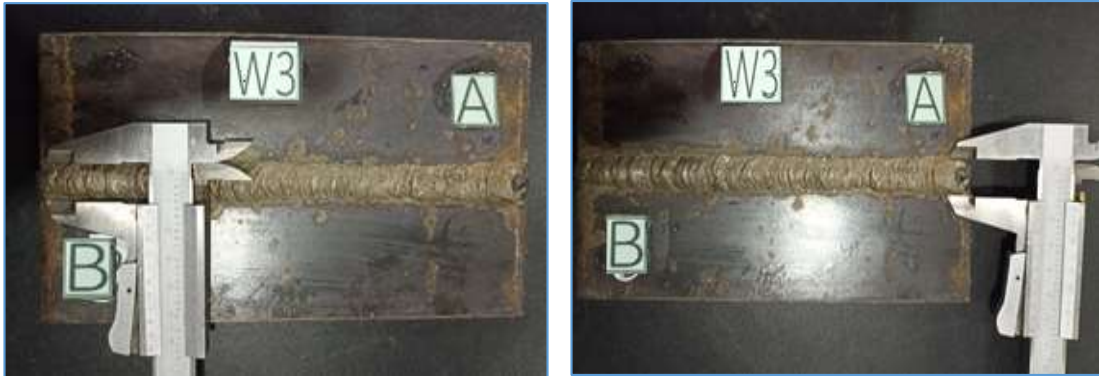
Fuente: (Quintana y Sánchez, 2023)

Figura 36. Medición del ancho del cordón de la probeta W2



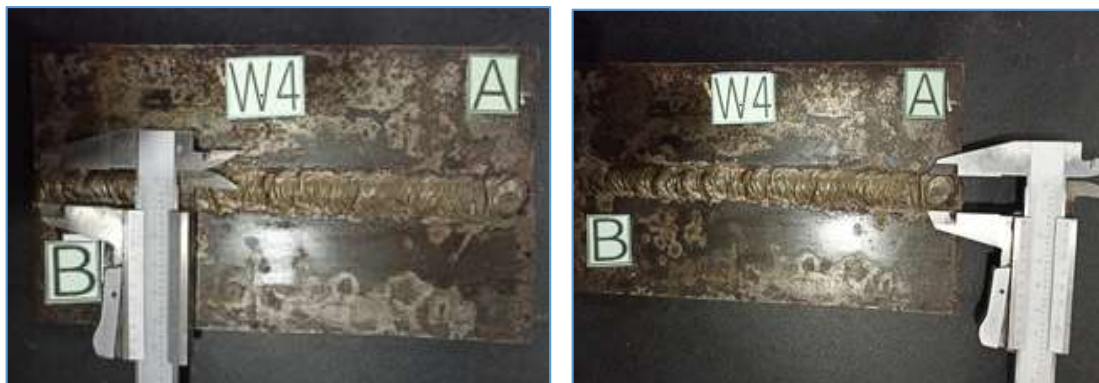
Fuente: (Quintana y Sánchez, 2023)

Figura 37. Medición del ancho del cordón de la probeta W3



Fuente: (Quintana y Sánchez, 2023)

Figura 38. Medición del ancho del cordón de la probeta W4



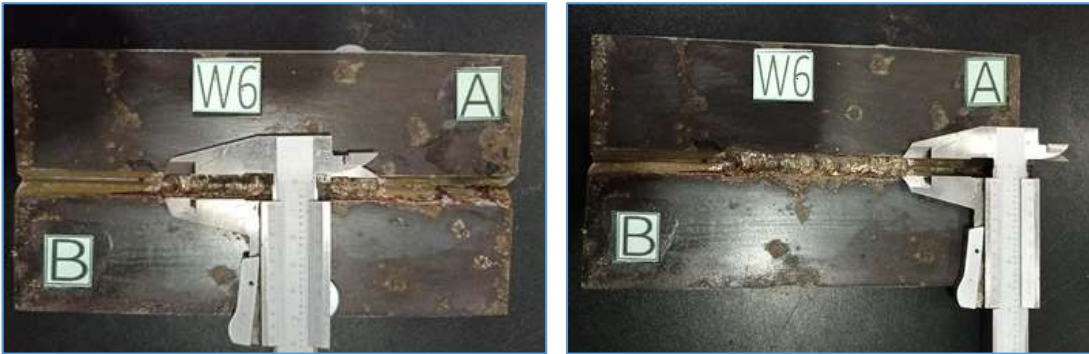
Fuente: (Quintana y Sánchez, 2023)

Figura 39. Medición del ancho del cordón de la probeta W5



Fuente: (Quintana y Sánchez, 2023)

Figura 40. Medición del ancho del cordón de la probeta W6



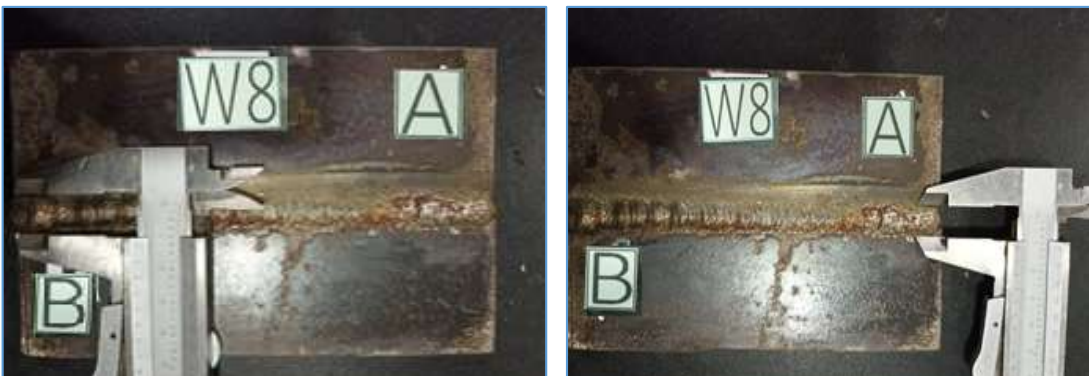
Fuente: (Quintana y Sánchez, 2023)

Figura 41. Medición del ancho del cordón de la probeta W7



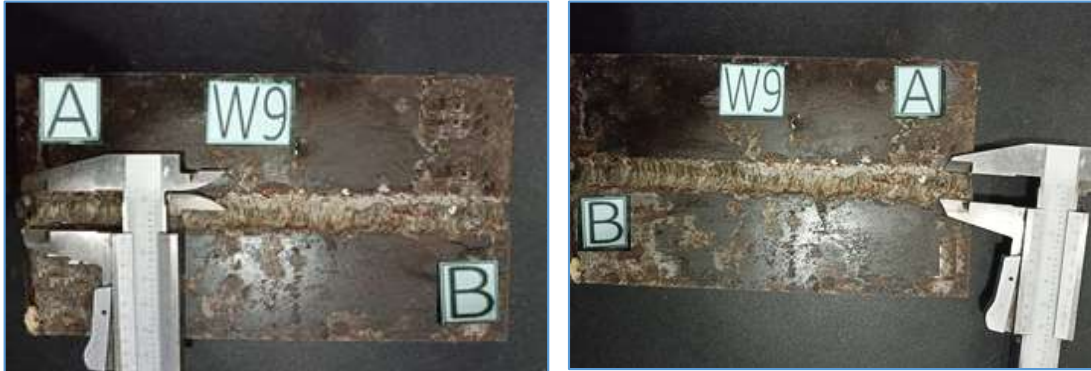
Fuente: (Quintana y Sánchez, 2023)

Figura 42. Medición del ancho del cordón de la probeta W8



Fuente: (Quintana y Sánchez, 2023)

Figura 43. Medición del ancho del cordón de la probeta W8



Fuente: (Quintana y Sánchez, 2023)

8.12.5 Medición de longitud de soldadura

Para las mediciones utilizamos un calibrador Vernier de 0.02mm de precisión, en el que se establece las dimensiones del cordón en milímetros, en la ecuación 1 se describen las disposiciones mínimas de los parámetros tomados en cuenta para el dimensionamiento.

$$L > 40mm \text{ ó } 6 \cdot a \quad \text{(Ecuación 1)}$$

Donde

L es la longitud de la soldadura

a : ancho del cordón

Donde la longitud mínima a ser evaluada debe ser mayor a 40mm, como en el caso de las placas de 150 mm (W1, W2, W5, W7, W8) y de 190 mm (W3, W4, W6, W9) la longitud de la soldadura debe ser de unas 6 veces el ancho del cordón, en este caso, se tiene en cuenta el ancho mínimo obtenido de la placa que es de 7.10mm de la junta W6, utilizando la ecuación 11 y sustituyendo valores nos da:

$$L > 40 \text{ mm ó } 6 \cdot a \quad L = 6 \times 7.10 = 42.6 \text{ mm} > 40 \text{ mm}, \text{ se cumple con los parámetros mínimos}$$

De esta manera se toma las mediciones del largo del cordón.

Figura 44. Mediciones de longitud de cordón desde w1 - w9



Fuente: (Quintana y Sánchez, 2023)

8.12.6 Mediciones de falta de fusión

En la probeta W6 todos los bordes no están soldados por lo que se consideran falta de fusión,

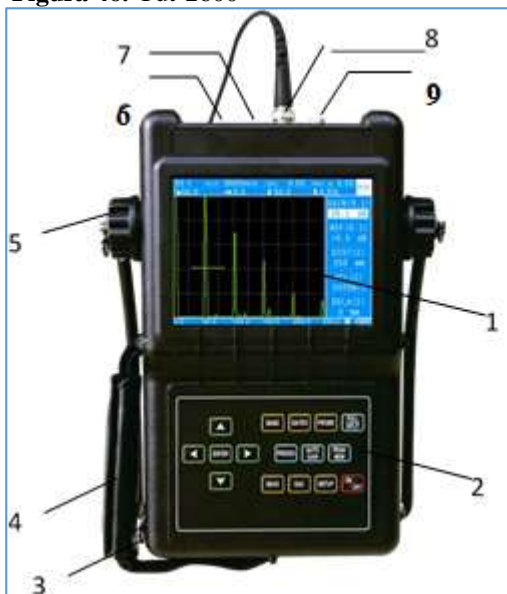
Figura 45. Mediciones de falta de fusión en cordones de soldadura



Fuente: (Quintana y Sánchez, 2023)

8.13 Nombres de los principales componentes del instrumento

Figura 46. Yut-2600



1. Pantalla TFT de color verdadero
2. Teclado táctil
3. Anillo en D
4. Correa de mano
5. Soporte giratorio
6. Puerto del adaptador de corriente
7. Puerto de comunicación
8. Puerto de cable de sonda T/R
9. Puerto de cable de sonda R

Fuente: (yushindt, 2020)

Tabla 8: Parámetros Técnicos del Ultrasonido

Rango de Medición	0-4500mm
Frecuencia de trabajo	(0,5-15) MHz
Velocidad del sonido material	(1000-9999) m/s
Manera de trabajar	Pulso eco, doble cristal

Cambio de pulso	(0-2000) milímetro
Sonda cero	(0-99.99) nosotros
Ajuste de ganancia	(0-110)dB, (0.1,1,2,6)dB paso
Error de linealidad vertical	$\leq 3\%$
Error de linealidad horizontal	$\leq 3\%$
Resolución	≥ 32 dB
Gama dinámica	≥ 30 dB
Margen de sensibilidad	≥ 55 dB (profundidad 200 mm $\Phi 2$ orificio de fondo plano)
Nivel medio de ruido eléctrico	$\leq 10\%$
Tiempo de trabajo de la batería	> 8 horas
Fuente de alimentación	12 V CC, 220 V CA

Fuente: (yushindt, 2020)

Elaborado por: (Quintana y Sánchez, 2023)

8.14 Calibración de la sonda de haz angular

En cuanto a la detección de contacto por sonda de haz angular, la calibración de distancia es imprescindible antes de cualquier tarea de detección. Hay varios tipos de sondas de haz angular con diferentes estructuras y tamaños, y los diferentes objetos de detección requieren diferentes valores K, por lo que las rutas de sonido en bloques de cuña no son las mismas, en otras palabras, la longitud del borde frontal de cada sonda de haz angular de se debe medir la onda transversal para decidir el valor de polarización cero. Junto con la abrasión de la sonda durante el uso, la sonda de haz angular necesita una recalibración después de un período de uso.

8.14.1 Procedimientos de calibración







Establezca la velocidad del sonido y la ruta del sonido del material conocido en el menú de parámetros, generalmente se adopta el eco primario.

Calibración del borde frontal de la sonda;

Calibración del cero de la sonda;

Calibración del valor K de la sonda (ángulo).

8.14.2 Pasos de operación

1. Presione  para entrar en el menú de parámetros, presione  (arriba) o  (abajo) para seleccionar el submenú de ruta de sonido. entonces presione  (izquierda) o  (derecha)  para establecer el valor en 125 mm.









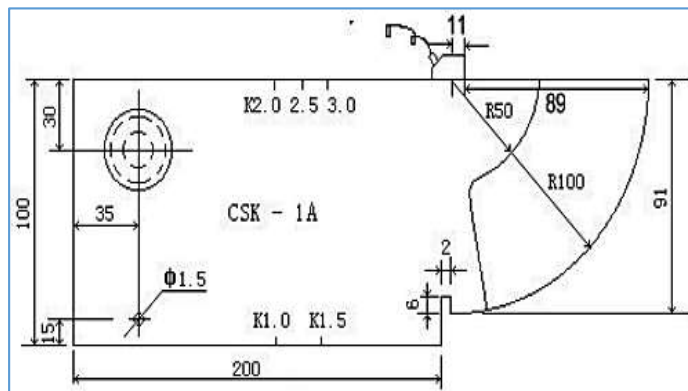
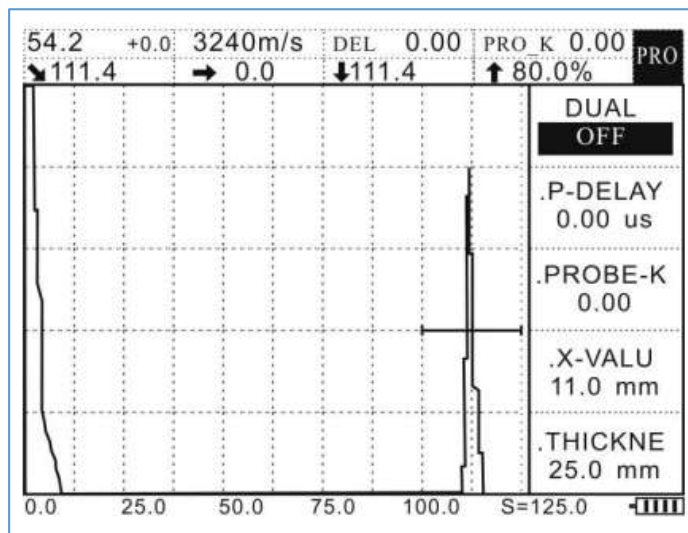
2. Presione  (arriba) o  (abajo) para seleccionar el submenú de velocidad del sonido. Luego presione  (izquierda) o  (derecha) para establecer el valor como 3240m/s.
3. Calibre el borde frontal de la sonda: coloque la sonda en el bloque de prueba y muévala hasta que el eco del reflector de los huecos de R100 mm alcance el nivel más alto, mida 89 mm de la cara frontal de la sonda con una regla, en este punto, el valor del borde frontal de la sonda es: $100 - 89 = 11$ mm. Como se muestra en la Figura 47, después de eso, presione para ingresar al menú de la sonda, luego presione  (arriba) o  (abajo) para seleccionar el submenú del borde frontal de la sonda, presione  (izquierda) o (derecha)  para establecer el valor del borde frontal de la sonda en 11 mm, como se muestra en la Figura 48.

Figura 47. Bloque de prueba borde frontal de la sonda



Fuente: Yut-2600

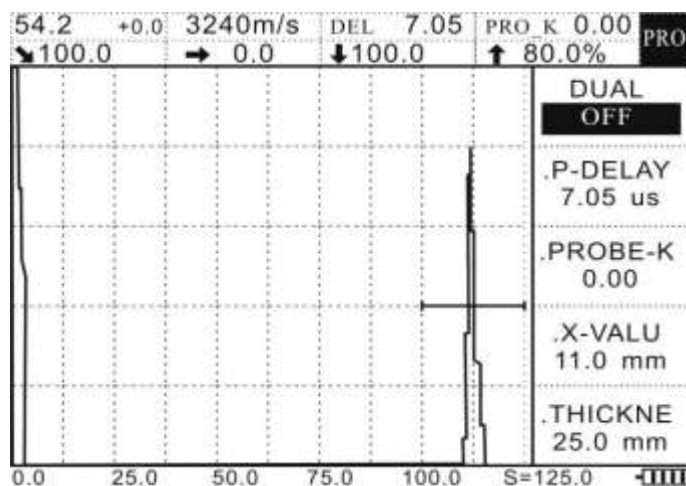
Figura 48. Valor del borde frontal de la sonda en 11 mm



Fuente: Yut-2600

- Calibre la sonda a cero: coloque la sonda en el bloque de prueba y muévela hasta que el eco de reflexión de los huecos de R100 mm alcance su nivel más alto. El valor de la ruta de sonido se mostrará en la esquina superior izquierda de la pantalla, si el valor no es de 100 mm, presione **PROBE** para ingresar al menú de la sonda, presione **▲** (arriba) o **▼** (abajo) para seleccionar el submenú cero de la sonda, luego presione **◀** (izquierda) o **▶** (derecha) para establecer el valor en 100 mm o presione directamente **PEAK MEM** para calibrar el cero de la sonda automáticamente. Como se muestra en la Figura 49, la calibración del cero de la sonda ha finalizado.

Figura 49. Calibración del cero de la sonda ha finalizado

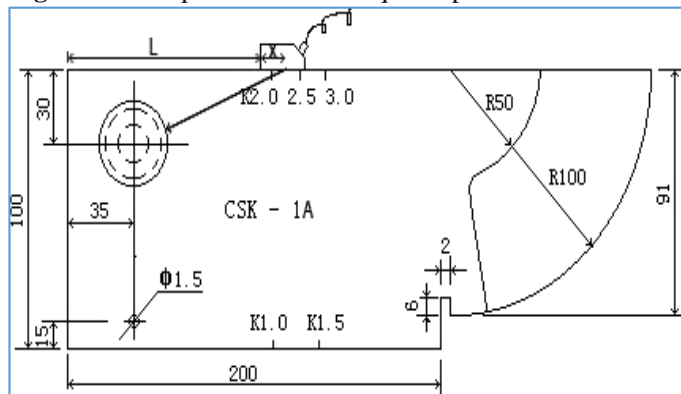


Fuente: Yut-2600

- Calibre el valor K de la sonda (ángulo): acople la sonda al bloque de prueba CSK-IA y muévelo hacia adelante y hacia atrás, como se muestra en la Figura 50, hasta que el eco de reflexión del círculo de $\phi 50$ mm alcance el nivel más alto, use un regla de acero para medir L, y calcular el valor K según $k = (L+X-35)/30$. Como se muestra en la Figura 52, presione **PROBE** para ingresar al menú de la sonda, presione **▲** (arriba) o **▼** (abajo) para seleccionar el submenú del valor K de la sonda, luego presione **◀** (izquierda) o **▶** (derecha) para establecer el valor como el valor K calculado. Como se muestra en la Figura 52, o presione **PEAK MEM** directamente para calibrar el valor K automáticamente.

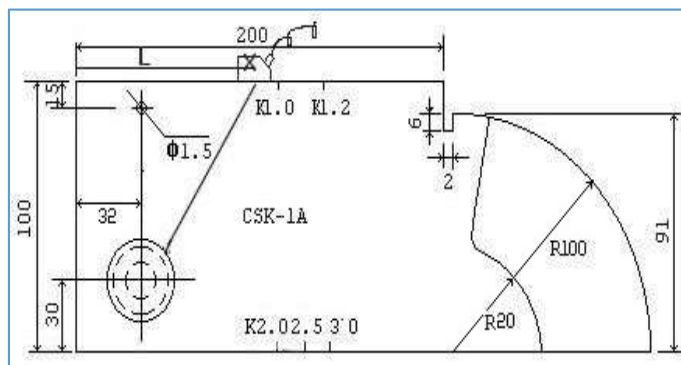
Nota: este método se adopta si se usa una sonda más allá de K2, si se usa una sonda debajo de K2, se debe adoptar el otro lado, como se muestra en la Figura 51, el método es el mismo y la fórmula de cálculo es $k = (L+K-35)/70$. L es la longitud desde el extremo frontal de la sonda hasta el límite del bloque de prueba, X es el valor del borde frontal de la sonda

Figura 50. Acople la sonda al bloque de prueba CSK-1A



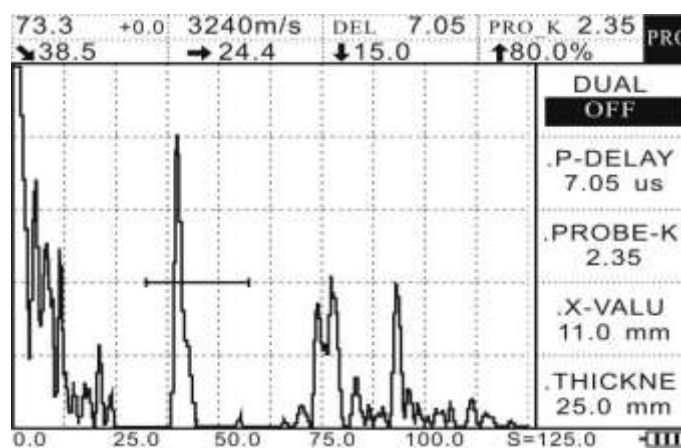
Fuente: Yut-2600

Figura 51. Uso de una sonda debajo de K2



Fuente: Yut-2600

Figura 52. Calibrar el valor K automáticamente



Fuente: Yut-2600

Hay muchas formas de calibrar la sonda de haz angular, el bloque de prueba estándar no está unido a la calibración y también puede usar un agujero de alfiler de profundidad conocida para hacer la calibración. Teóricamente, cuanto más pequeño es el reflector de referencia, más precisa es la calibración, pero la dificultad de la calibración aumenta correspondientemente. Cuando usa un agujero de alfiler para hacer la calibración, puede medir la profundidad y la

posición horizontal del agujero de alfiler para calcular el coeficiente de pendiente para calibrar el ángulo, y luego puede usar la profundidad o el valor de posición horizontal que mide para calibrar el sonido la velocidad y el cero de la sonda.

8.15 Procedimiento en la inspección de soldadura

Se mostraran los diferentes de la inspección de soldadura por ultrasonido, utilizando el equipo Yut-2600, se apoyaran junto con la norma AWS D1.1. Además, es requerido determinar la zona específica que será escaneada para llevar a cabo la inspección de las placas soldadas en V, lo cual dependerá del ángulo de incidencia del haz y del grosor de la placa.

8.15.1 Delimitación de la zona de barrido de la Probeta

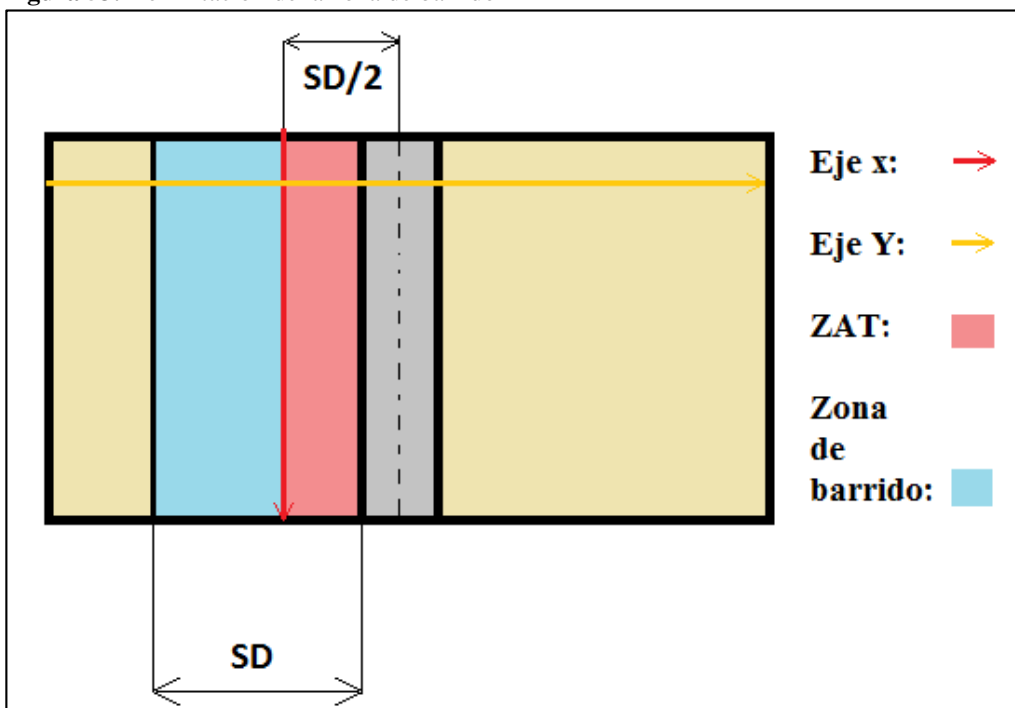
Esto implica marcar claramente tanto la zona de barrido como la ZAT (Zona Afectada Térmicamente) de la soldadura. Para lograr esto, se delimita un área usando una medida conocida como distancia superficial (SD), que varía en función del espesor de la placa (en este caso, $e=8\text{mm}$) y el ángulo de la zapata (70 grados).

$$SD = 2 \times e \times \tan \theta = 2 \times 8 \times \tan 68.2^\circ = 40\text{mm} \quad (\text{Ecuación 2})$$

$$\frac{SD}{2} = 20\text{mm}$$

Observación: la zapata tiene un ángulo nominal de 70° , pero 68.2° es su ángulo real

Figura 53. Delimitación de la zona de barrido



Elaborado por: (Quintana y Sánchez, 2023)

Figura 54. Inspección de la zona de barrido



Elaborado por: (Quintana y Sánchez, 2023)

8.16 Características de discontinuidad

Se emplea la fórmula estándar AWS D1.1 para caracterizar, la cual incluye una tabla para determinar la importancia de la discontinuidad y la técnica de 6 dB para medir su longitud. Luego, se emplea una ecuación para determinar el valor de "D".

$$A - B - C = D \quad \text{(Ecuación 3)}$$

Donde:

A: es el nivel de indicación de la discontinuidad

B: es el nivel de indicación de la referencia

C: es el factor de atenuación

D: es la clasificación de la discontinuidad

Para hallar C se utiliza la siguiente ecuación:

$$C = -0.6 (S - 25) 0.08 \quad \text{(Ecuación 4)}$$

Y para hallar S:

$$S = \frac{T}{\cos \theta} \quad \text{(Ecuación 5)}$$

Siendo C dependiente de S y S dependiente del espesor de la placa ($T = 8\text{mm}$), teniendo un ángulo de haz de (68.2°), además, la única variable para estas pruebas será "A" ya que $B = 67.3\text{dB}$ y C se calcula mediante:

$$S = \frac{T}{\cos \theta} = \frac{8}{\cos 68.2^\circ} = 21.54$$

$$C = -0.6 (S - 25) 0.08 = -0.6 (21.54 - 25) 0.08 = -0.166$$

Por lo tanto quedaría:

$$A - 67.3 - 0.166 = D$$

Para conseguir D se debe tener en cuenta los valores del Angulo y el espesor de la soldadura y luego buscar a cual corresponde.

Tabla 9: Criterios de aceptación AWS D1.1

Criterio de Aceptación-Rechazo para Ultrasonido (Conexiones No Tubulares Estáticamente Cargadas) (ver 6.13.1)												
Severidad Clase	Espesor de la Soldadura ^a en pulgadas [mm] y Ángulo del Palpador											
	5/16 [8.0] a 3/4 [20]	> 3/4 [20] a 1-1/2 [38]	> 1-1/2 a 2-1/2 [38-65]			> 2-1/2 a 4 [65-100]			> 4 a 8 [100-200]			
	70°	70°	70°	60°	45°	70°	60°	45°	70°	60°	45°	
Clase A	+5 y menor	+2 y menor	-2 y menor	+1 y menor	+3 y menor	-5 y menor	-2 y menor	0 y menor	-7 y menor	-4 y menor	-1 y menor	
Clase B	+6	+3	-1 0	+2 +3	+4 +5	-4 -3	-1 0	+1 +2	-6 -5	-3 -2	0 +1	
Clase C	+7	+4	+1 +2	+4 +5	+6 +7	-2 a +2	+1 +2	+3 +4	-4 a +2	-1 a +2	+2 +3	
Clase D	+8 y mayor	+5 y mayor	+3 y mayor	+6 y mayor	+8 y mayor	+3 y mayor	+3 y mayor	+5 y mayor	+3 y mayor	+3 y mayor	+4 y mayor	

El espesor de la soldadura en juntas a tope, debe ser el espesor nominal del elemento más delgado de dos partes que están siendo unidas.

Fuente: (AWS, 2002)

La Clase A se refiere a discontinuidades grandes, y cualquier indicación que se presente debe ser rechazada, sin importar su longitud.

En el caso de la Clase B, se refiere a discontinuidades de tamaño medio, y cualquier indicación con una longitud mayor a 3/4 de pulgada (20mm) debe ser rechazada.

Para la Clase C, que se refiere a discontinuidades pequeñas, cualquier indicación con una longitud mayor a 2 pulgadas (50mm) debe ser rechazada.

Por último, en la Clase D, que se refiere a discontinuidades menores, cualquier indicación debe ser aceptada sin importar su localización o longitud en la soldadura.

9. PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS

Con base a los puntos antes mencionados, se propuso la siguiente hipótesis para el desarrollo del presente trabajo: ¿Realizar un estudio mediante la técnica de inspección por ultrasonido en probetas de acero ASTM 588 soldadas a tope en V permitirá determinar la ubicación de la discontinuidad en el material?

10. METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL

Tabla 10: Técnicas e instrumentos de la metodología

Nº	TECNICAS	INSTRUMENTOS
1	OBSERVACION	Fotografías de la realización de la inspección, de la medición.
2	MEDICION	Longitud de la discontinuidad, criterio de aceptación, profundidad de la falla.
3	REGISTRO	Cuadernos, fichas técnicas.

Elaborada por: (Quintana y Sánchez, 2023)

10.1 Tipos de investigación

10.1.1 Investigación bibliográfica

Investigación bibliográfica que selecciona la máxima cantidad de información científica de fuentes autorizadas como artículos, manuales, revistas científicas, libros, sitios web y tesis, según el tema del proyecto.

10.1.2 Investigación descriptiva

Este proceso de investigación se utiliza con el fin de describir los diferentes tipos de ensayos no destructivos, la investigación descriptiva parte de la investigación bibliográfica, con la información recopilada se describe como se realiza el proyecto, como se implementa Banco de pruebas por ultrasonido y finalmente argumenta los resultados.

10.1.3 Investigación Formativa

La presente investigación tiene carácter formativo en vista que a través de la ejecución del mismo se fomentará el espíritu investigador en el ámbito del sector educativo de la Universidad Técnica de Cotopaxi – Extensión La Maná y fortalecerá el proceso de aprendizaje a través de una propuesta que permitirá aprender sobre los ensayos no destructivos por ultrasonido de forma práctica y teórica.

10.1.4 Investigación de campo

Se realiza la recopilación de datos directamente en la Universidad técnica de Cotopaxi extensión La Maná, en la carrera de ingeniería Electromecánica, con un estudio se realiza determinar la necesidad de implementar un Banco de pruebas de ensayos no destructivos por Ultrasonido.

11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

11.1 Probeta W1 - Lado A

Dimensiones: 150 x 100 x 8 mm

Material: Acero ASTM A588

Parámetros:

Tabla 11: Muestra de parámetros de la inspección en W1-A

Ganancia	Angulo	Velocidad del sonido
67.3	68.2°	3245 m/s
Espesor de la pieza de trabajo	Frecuencia de prueba	Energía de pulso
8mm	5mhz	100v
Tipo de sonda	Amortiguación	Modo
MonoCristal angular	50 ohmios	Pulso-eco

Elaborada por: (Quintana y Sánchez, 2023)

Figura 55. Nivel de indicación de la discontinuidad en W1-A



Fuente: (Quintana y Sánchez, 2023)

La señal más alta se refiere a la ubicación donde se detecta la presencia de la discontinuidad.

Cálculos:

Longitud de la discontinuidad

L: 16 mm

Los estándares de aceptación de acuerdo a las directrices de la AWS D1.1.

$$D = A - B - C$$

Nivel de indicación A= 63.5 (dB)

Nivel de referencia B= 67.3 (dB)

Atenuación C= -0.166 (dB)

$$D = 63.5 - 67.3 + 0.166 = -3.63 \text{ (dB)}$$

Al consultar la tabla de criterios de aceptación, se puede observar que la discontinuidad en cuestión se clasifica como de clase A, lo que indica que es de tamaño grande.

Ficha técnica W1-A

Tema: Ensayo no destructivo por ultrasonido		
Proyecto: Inspección de placas		Fecha de elaboración:
Instrumento: Equipo de Ultrasonido		Material: Acero
Espesor(mm): 8	Detalle de la pieza: Se trata de una placa	Tipo: A588

Unión: A tope en V	soldada a tope en forma de V, donde la discontinuidad se refiere a la falta de fusión entre los pases de soldadura.		Proceso de referencia:					
Proceso de soldadura:	calibración: Block de calibración ASTM E 164 IIW		Procedimiento AWS D1.1					
Método de Ensayo: (X) Haz Angular () Haz Recto			Acoplante: Aqua Gelli					
Método de acondicionamiento: (X) Cepillada () Esmerilada () Mecanizada								
Frecuencia de la prueba: 5 MHz - Haz Angular								
Transductor: 5P13*13K2.5 Haz angular								
Número de Placa	Lado de la Placa	Angulo del haz	Nivel Decibeles (dB)		Tamaño de la Discontinuidad			
			63.5	A	Recorrido del haz	74.1	Distancia (mm)	
			67.3	B		Largo (mm)	16	A partir de X
			-0.166	C	Profundidad		27.2	
			-3.6	D				
1	A	68.2	Resultado del ensayo		Clase			
			Rechazado		A			
Observaciones:								
Resultado de la inspección: [] Aprobado [X] Rechazado [] Examen complementario								
Estudiante ----- Nombre: _____				Docente ----- Nombre: _____				

Esta discontinuidad de falta de fusión entre pases está representada por un gran pico con varios picos de pequeña amplitud como resultado de las reflexiones generadas a lo largo de la discontinuidad, como se muestra en la figura 55.

11.2 Probeta W1 - Lado B

Dimensiones: 150 x 100 x 8 mm

Material: Acero ASTM A588

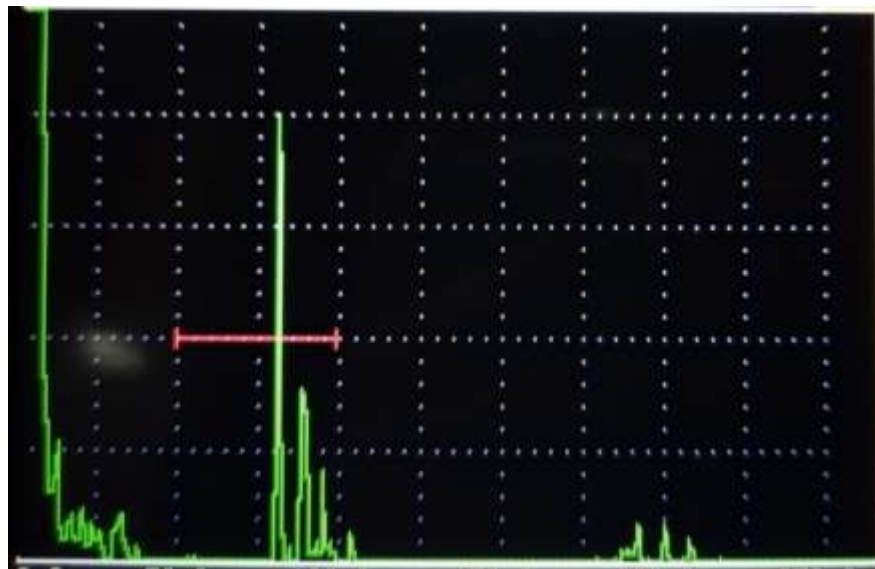
Parámetros:

Tabla 12: Muestra de parámetros de la inspección en W1-B

Ganancia	Angulo	Velocidad del sonido
67.3	68.2°	3245 m/s
Espesor de la pieza de trabajo	Frecuencia de prueba	Energía de pulso
8mm	5mhz	100v
Tipo de sonda	Amortiguación	Modo
MonoCristal angular	50 ohmios	Pulso-eco

Elaborada por: (Quintana y Sánchez, 2023)

Figura 56. Nivel de indicación de la discontinuidad en W1-B



Fuente: (Quintana y Sánchez, 2023)

La señal más alta se refiere a la ubicación donde se detecta la presencia de la discontinuidad.

Cálculos:

Longitud de la discontinuidad

L: 9 mm

Los estándares de aceptación de acuerdo a las directrices de la AWS D1.1.

$$D = A - B - C$$

Nivel de indicación A= 61 (dB)

Nivel de referencia B= 67.3 (dB)

Atenuación C= -0.166 (dB)

$$D = 61 - 67.3 + 0.166 = -6.13 \text{ (dB)}$$

De la tabla de criterios de aceptación, podemos ver que esto corresponde a una discontinuidad de clase A, esto quiere decir que es de tipo grande, por consiguiente la pieza se rechaza de manera inmediata.

Ficha técnica W1-B

Tema: Ensayo no destructivo por ultrasonido								
Proyecto: Inspección de placas				Fecha de elaboración:				
Instrumento: Equipo de Ultrasonido				Material: Acero				
Espesor(mm): 8	Detalle de la pieza: Una placa soldada a tope en forma de V, donde la discontinuidad presente es una grieta.			Tipo: A588				
Unión: A tope en V				Proceso de referencia: Procedimiento AWS D1.1				
Proceso de soldadura:	calibración: Block de calibración ASTM E 164 IIW							
Método de Ensayo: (X) Haz Angular () Haz Recto				Acoplante: Aqua Gelli				
Método de acondicionamiento: (X) Cepillada () Esmerilada () Mecanizada								
Frecuencia de la prueba: 5 MHz - Haz Angular								
Transductor: 5P13*13K2.5 Haz angular								
Número de Placa	Lado de la Placa	Angulo del haz	Nivel Decibeles (dB)		Tamaño de la Discontinuidad			
			A	61				
			B	67.3	Recorrido del haz	76	Distancia (mm)	
			C	-0.166	Largo (mm)	9	A partir de X	59
D	-6.13	Profundidad	27.8					

1	B	68.2	Resultado del ensayo	Clase	A partir de Y	15
			Rechazado	A		
Observaciones:						
Resultado de la inspección: [] Aprobado [X] Rechazado [] Examen complementario						
Estudiante ----- Nombre: _____				Docente ----- Nombre: _____		

11.3 Probeta W2

Dimensiones: 150 x 100 x 8 mm

Material: Acero ASTM A588

Parámetros:

Tabla 13: Muestra de parámetros de la inspección en W2

Ganancia	Angulo	Velocidad del sonido
67.3	68.2°	3245 m/s
Espesor de la pieza de trabajo	Frecuencia de prueba	Energía de pulso
8mm	5mhz	100v
Tipo de sonda	Amortiguación	Modo
MonoCristal angular	50 ohmios	Pulso-eco

Elaborada por: (Quintana y Sánchez, 2023)

Figura 57. Resultados del lado A y B de la probeta W2



Fuente: (Quintana y Sánchez, 2023)

Resultados:

El la inspección de la probeta W2 el equipo de Ultrasonido no encontró fallas de ningún tipo tanto del lado A como B, por consiguiente la pieza es aceptada.

11.4 Probeta W3

Dimensiones: 190 x 100 x 8 mm

Material: Acero ASTM A588

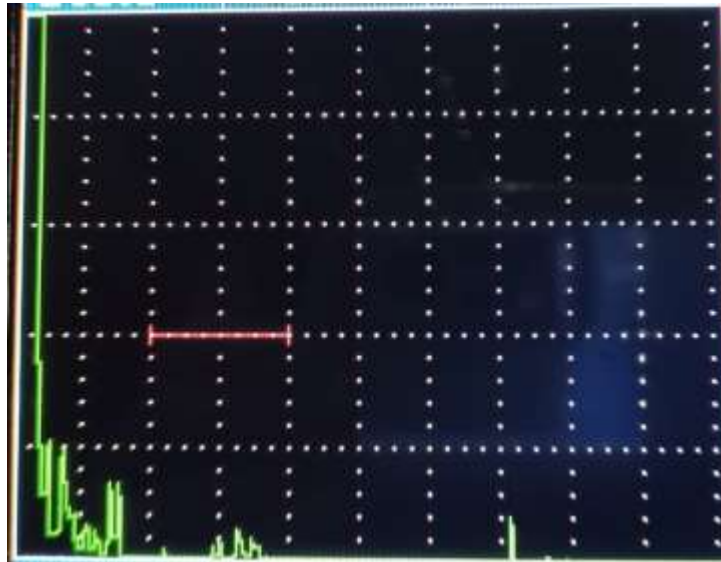
Parámetros:

Tabla 14: Muestra de parámetros de la inspección en W3

Ganancia	Angulo	Velocidad del sonido
67.3	68.2°	3245 m/s
Espesor de la pieza de trabajo	Frecuencia de prueba	Energía de pulso
8mm	5mhz	100v
Tipo de sonda	Amortiguación	Modo
MonoCristal angular	50 ohmios	Pulso-eco

Elaborada por: (Quintana y Sánchez, 2023)

Figura 58. Resultados del lado A y B de la probeta W3



Fuente: (Quintana y Sánchez, 2023)

Resultados:

El la inspección de la probeta W3 el equipo de Ultrasonido no encontró fallas de ningún tipo tanto del lado A como B, por consiguiente la pieza es aceptada.

11.5 Probeta W4

Dimensiones: 190 x 100 x 8 mm

Material: Acero ASTM A588

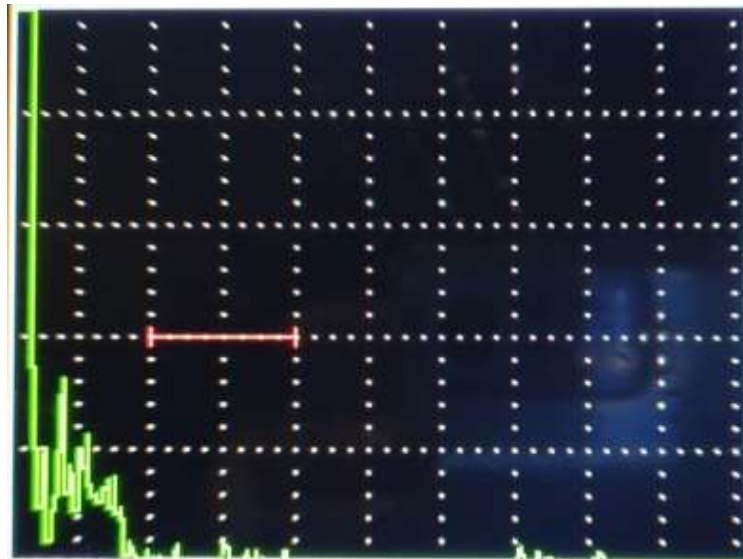
Parámetros:

Tabla 15: Muestra de parámetros de la inspección en W4

Ganancia	Angulo	Velocidad del sonido
67.3	68.2°	3245 m/s
Espesor de la pieza de trabajo	Frecuencia de prueba	Energía de pulso
8mm	5mhz	100v
Tipo de sonda	Amortiguación	Modo
MonoCristal angular	50 ohmios	Pulso-eco

Elaborada por: (Quintana y Sánchez, 2023)

Figura 59. Resultados del lado A y B de la probeta W4



Fuente: (Quintana y Sánchez, 2023)

Resultados:

El la inspección de la probeta W4 el equipo de Ultrasonido no encontró fallas de ningún tipo tanto del lado A como B, por consiguiente la pieza es aceptada.

11.6 Probeta W5 - Lado A

Dimensiones: 150 x 100 x 8 mm

Material: Acero ASTM A588

Parámetros:

Tabla 16: Muestra de parámetros de la inspección en W5-A

Ganancia	Angulo	Velocidad del sonido
67.3	68.2°	3245 m/s
Espesor de la pieza de trabajo	Frecuencia de prueba	Energía de pulso
8mm	5mhz	100v
Tipo de sonda	Amortiguación	Modo
MonoCristal angular	50 ohmios	Pulso-eco

Elaborada por: (Quintana y Sánchez, 2023)

Figura 60. Nivel de indicación de la discontinuidad en W5-A



Fuente: (Quintana y Sánchez, 2023)

La señal más alta se refiere a la ubicación donde se detecta la presencia de la discontinuidad.

Resultados:

Longitud de la discontinuidad

L: 11 mm

Los estándares de aceptación de acuerdo a las directrices de la AWS D1.1.

$$D = A - B - C$$

Nivel de indicación A = 64.2 (dB)

Nivel de referencia B = 67.3 (dB)

Atenuación C = -0.166 (dB)

$$D = 64.2 - 67.3 + 0.166 = -2.93 \text{ (dB)}$$

De la tabla de criterios de aceptación, podemos ver que esto corresponde a una discontinuidad de clase A, esto quiere decir que es de tipo grande.

Ficha técnica W5-A

Tema: Ensayo no destructivo por ultrasonido		
Proyecto: Inspección de placas		Fecha de elaboración:
Instrumento: Equipo de Ultrasonido		Material: Acero
Espesor(mm): 8	Detalle de la pieza: Se trata de una placa	Tipo: A588

Unión: A tope en V		soldada a tope en forma de V, donde se ha detectado una discontinuidad en la unión debido a la falta de fusión en la raíz de la soldadura.		Proceso de referencia: Procedimiento AWS D1.1				
Proceso de soldadura:		calibración: Block de calibración ASTM E 164 IIW						
Método de Ensayo: (X) Haz Angular () Haz Recto				Acoplante: Aqua Gelli				
Método de acondicionamiento: (X) Cepillada () Esmerilada () Mecanizada								
Frecuencia de la prueba: 5 MHz - Haz Angular								
Transductor: 5P13*13K2.5 Haz angular								
Número de Placa	Lado de la Placa	Angulo del haz	Nivel Decibeles (dB)		Tamaño de la Discontinuidad			
			A	64.2	Recorrido del haz	78.1	Distancia (mm)	
			B	67.3			Largo (mm)	11
			C	-0.166	Profundidad	28.6		
5	A	68.2	Resultado del ensayo		Clase			
			Rechazado		A		A partir de Y	17.1
Observaciones:								
Resultado de la inspección: [] Aprobado [X] Rechazado [] Examen complementario								
Estudiante ----- Nombre: _____			Docente ----- Nombre: _____					

La falta de fusión en la raíz de la soldadura está representada por un pico grande seguido de varios picos de mediana amplitud, así como se observa en la figura 60. Al existir menor

reflexión en la pared posterior de la probeta, los picos secundarios reducen en número y en amplitud.

11.6.1 Segunda discontinuidad del lado A

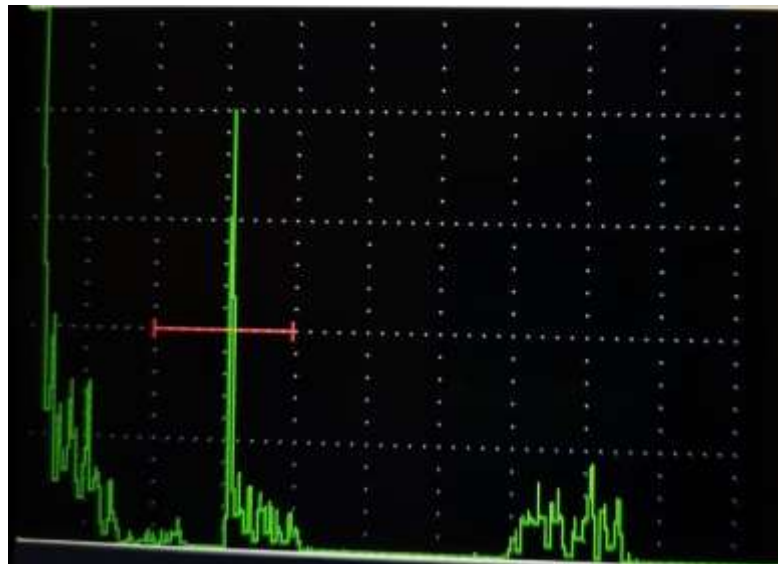
Parámetros:

Tabla 17: Muestra de parámetros de la inspección en la segunda discontinuidad en W5-A

Ganancia	Angulo	Velocidad del sonido
67.3	68.2°	3245 m/s
Espesor de la pieza de trabajo	Frecuencia de prueba	Energía de pulso
8mm	5mhz	100v
Tipo de sonda	Amortiguación	Modo
MonoCristal angular	50 ohmios	Pulso-eco

Elaborada por: (Quintana y Sánchez, 2023)

Figura 61. Nivel de indicación de una segunda discontinuidad en W5-A



Fuente: (Quintana y Sánchez, 2023)

La señal más alta se refiere a la ubicación donde se detecta la presencia de la discontinuidad.

Resultados:

Longitud de la discontinuidad

L: 8 mm

Los estándares de aceptación de acuerdo a las directrices de la AWS D1.1.

$$D = A - B - C$$

Nivel de indicación A = 68.6 (dB)

Nivel de referencia B = 67.3 (dB)

Atenuación C = -0.166 (dB)

$$D = 68.6 - 67.3 + 0.166 = 1.46 \text{ (dB)}$$

De la tabla de criterios de aceptación, podemos ver que esto corresponde a una discontinuidad de clase A, esto quiere decir que es de tipo grande.

Ficha técnica segunda discontinuidad en W5-A

Tema: Ensayo no destructivo por ultrasonido								
Proyecto: Inspección de placas				Fecha de elaboración:				
Instrumento: Equipo de Ultrasonido				Material: Acero				
Espesor(mm): 8		Detalle de la pieza: Se trata de una placa soldada en forma de V cuya falta de continuidad se debe a la presencia de escoria.		Tipo: A588				
Unión: A tope en V				Proceso de referencia:				
Proceso de soldadura:		calibración: Block de calibración ASTM E 164 IIW		Procedimiento AWS D1.1				
Método de Ensayo: (X) Haz Angular () Haz Recto				Acoplante: Aqua Gelli				
Método de acondicionamiento: (X) Cepillada () Esmerilada () Mecanizada								
Frecuencia de la prueba: 5 MHz - Haz Angular								
Transductor: 5P13*13K2.5 Haz angular								
Número de Placa	Lado de la Placa	Angulo del haz	Nivel Decibeles (dB)		Tamaño de la Discontinuidad			
			A	68.6				
			B	67.3	Recorrido del haz	76.6	Distancia (mm)	
			C	-0.166	Largo (mm)	8	A partir de X	113
D	1.46	Profundidad	28.2					

5	A	68.2	Resultado del ensayo	Clase	A partir de Y	16.6
			Rechazado	A		
Observaciones:						
Resultado de la inspección: [] Aprobado [X] Rechazado [] Examen complementario						
Estudiante ----- Nombre: _____				Docente ----- Nombre: _____		

Como se mostró en la figura 61, la inclusión de escoria es una gran discontinuidad, por lo que regularmente hay muy poca presencia de haces secundarios reflejados desde la parte posterior de la probeta.

11.7 Probeta W5 - Lado B

Dimensiones: 150 x 100 x 8 mm

Material: Acero ASTM A588

Parámetros:

Tabla 18: Muestra de parámetros de la inspección en W5-B

Ganancia	Angulo	Velocidad del sonido
67.3	68.2°	3245 m/s
Espesor de la pieza de trabajo	Frecuencia de prueba	Energía de pulso
8mm	5mhz	100v
Tipo de sonda	Amortiguación	Modo
MonoCristal angular	50 ohmios	Pulso-eco

Elaborada por: (Quintana y Sánchez, 2023)

Figura 62. Nivel de indicación de la discontinuidad en W5-B



Fuente: (Quintana y Sánchez, 2023)

La señal más alta se refiere a la ubicación donde se detecta la presencia de la discontinuidad.

Resultados:

Longitud de la discontinuidad

L: 10 mm

Los estándares de aceptación de acuerdo a las directrices de la AWS D1.1.

$$D = A - B - C$$

Nivel de indicación A = 57.6 (dB)

Nivel de referencia B = 67.3 (dB)

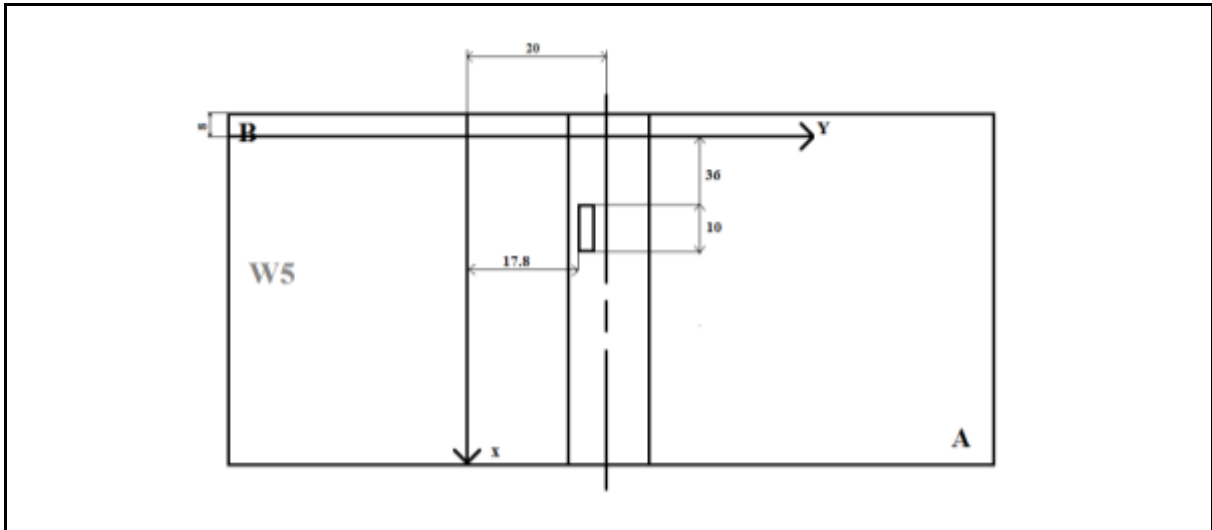
Atenuación C = -0.166 (dB)

$$D = 57.6 - 67.3 + 0.166 = -9.53 \text{ (dB)}$$

De la tabla de criterios de aceptación, podemos ver que esto corresponde a una discontinuidad de clase A, esto quiere decir que es de tipo grande.

Ficha técnica W5-B

Tema: Ensayo no destructivo por ultrasonido		
Proyecto: Inspección de placas		Fecha de elaboración:
Instrumento: Equipo de Ultrasonido		Material: Acero
Espesor(mm): 8	Detalle de la pieza: Se trata de una placa soldada en forma de V cuya falta de continuidad se debe a la presencia de escoria.	Tipo: A588
Unión: A tope en V		Proceso de referencia:
Proceso de soldadura:	calibración: Block de calibración ASTM E 164 IIW	Procedimiento AWS D1.1
Método de Ensayo: (X) Haz Angular () Haz Recto		Acoplante: Aqua Gelli
Método de acondicionamiento: (X) Cepillada () Esmerilada () Mecanizada		
Frecuencia de la prueba: 5 MHz - Haz Angular		



Transductor: 5P13*13K2.5 Haz angular

Número de Placa	Lado de la Placa	Angulo del haz	Nivel Decibeles (dB)		Tamaño de la Discontinuidad				
			A	57.6	Recorrido del haz		71.6	Distancia (mm)	
			B	67.3 <th colspan="2">Largo (mm)</th> <td>10</td> <th rowspan="2">A partir de X</th> <td rowspan="2">36</td>	Largo (mm)		10	A partir de X	36
			C	-0.166	Profundidad		26.2		
D	-9.53								
5	B	68.2	Resultado del ensayo		Clase		A partir de Y	17.8	
			Rechazado		A				

Observaciones:

Resultado de la inspección: [] Aprobado [X] Rechazado [] Examen complementario

Estudiante	Docente
-----	-----
Nombre: _____	Nombre: _____

Como se mostró en la figura 62, la inclusión de escoria es una gran discontinuidad, por lo que regularmente hay muy poca presencia de haces secundarios reflejados desde la parte posterior de la probeta.

11.7.1 Segunda discontinuidad del lado B

Parámetros:

Tabla 19: Muestra de parámetros de la inspección en la segunda discontinuidad de W5-B

Ganancia	Angulo	Velocidad del sonido
67.3	68.2°	3245 m/s
Espesor de la pieza de trabajo	Frecuencia de prueba	Energía de pulso
8mm	5mhz	100v
Tipo de sonda	Amortiguación	Modo
MonoCristal angular	50 ohmios	Pulso-eco

Elaborada por: Los autores

Figura 63. Nivel de indicación de una segunda discontinuidad en W5-B



Fuente: (Quintana y Sánchez, 2023)

La señal más alta se refiere a la ubicación donde se detecta la presencia de la discontinuidad.

Resultados:

Longitud de la discontinuidad

L: 10 mm

Los estándares de aceptación de acuerdo a las directrices de la AWS D1.1.

$$D = A - B - C$$

Nivel de indicación A = 59.2 (dB)

Nivel de referencia B = 67.3 (dB)

Atenuación C = -0.166 (dB)

$$D = 59.2 - 67.3 + 0.166 = -7.93 \text{ (dB)}$$

De la tabla de criterios de aceptación, podemos ver que esto corresponde a una discontinuidad de clase A, esto quiere decir que es de tipo grande, por consiguiente la pieza se rechaza de manera inmediata.

Ficha técnica segunda discontinuidad en W5-B

Tema: Ensayo no destructivo por ultrasonido		
Proyecto: Inspección de placas		Fecha de elaboración:
Instrumento: Equipo de Ultrasonido		Material: Acero
Espesor(mm): 8	Detalle de la pieza: Se trata de una placa	Tipo: A588

Unión: A tope en V		soldada en forma de V cuya falta de continuidad se debe a la presencia de escoria.		Proceso de referencia:				
Proceso de soldadura:		calibración: Block de calibración ASTM E 164 IIW		Procedimiento AWS D1.1				
Método de Ensayo: (X) Haz Angular () Haz Recto				Acoplante: Aqua Gelli				
Método de acondicionamiento: (X) Cepillada () Esmerilada () Mecanizada								
Frecuencia de la prueba: 5 MHz - Haz Angular								
Transductor: 5P13*13K2.5 Haz angular								
Número de Placa	Lado de la Placa	Angulo del haz	Nivel Decibeles (dB)		Tamaño de la Discontinuidad			
			A	59.2	Recorrido del haz	73.3	Distancia (mm)	
			B	67.3			Largo (mm)	10
			C	-0.166	Profundidad	26.8		
D	-7.93							
5	B	68.2	Resultado del ensayo		Clase			
			Rechazado		A			
Observaciones:								
Resultado de la inspección: [] Aprobado [X] Rechazado [] Examen complementario								
Estudiante ----- Nombre: _____				Docente ----- Nombre: _____				

Como se mostró en la figura 62, la inclusión de escoria es una gran discontinuidad, por lo que regularmente hay muy poca presencia de haces secundarios reflejados desde la parte posterior de la probeta.

11.8 Probeta W6 - Lado A

Dimensiones: 190 x 100 x 8 mm

Material: Acero ASTM A588

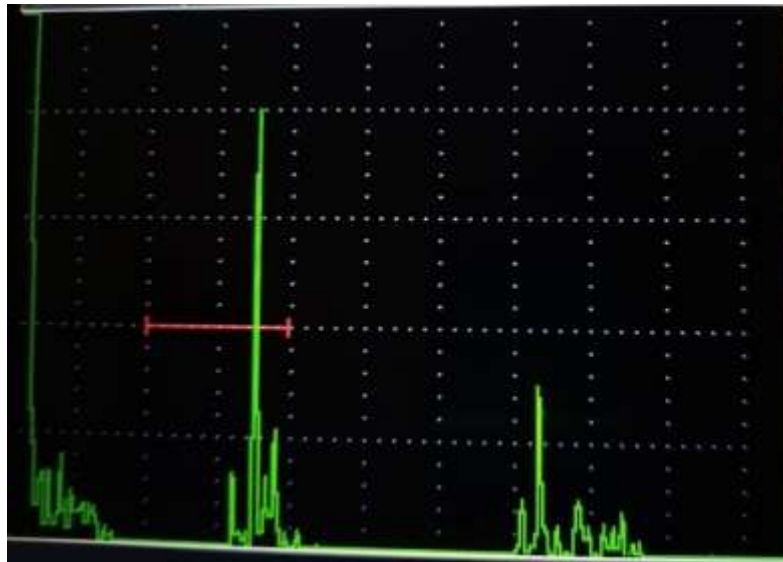
Parámetros:

Tabla 20: Muestra de parámetros de la inspección en W6-A

Ganancia	Angulo	Velocidad del sonido
67.3	68.2°	3245 m/s
Espesor de la pieza de trabajo	Frecuencia de prueba	Energía de pulso
8mm	5mhz	100v
Tipo de sonda	Amortiguación	Modo
MonoCristal angular	50 ohmios	Pulso-eco

Elaborada por: (Quintana y Sánchez, 2023)

Figura 64. Nivel de indicación de la discontinuidad en W6-A



Fuente: (Quintana y Sánchez, 2023)

La señal más alta se refiere a la ubicación donde se detecta la presencia de la discontinuidad.

Resultados:

Longitud de la discontinuidad

L: 12 mm

Los estándares de aceptación de acuerdo a las directrices de la AWS D1.1.

$$D = A - B - C$$

Nivel de indicación A = 59.4 (dB)

Nivel de referencia B= 67.3 (dB)

Atenuación C= -0.166 (dB)

$$D = 59.4 - 67.3 + 0.166 = -7.73 \text{ (dB)}$$

De la tabla de criterios de aceptación, podemos ver que esto corresponde a una discontinuidad de clase A, esto quiere decir que es de tipo grande.

Ficha técnica W6-A

Tema: Ensayo no destructivo por ultrasonido								
Proyecto: Inspección de placas				Fecha de elaboración:				
Instrumento: Equipo de Ultrasonido				Material: Acero				
Espesor(mm): 8		Detalle de la pieza: Se trata de una placa soldada a tope en forma de V, donde la discontinuidad se refiere a la falta de fusión entre los pases de soldadura.		Tipo: A588				
Unión: A tope en V				Proceso de referencia: Procedimiento AWS D1.1				
Proceso de soldadura:		calibración: Block de calibración ASTM E 164 IIW						
Método de Ensayo: (X) Haz Angular () Haz Recto				Acoplante: Aqua Gelli				
Método de acondicionamiento: (X) Cepillada () Esmerilada () Mecanizada								
Frecuencia de la prueba: 5 MHz - Haz Angular								
Transductor: 5P13*13K2.5 Haz angular								
Número de Placa	Lado de la Placa	Angulo del haz	Nivel Decibeles (dB)		Tamaño de la Discontinuidad			
			A	59.4				
			B	67.3	Recorrido del haz	87.4	Distancia (mm)	
			C	-0.166	Largo (mm)	12	A partir de X	83
D	-7.73	Profundidad	32.03					

6	A	68.2	Resultado del ensayo	Clase	A partir de Y	15.2
			Rechazado	A		
Observaciones:						
Resultado de la inspección: <input type="checkbox"/> Aprobado <input checked="" type="checkbox"/> Rechazado <input type="checkbox"/> Examen complementario						
Estudiante ----- Nombre: _____				Docente ----- Nombre: _____		

Esta discontinuidad de falta de fusión entre pases está representada por un gran pico con varios picos de pequeña amplitud como resultado de las reflexiones generadas a lo largo de la discontinuidad, como se muestran en la figura 64.

11.9 Probeta W6 - Lado B

Dimensiones: 190 x 100 x 8 mm

Material: Acero ASTM A588

Parámetros:

Tabla 21: Muestra de parámetros de la inspección en W6-B

Ganancia	Angulo	Velocidad del sonido
67.3	68.2°	3245 m/s
Espesor de la pieza de trabajo	Frecuencia de prueba	Energía de pulso
8mm	5mhz	100v
Tipo de sonda	Amortiguación	Modo
MonoCristal angular	50 ohmios	Pulso-eco

Elaborada por: (Quintana y Sánchez, 2023)

Figura 65. Nivel de indicación de la discontinuidad en W6-B



Fuente: (Quintana y Sánchez, 2023)

La señal más alta se refiere a la ubicación donde se detecta la presencia de la discontinuidad.

Resultados:

Longitud de la discontinuidad

L: 10 mm

Los estándares de aceptación de acuerdo a las directrices de la AWS D1.1.

$$D = A - B - C$$

Nivel de indicación A = 66.4 (dB)

Nivel de referencia B = 67.3 (dB)

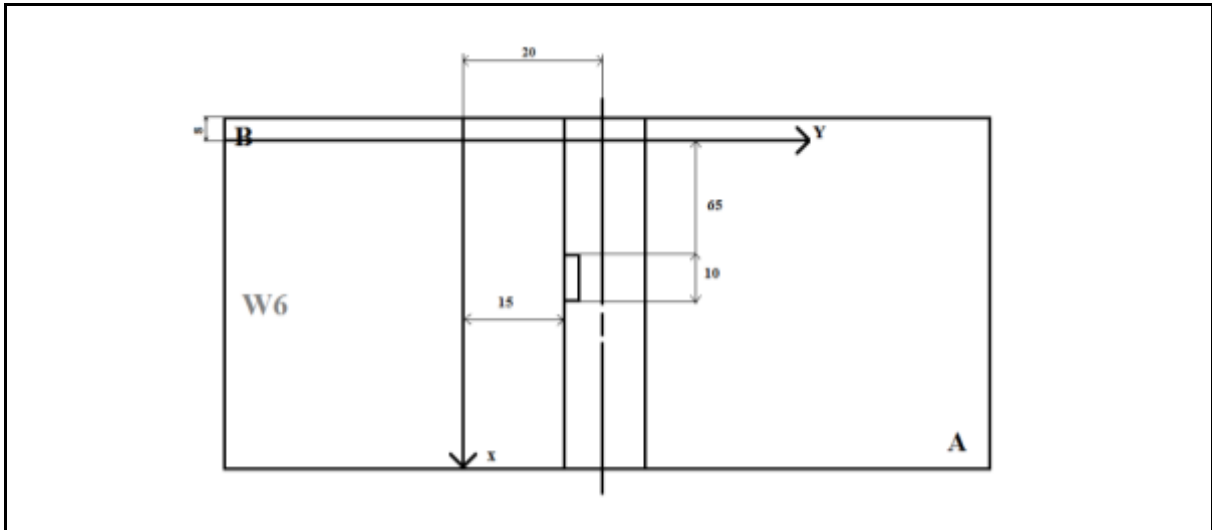
Atenuación C = -0.166 (dB)

$$D = 66.4 - 67.3 + 0.166 = -0.734 \text{ (dB)}$$

De la tabla de criterios de aceptación, podemos ver que esto corresponde a una discontinuidad de clase A, esto quiere decir que es de tipo grande. Por consiguiente la pieza se rechaza de manera inmediata.

Ficha técnica W6-B

Tema: Ensayo no destructivo por ultrasonido		
Proyecto: Inspección de placas		Fecha de elaboración:
Instrumento: Equipo de Ultrasonido		Material: Acero
Espesor(mm): 8	Detalle de la pieza: Se trata de una placa soldada a tope en forma de V, donde la discontinuidad se refiere a la falta de fusión entre los pases de soldadura.	Tipo: A588
Unión: A tope en V		Proceso de referencia: Procedimiento AWS D1.1
Proceso de soldadura:	calibración: Block de calibración ASTM E 164 IIW	
Método de Ensayo: (X) Haz Angular () Haz Recto		Acoplante: Aqua Gelli
Método de acondicionamiento: (X) Cepillada () Esmerilada () Mecanizada		
Frecuencia de la prueba: 5 MHz - Haz Angular		



Transductor: 5P13*13K2.5 Haz angular

Número de Placa	Lado de la Placa	Angulo del haz	Nivel Decibeles (dB)		Tamaño de la Discontinuidad				
			A	66.4	Recorrido del haz		91.6	Distancia (mm)	
			B	67.3 <th colspan="2">Largo (mm)</th> <td>10</td> <th rowspan="2">A partir de X</th> <td rowspan="2">65</td>	Largo (mm)		10	A partir de X	65
			C	-0.166	Profundidad		33.57		
D	-0.73	Resultado del ensayo		Clase		A partir de Y	15		
6	B	68.2	Rechazado		A				

Observaciones:

Resultado de la inspección: [] Aprobado [X] Rechazado [] Examen complementario

Estudiante ----- Nombre: _____	Docente ----- Nombre: _____
--------------------------------------	-----------------------------------

Esta discontinuidad de falta de fusión entre pases está representada por un gran pico con varios picos de pequeña amplitud como resultado de las reflexiones generadas a lo largo de la discontinuidad, como se muestra en la figura 65.

11.10 Probeta W7

Dimensiones: 150 x 100 x 8 mm

Material: Acero ASTM A588

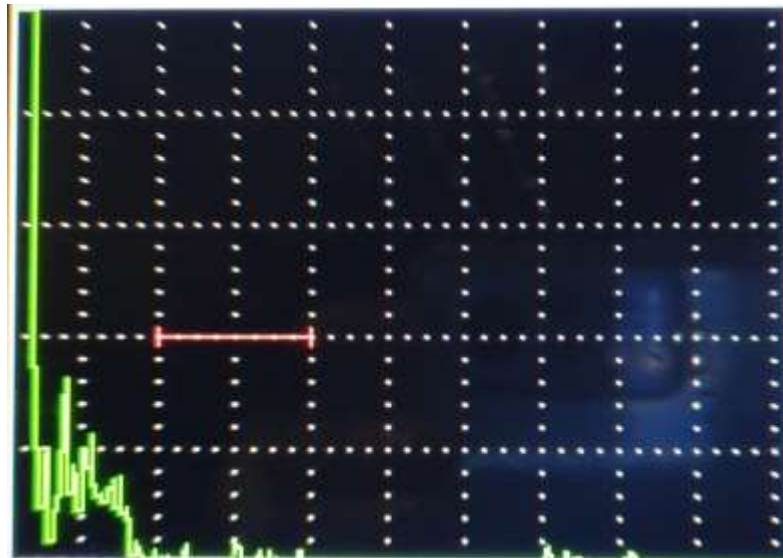
Parámetros:

Tabla 22: Muestra de parámetros de la inspección en W7

Ganancia	Angulo	Velocidad del sonido
67.3	68.2°	3245 m/s
Espesor de la pieza de trabajo	Frecuencia de prueba	Energía de pulso
8mm	5mhz	100v
Tipo de sonda	Amortiguación	Modo
MonoCristal angular	50 ohmios	Pulso-eco

Elaborada por: (Quintana y Sánchez, 2023)

Figura 66. Resultados del lado A y B de la probeta W7



Fuente: (Quintana y Sánchez, 2023)

Resultados:

El la inspección de la probeta W4 el equipo de Ultrasonido no encontró fallas de ningún tipo tanto del lado A como B, por consiguiente la pieza es aceptada.

11.11 Probeta W8 - Lado A

Dimensiones: 150 x 100 x 8 mm

Material: Acero ASTM A588

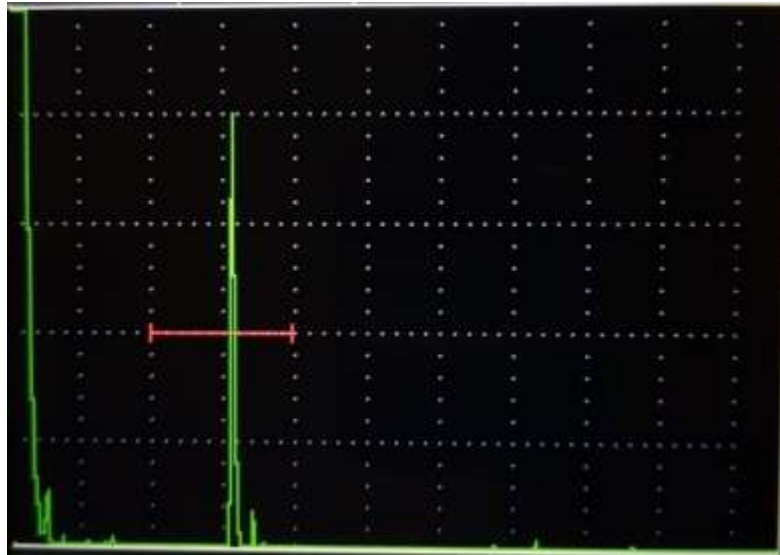
Parámetros:

Tabla 23: Muestra de parámetros de la inspección en W8-A

Ganancia	Angulo	Velocidad del sonido
67.3	68.2°	3245 m/s
Espesor de la pieza de trabajo	Frecuencia de prueba	Energía de pulso
8mm	5mhz	100v
Tipo de sonda	Amortiguación	Modo
MonoCristal angular	50 ohmios	Pulso-eco

Elaborada por: (Quintana y Sánchez, 2023)

Figura 67. Nivel de indicación de la discontinuidad en W8-A



Fuente: (Quintana y Sánchez, 2023)

La señal más alta se refiere a la ubicación donde se detecta la presencia de la discontinuidad.

Resultados:

Longitud de la discontinuidad

L: 10.1 mm

Los estándares de aceptación de acuerdo a las directrices de la AWS D1.1.

$$D = A - B - C$$

Nivel de indicación A = 54.8 (dB)

Nivel de referencia B = 67.3 (dB)

Atenuación C = -0.166 (dB)

$$D = 54.8 - 67.3 + 0.166 = -12.33 \text{ (dB)}$$

De la tabla de criterios de aceptación, podemos ver que esto corresponde a una discontinuidad de clase A, esto quiere decir que es de tipo grande.

Ficha técnica W8-A

Tema: Ensayo no destructivo por ultrasonido		
Proyecto: Inspección de placas		Fecha de elaboración:
Instrumento: Equipo de Ultrasonido		Material: Acero
Espesor(mm): 8	Detalle de la pieza: Se trata de una placa	Tipo: A588

Unión: A tope en V		soldada en forma de V cuya falta de continuidad se debe a la presencia de escoria.		Proceso de referencia:				
Proceso de soldadura:		calibración: Block de calibración ASTM E 164 IIW		Procedimiento AWS D1.1				
Método de Ensayo: (X) Haz Angular () Haz Recto				Acoplante: Aqua Gelli				
Método de acondicionamiento: (X) Cepillada () Esmerilada () Mecanizada								
Frecuencia de la prueba: 5 MHz - Haz Angular								
Transductor: 5P13*13K2.5 Haz angular								
Número de Placa	Lado de la Placa	Angulo del haz	Nivel Decibeles (dB)		Tamaño de la Discontinuidad			
			A	54.8	Recorrido del haz	77.4	Distancia (mm)	
			B	67.3			Largo (mm)	10.1
			C	-0.166	Profundidad	28.3		
D	-12.3							
8	A	68.2	Resultado del ensayo		Clase			
			Rechazado		A		A partir de Y	19.2
Observaciones:								
Resultado de la inspección: [] Aprobado [X] Rechazado [] Examen complementario								
Estudiante ----- Nombre: _____			Docente ----- Nombre: _____					

Como se mostró en la figura 67, la inclusión de escoria es una gran discontinuidad, por lo que regularmente hay muy poca presencia de haces secundarios reflejados desde la parte posterior de la probeta.

11.12 Probeta W8 - Lado B

Dimensiones: 150 x 100 mm

Material: Acero ASTM A588

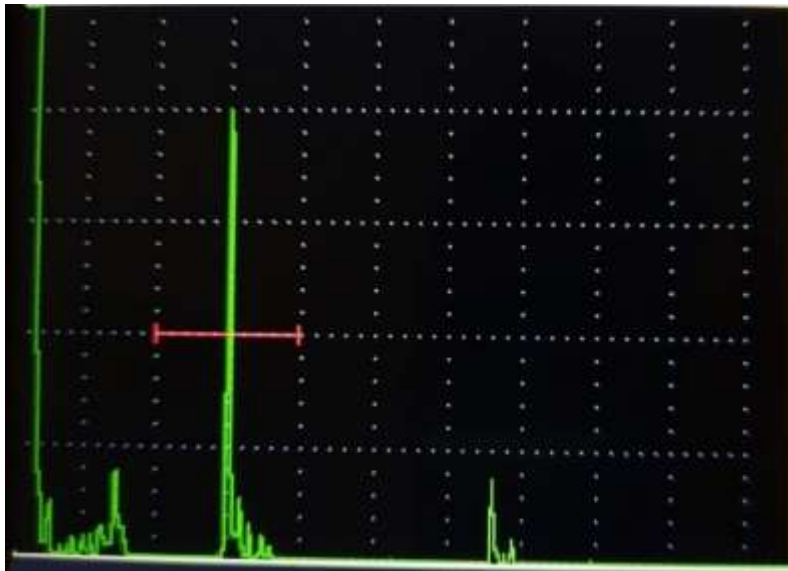
Parámetros:

Tabla 24: Muestra de parámetros de la inspección en W8-B

Ganancia	Angulo	Velocidad del sonido
67.3	68.2°	3245 m/s
Espesor de la pieza de trabajo	Frecuencia de prueba	Energía de pulso
8mm	5mhz	100v
Tipo de sonda	Amortiguación	Modo
MonoCristal angular	50 ohmios	Pulso-eco

Elaborada por: (Quintana y Sánchez, 2023)

Figura 68. Nivel de indicación de la discontinuidad en W8-B



Fuente: (Quintana y Sánchez, 2023)

La señal más alta se refiere a la ubicación donde se detecta la presencia de la discontinuidad.

Resultados:

Longitud de la discontinuidad

L: 52 mm

Los estándares de aceptación de acuerdo a las directrices de la AWS D1.1.

$$D = A - B - C$$

Nivel de indicación A = 56 (dB)

Nivel de referencia B = 67.3 (dB)

Atenuación C = -0.166 (dB)

$$D = 56 - 67.3 + 0.166 = -11.13 \text{ (dB)}$$

De la tabla de criterios de aceptación, podemos ver que esto corresponde a una discontinuidad de clase A, esto quiere decir que es de tipo grande. Por consiguiente la pieza se rechaza de manera inmediata.

Ficha técnica W8-B

Tema: Ensayo no destructivo por ultrasonido								
Proyecto: Inspección de placas				Fecha de elaboración:				
Instrumento: Equipo de Ultrasonido				Material: Acero				
Espesor(mm): 8		Detalle de la pieza: Se trata de una placa soldada en forma de V cuya falta de continuidad se debe a la presencia de escoria.		Tipo: A588				
Unión: A tope en V				Proceso de referencia:				
Proceso de soldadura:		calibración: Block de calibración ASTM E 164 IIW		Procedimiento AWS D1.1				
Método de Ensayo: (X) Haz Angular () Haz Recto				Acoplante: Aqua Gelli				
Método de acondicionamiento: (X) Cepillada () Esmerilada () Mecanizada								
Frecuencia de la prueba: 5 MHz - Haz Angular								
Transductor: 5P13*13K2.5 Haz angular								
Número de Placa	Lado de la Placa	Angulo del haz	Nivel Decibeles (dB)		Tamaño de la Discontinuidad			
			A	56				
			B	67.3	Recorrido del haz	74.1	Distancia (mm)	
			C	-0.166	Largo (mm)	52	A partir de X	78.3
D	-11.1	Profundidad	27.15					

8	B	68.2	Resultado del ensayo	Clase	A partir de Y	18.4
			Rechazado	A		
Observaciones:						
Resultado de la inspección: [] Aprobado [X] Rechazado [] Examen complementario						
Estudiante ----- Nombre: _____				Docente ----- Nombre: _____		

Como se mostró en la figura 68, la inclusión de escoria es una gran discontinuidad, por lo que regularmente hay muy poca presencia de haces secundarios reflejados desde la parte posterior de la probeta.

11.13 Probeta W9 - Lado A

Dimensiones: 190 x 100 x 8 mm

Material: Acero ASTM A588

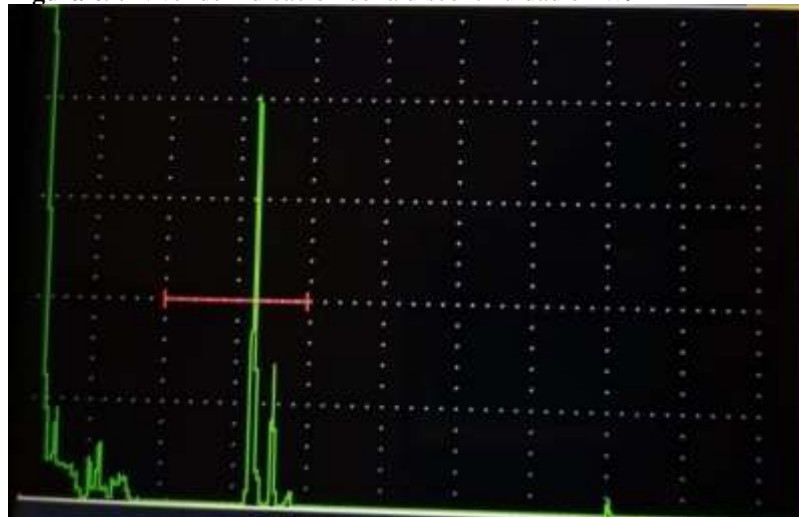
Parámetros:

Tabla 25: Muestra de parámetros de la inspección en W9-A

Ganancia	Angulo	Velocidad del sonido
67.3	68.2°	3245 m/s
Espesor de la pieza de trabajo	Frecuencia de prueba	Energía de pulso
8mm	5mhz	100v
Tipo de sonda	Amortiguación	Modo
MonoCristal angular	50 ohmios	Pulso-eco

Elaborada por: (Quintana y Sánchez, 2023)

Figura 69. Nivel de indicación de la discontinuidad en W9-A



Fuente: (Quintana y Sánchez, 2023)

La señal más alta se refiere a la ubicación donde se detecta la presencia de la discontinuidad.

Resultados:

Longitud de la discontinuidad

L: 15 mm

Los estándares de aceptación de acuerdo a las directrices de la AWS D1.1.

$$D = A - B - C$$

Nivel de indicación A = 59 (dB)

Nivel de referencia B = 67.3 (dB)

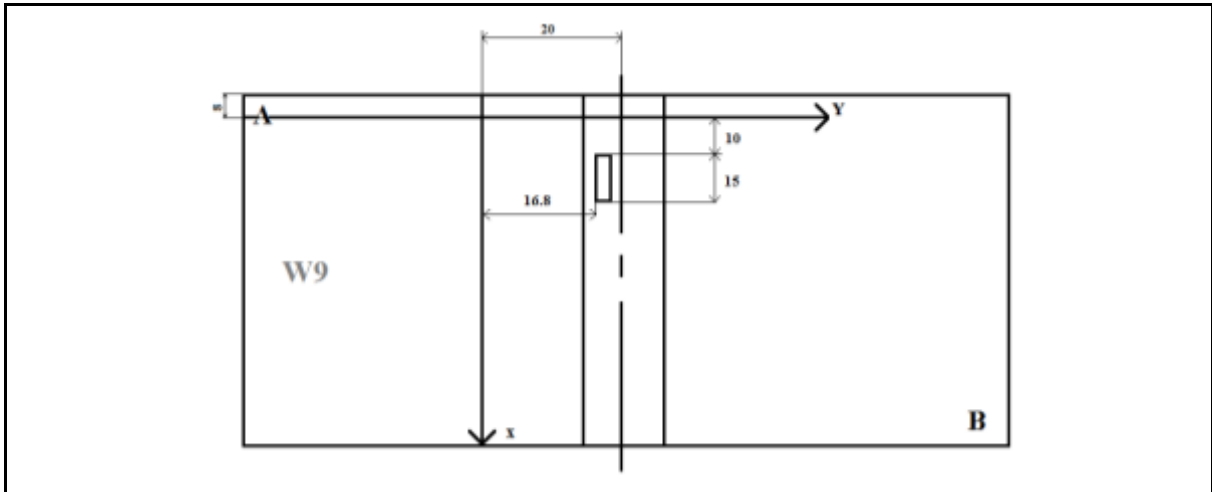
Atenuación C = -0.166 (dB)

$$D = 59 - 67.3 + 0.166 = -8.13 \text{ (dB)}$$

De la tabla de criterios de aceptación, podemos ver que esto corresponde a una discontinuidad de clase A, esto quiere decir que es de tipo grande. Por consiguiente la pieza se rechaza de manera inmediata.

Ficha técnica W9-A

Tema: Ensayo no destructivo por ultrasonido		
Proyecto: Inspección de placas		Fecha de elaboración:
Instrumento: Equipo de Ultrasonido		Material: Acero
Espesor(mm): 8	Detalle de la pieza: Se trata de una placa soldada a tope en forma de V, donde la discontinuidad se refiere a la falta de fusión entre los pases de soldadura.	Tipo: A588
Unión: A tope en V		Proceso de referencia: Procedimiento AWS D1.1
Proceso de soldadura:	calibración: Block de calibración ASTM E 164 IIW	
Método de Ensayo: (X) Haz Angular () Haz Recto		Acoplante: Aqua Gelli
Método de acondicionamiento: (X) Cepillada () Esmerilada () Mecanizada		
Frecuencia de la prueba: 5 MHz - Haz Angular		



Transductor: 5P13*13K2.5 Haz angular

Número de Placa	Lado de la Placa	Angulo del haz	Nivel Decibeles (dB)		Tamaño de la Discontinuidad			
			A	59	Recorrido del haz	80	Distancia (mm)	
			B	67.3		Largo (mm)	15	A partir de X
			C	-0.166	Profundidad	29.3		
9	A	68.2	Resultado del ensayo		Clase		A partir de Y	16.8
			Rechazado		A			

Observaciones:

Resultado de la inspección: Aprobado Rechazado Examen complementario

Estudiante	Docente
-----	-----
Nombre: _____	Nombre: _____

Esta discontinuidad de falta de fusión entre pases está representada por un gran pico con varios picos de pequeña amplitud como resultado de las reflexiones generadas a lo largo de la discontinuidad, como se muestra en la figura 69.

12. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES Y ECONÓMICOS)

12.1 Impacto técnico

El aporte técnico del proyecto se basa en el uso del ultrasonido en ensayos no destructivos. En este caso, es necesario recalcar que el conocimiento de ésta materia es muy importante puesto que hoy día se encuentra sumergido en varios campos de la industria para procesos de fabricación, mantenimiento y a la vez garantizar el control de calidad.

12.2 Impacto social

El equipo de inspección por ultrasonido ayudara a los estudiantes de la carrera de Electromecánicas a que aprendan sobre este tipo de ensayo no destructivo y también puedan adquirir conocimientos tanto teóricos como prácticos.

12.3 Impacto económico

Mejora la calidad y seguridad de los productos, reducir los costos asociados con la reparación y reemplazo de productos y mejorar la eficiencia en la producción. Sin embargo, es importante tener en cuenta que el impacto económico específico puede variar dependiendo de la industria y la aplicación específica.

13. PRESUPUESTO GENERAL

Tabla 26: Presupuesto.

PRESUPUESTO PARA LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO				
Recursos	Cantidad	Unidad	Valor Unitario	Valor Total
			\$	\$
Equipos				
YUT 2600 Ultrasonido	1	Equipo	2014,00	2014,00
Probetas para ensayos 8mm	9	Probetas	5,00	45,00
Lijas	8	Lijas	0,30	2,40
Disco Polifan de 120 dientes	1	Discos	5,00	5,00
Equipo y mano de obra de soldadura en V	9	Placas	10,00	90,00
Acoplante Aqua Gelli Bottle	1	unidad	40,00	40,00
Recursos Varios				
Transporte(bus, taxi, tricimoto)			40,00	40,00
Internet	5	meses	25,00	125,00
Alimentación	15		2,50	37,50
Recursos tecnológicos				
Laptop HP ryzen 7	1		500,00	500,00
Recursos materiales				
Impresiones	150	Hojas	0,10	15,00

Cartucho para impresora hp 950	2	Cartuchos	35,00	70,00
Resma de papel bond Xerox	3	Resmas	4,18	12,54
Sub Total				2746,74
12%				249,703
TOTAL				2996,44

Elaborado por: (Quintana y Sánchez, 2023)

14. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Tabla 27: Cronograma de actividades.

ACTIVIDADES DESARROLLADAS	TIEMPO																			
	OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE				ENERO				FEBRERO			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Dimensionamiento del proyecto																				
Manejo y procesamiento de información																				
Planteamiento, formulación y delimitación del Problema.																				
Diseño de los objetivos y justificación																				
Antecedentes de investigación.																				
Estado del arte relacionado a la temática o marco teórico																				
Presentación del avance del trabajo de Titulación.																				
Determinación de la Metodología de la Investigación.																				
Cotización de los materiales y del equipo																				
Elaboración de los ensayos con el equipo de ultrasonido Yut-2600																				
Redacción de análisis de los resultados																				
Conclusiones de la investigación																				
Revisión del proyecto																				
Aprobación del tutor																				
Designación del tribunal de lectores																				
Revisión y aprobación de los lectores																				
Revisión de la estructura del documento por parte de la bibliotecaria																				
Entrega de empastado de proyecto de titulación																				
Sustentación del proyecto de titulación.																				

Elaborado por: (Quintana y Sánchez, 2023)

15. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

15.1 Conclusiones

Las técnicas basadas en ultrasonido son un método de examen muy apreciado por su naturaleza no invasiva y no radiactiva y requieren una electrónica relativamente económica. Son populares con el objetivo de obtener un sistema de inspección confiable y robusta para reemplazar las pruebas destructivas.

Otro aspecto a destacar es que el ensayo por ultrasonido es una alternativa más segura y económica que otras técnicas de inspección, como la inspección visual, la radiografía o la penetración líquida. Además, el ensayo por ultrasonido puede realizarse en una amplia variedad de materiales, desde metales hasta materiales compuestos, lo que lo hace ideal para una variedad de aplicaciones en diferentes industrias. En definitiva, el ensayo por ultrasonido es una herramienta valiosa en la detección y prevención de problemas y defectos en materiales y estructuras, y su uso continúa creciendo en popularidad y aplicación.

En conclusión, se debe enfatizar que el Ultrasonidos Yut-2600 debe ser considerado como una herramienta confiable para realizar el control de calidad de los procesos de soldadura. Desarrolle teoría y práctica disciplinadas para adquirir las habilidades necesarias para realizar inspecciones óptimas que cumplan con los estándares. Esto se debe a que las inspecciones siempre están sujetas principalmente a los inspectores y dependen de su capacidad para verificar, evaluar y clasificar defectos.

15.2 Recomendaciones

- Mantener un registro detallado de todas las mediciones y resultados del ensayo.
- Verificar regularmente la integridad de las conexiones y las piezas del equipo de ensayo para garantizar una operación segura y confiable.
- Utilizar técnicas de protección adecuadas para minimizar el riesgo de daño al material durante el ensayo.
- luego de utilizar el equipo de ultrasonido, limpiar adecuadamente los palpadores, esto con el fin de mantener las piezas en buen estado y asegurarse de una correcta transmisión de las señales de ultrasonido en futuros ensayos
- Es de suma importancia de que antes de llevar a cabo cualquier ensayo por ultrasonido para la detección de discontinuidades, examinar las normas que corresponden conforme al material a ensayar, ya que las normas mostraran el procedimiento a emplear para la calibración del equipo que luego se utilizara para detectar las discontinuidades en la pieza.

16. BIBLIOGRAFÍA

- Rodríguez, F. (2020). *Aplicaciones de la termografía infrarroja en las instalaciones eléctricas*. [Título profesional, Universidad de Sevilla]. <http://tiny.cc/ye04vz>
- Pérez, A., Duffus, A., Gómez, C. & Castillo, F. (2013). *Observación y cuantificación de defectos en soldaduras a través del procesamiento digital de imágenes termográficas*, 16(3), 246-256. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59442013000300009
- Espinosa, E. (2019). *Elaboración de una metodología para la detección de fallas en estructuras metálicas empleando técnicas no destructivas*. [Título profesional, Universidad Católica del Ecuador]. <http://tiny.cc/4f04vz>
- Verdezoto, N. (2015). *“Propuesta de elaboración de un plan de mantenimiento predictivo, basado en la criticidad de los equipos del proceso de laminación en caliente para la empresa andec s.a.* [Título profesional, Universidad de Guayaquil]. Repositorio Institucional de la Universidad de Guayaquil <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/8852/1/TESIS%20COMPLETA%20VERDEZOTO%20ALVAREZ%20NATALI.pdf>
- Ospina Lopez, R., Hernando Trujillo, C., & Parra L, H. (2011). *Aplicación y selección de ensayos no destructivos para la evaluación de uniones soldadas*. *Scientia Et Technica*, XVI(48), 196-201.
- Araque de los Ríos, O. J. (2015). *Caracterización de discontinuidades típicas en soldadura, utilizando la técnica de Ultrasonido Pulso Eco-Scan A*. *Scientia Et Technica*, 20(4), 335–341. <https://doi.org/10.22517/23447214.10501>
- Romero, B., Proboste, F. (2013). *Aplicación del ultrasonido al control de calidad de procesos de soldadura*. [Título profesional, Universidad del Bío-Bío]. Repositorio Institucional de la Universidad del Bío-Bío http://repobib.ubiobio.cl/jspui/bitstream/123456789/799/1/Romero_Reyes_Bernardo.pdf
- Castillo Gonzales, S., Inostroza Hernández. (2013). *Ensayos no destructivos mediante ultrasonido en equipos térmicos*. [Título profesional, Universidad del Bío-Bío].

Repositorio Institucional de la Universidad del Bío-Bío

http://repobib.ubiobio.cl/jspui/bitstream/123456789/798/1/Castillo_Gonzalez_Sergio.pdf

Rimoldi, C., Mundo, L. (2012). *Ensayo no destructivo por método de ultrasonido*.

<http://www.aero.ing.unlp.edu.ar/catedras/archivos/Apunte%20Ultrasonido%202012.pdf>

Gutierrez, A. (2013). *Ultrasonido*. <http://es.scribd.com/doc/52654791/5/PARAMETROS-DE-LAS-ONDAS-ULTRASONICAS>.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. *Especificación estándar para acero estructural de baja aleación y alta resistencia, hasta 50 ksi [345 MPa] punto de rendimiento mínimo, con resistencia a la corrosión atmosférica*. ASTM A588/A588M-19. https://www.astm.org/a0588_a0588m-19.html

Yugcha, J., Paullan, V. (2013). *Análisis, determinación, evaluación y prevención de fallas potenciales mediante la técnica de inspección por ultrasonido en base a la norma astm e-797 en la línea de vapor de la empresa bioalimentar*. [Título profesional, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. Repositorio Institucional de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/3083>

Serrano, R. (2018). *ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS: PARTÍCULAS MAGNÉTICAS*.

http://www.raquelserrano.com/wp-content/files/ciencias_t8.2_particulas_magnticas.pdf

Inspección por líquidos penetrantes. (2021). En *Wikipedia*.

https://es.wikipedia.org/wiki/Inspecci%C3%B3n_por_l%C3%ADquidos_penetrantes

Chen C. H. *Ultrasonic and advanced methods for nondestructive testing and materials characterization* [Book]. - [s.l.]: World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2007.

Medina, Y. (2015). ANÁLISIS ULTRASÓNICO Y MICROESTRUCTURAL DEL ACERO ASTM A 588, TRATADO TÉRMICAMENTE POR MEDIO DE TEMPLE A TEMPERATURAS DE 900oC, 950oC Y 1000oC. 114

Gómez de León, E. (2009). *Ultrasonidos: nivel II.* FC Editorial.

<https://elibro.net/es/lc/utcotopaxi/titulos/114219>

Rosa, M., Miles, L., & Pérez, J. (2009). *Manual de aplicaciones de herramientas y técnicas del mantenimiento Predictivo.* [Título profesional, Universidad de el Salvador].

https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/1742/1/Manual_de_aplicaciones_de_herramientas_y_t%C3%A9cnicas_del_mantenimiento_Predictivo.pdf

Carvajal, J., Romero, J. (2011). *ANALISIS Y EVALUACION DE LAS PROPIEDADES MECANICAS DE RESISTENCIA EN JUNTAS SOLDADAS BAJO EL PROCESO FCAW AFECTADAS POR ELEVADAS TEMPERATURAS (INCENDIOS), APLICANDO METODOS DE ULTRASONIDO Y ENSAYOS MECANICOS.* [Título profesional, Escuela Politécnica del Ejército].

<https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/4658/1/T-ESPE-032796.pdf>

Pérez, J. (2013). *Estudio de las propiedades de propagación de los ultrasonidos en un medio viscoso.* [Título profesional, Universidad Politécnica de Valencia].

<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/34405/memoria.pdf?sequence=1>

Mercado, E., Quevedo, O. (2012). *Diseño de una práctica para la detección de fallas por ultrasonido para el Laboratorio de Ensayos No Destructivos del Departamento de Materiales y Procesos de Fabricación.* [Título profesional, Universidad de Carabobo].

<http://mriuc.bc.uc.edu.ve/bitstream/handle/123456789/6141/emercado.pdf?sequence=1>

ANSI/AWS D1.1. (2015). Código para Soldadura Estructural –Acero. Edición 23 Documento original aprobado por el Instituto Nacional Estadounidense de Normalización 28 de julio de 2015

17. ANEXOS

Anexo 1: Evidencias fotográficas del desarrollo del proyecto

Figura 1. Toma de medidas de la probeta



Figura 2. Búsqueda de la discontinuidad



Figura 3. Búsqueda de la clase de discontinuidad encontrada.



Figura 4. Toma de datos del equipo Yut-2600




Anexo 2: Hoja de vida del estudiante investigador del proyecto

CURRICULUM VITAE	
DATOS PERSONALES	
Nombres:	Pablo Paúl
Apellidos:	Quintana Romero
Nacionalidad:	Ecuatoriana
Fecha de nacimiento:	08 de abril de 1999
Lugar de nacimiento:	Los Ríos – Valencia
Cédula de identidad:	050405938 – 7
Estado civil:	Soltero
Teléfonos:	0991032058
Dirección domiciliaria:	Av. Quinto y Enríquez Gallo
Cantón:	La Maná
Correo electrónico:	pablo.quintana9387@utc.edu.ec
ESTUDIOS REALIZADOS	
Instrucción primaria:	Escuela Particular “ELIM”
Instrucción secundaria:	Unidad Educativa La Maná
Superiores:	Universidad Técnica de Cotopaxi extensión La Maná Ingeniería Electromecánica “Cursando el 10 ^{mo} Ciclo”
TÍTULOS OBTENIDOS	
<ul style="list-style-type: none">➤ Bachillerato en Ciencias➤ Conductor profesional tipo “C”	
CERTIFICADOS OBTENIDOS	
<ul style="list-style-type: none">➤ V Congreso Internacional de Investigación Científica➤ Curso de Soldadura➤ Curso de Torno y Fresa➤ Curso auxiliar en domótica➤ Estudiante participante de la “I Jornada Científica Empresarial de Ingeniería Electromecánica”➤ Prevención en Riesgos laborales➤ Curso de Networking Academy “Introducción a la ciberseguridad”➤ Curso de Inglés Niveles A1, A2, B1	

Anexo 3: Hoja de vida del estudiante investigador del proyecto

CURRICULUM VITAE

DATOS PERSONALES

Nombres:	Luis Adrián	
Apellidos:	Sánchez Vera	
Nacionalidad:	Ecuatoriana	
Fecha de nacimiento:	08 de febrero de 1992	
Lugar de nacimiento:	Los Ríos – Valencia	
Cédula de identidad:	120528909– 1	
Estado civil:	Soltero	
Teléfonos:	0987917937	
Dirección domiciliaria:	Av. 13 Diciembre vía La Unión	
Cantón:	Valencia	
Correo electrónico:	luis.sanchez9091@utc.edu.ec	

ESTUDIOS REALIZADOS

Instrucción primaria:	Unidad Educativa “San Francisco de Asís”
Instrucción secundaria:	Colegio Fiscal “Nicolás Infante Díaz”
Superiores:	Universidad Técnica de Cotopaxi extensión La Maná Ingeniería Electromecánica “Cursando el 10 ^{mo} Ciclo”

TÍTULOS OBTENIDOS

- Bachillerato en Químico Biológicas

CERTIFICADOS OBTENIDOS

- II Congreso Internacional de Investigación Científica
- V Congreso Internacional de Investigación Científica
- Curso de Soldadura
- Curso de Torno y Fresa
- Curso auxiliar en domótica
- Estudiante participante de la “I Jornada Científica Empresarial de Ingeniería Electromecánica”
- Prevención en Riesgos laborales
- Curso de Networking Academy “Introducción a la ciberseguridad”
- Curso de Inglés Niveles A1, A2, B1

Anexo 4: Hoja de vida del tutor del proyecto de investigación

.C001



DATOS PERSONALES:

APELLIDOS										NOMBRES				
ALCOCER SALAZAR										FRANCISCO SAÚL				
CÉDULA O PASAPORTE										ESTADO CIVIL				
0	5	0	3	0	6	6	7	9	7	S:	C: X	V:	D:	UL:

LUGAR DE NACIMIENTO					
PAÍS		PROVINCIA		CIUDAD	
ECUADOR		COTOPAXI		SALCEDO	
FECHA DE NACIMIENTO (Día/Mes/Año)			GÉNERO		TIPO DE SANGRE
30	JUNIO	1985	M: X	F:	ARH+
DIRECCIÓN DOMICILIARIA: Sector, Barrio, Calles, Manzana, Pasaje, No. de casa, etc.					
SALCEDO SECTOR LA ARGENTINA KM 1 ½ VÍA A CUSUBAMBA					

TELÉFONO CONVENCIONAL				CELULAR						E-MAIL								
2	8	1	3	9	4	7		0	9	8	3	2	2	7	8	9	3	frankbrother1@hotmail.com
EN CASO DE EMERGENCIA COMUNICAR A:																		
NOMBRE Y APELLIDO						PARENTESCO						TELÉFONO						
MARÍA FERNANDA CHAVERRA						ESPOSA						0968991378						

DATOS DE CÓNYUGE:

APELLIDOS	NOMBRES	Ocupación
CHAVERRA OSORIO	MARÍA FERNANDA	AMA DE CASA

DATOS DE HIJOS Y OTRAS CARGAS FAMILIARES:

NOMBRE	APELLIDOS	PARENTESCO/ RELACIÓN	FECHA NACIMIENTO (dd/mm/aaa)
SEBASTIAN	ALCOCER CAICEDO	HIJO	04/09/2008
SELENA	ALCOCER CHAVERRA	HIJA	10/08/2019

NIVEL DE INSTRUCCIÓN

PRIMARIA

SECUNDARIA

INSTITUCIÓN	LUGAR	INSTITUCIÓN	LUGAR	TITULO
ESCUELA FISCAL “CRISTOBAL COLÓN”	SALCEDO	ITS “RAMÓN BARBA NARANJO”	LATACUNGA	BACHILLER TÉCNICO EN MECANICA AUTOMOTRIZ

SUPERIOR

UNIVERSIDAD	PAÍS	TÍTULO	ÁREA DE ESTUDIOS	ANO.TIT
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO	ECUADOR	INGENIERO MECÁNICO	INGENIERÍA/MANUFACTURA	14/11/2011
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO	ECUADOR	MAESTRÍA	MAESTRIA EN MECANICA MEN&IÓN MANUFACTURA	

CAPACITACIÓN ADICIONAL (Solamente correspondiente a los últimos 5 años):

CURSO/SEMINARIO/CERTIFICACIÓN	INSTITUCIÓN	DURACIÓN (HORAS/FECHAS)	MENCIÓN	DOC. OBTENIDO **	FECHA
Inspección Visual de Soldaduras Nivel I y II	Fundaecuador/ Repsol	25 horas 02/06/2016 4/06/2016	Instructor	Certificado	04/06/2016
Tipos en Procesos en Soldaduras	Fundaecuador/Repsol	25horas /07/06/2016 - 9/06/2016	Instructor	Certificado	04/06/2016
Seminario primeras jornadas internacionales Tecnológicas en Electromecánica	Universidad de las Fuerzas ArmadasEspe	24 horas//12/2016 - 4/12/2016	Asistencia	Certificado	14/12/2016
Seminario segundas jornadas internacionales Tecnológicas en Electromecánica	Universidad de las Fuerzas ArmadasEspe	24 horas/08/01/2018 - 10/01/2018	Asistencia	Certificado	10/01/2018
Curso Mantenimiento de baterías de autos híbridos	Universidad de las Fuerzas ArmadasEspe	40 horas/24/04/2017 - 06/05/2017	Aprobación	Certificado	08/05/2017

Curso programación en Arduino	Universidad de las Fuerzas Armadas Espe	40 horas/13/03/2017 - 27/03/2017	Aprobación	Certificado	12/07/2017
Curso de Elaboración y gestión de artículos y proyectos de Investigación	Universidad de las Fuerzas Armadas Espe	40 horas/26/02/2018-06/03/2018	Asistencia	Certificado	06/03/2018
Curso de inspector por tintas penetrantes nivel II	ENILSA	56 horas/13/06/2018-19/06/2018	Aprobación	Certificación	19/06/2018
Accionamientos Oleoneumático	M&V INGENIEROS	40 horas/12/11/2018-16/11/2018	Aprobación	Certificado	16/11/2018
Prevención de riesgos laborales	CORED	40 horas/20/08/2019-28/08/2019	Aprobación	Certificado	28/08/2019
Curso de Diseño y producción de proyectos internacionales	Universidad de las Fuerzas Armadas Espe	25 horas/03/06/2019-21/06/2019	Aprobación	Certificado	21/06/2019
Ecuaciones diferenciales con aplicaciones	Universidad de las Fuerzas Armadas Espe	40 horas/15/10/2019-28/10/2019	Aprobación	Certificado	21/06/2019
Mooc Docencia en entornos virtuales	Universidad de las Fuerzas Armadas Espe	40 horas/15/10/2019-28/10/2019	Aprobación	Certificado	28/05/2020

EXPERIENCIA PROFESIONAL

EMPRESA/INSTITUCIÓN	CARGO/FUNCIÓN	RESUMEN DE ACTIVIDADES DESARROLLADAS	DESDE		HASTA	
			mm	aaaa	mm	aaaa
Control View	Cadista/Dibujante Técnico	Cadista/Dibujante en el proyecto “Poliducto pascuales Cuenca” en el Área de ingeniería Mecánica/Modelado 3D para tubería y desarrollo de avance de obra	03	2015	09	2015
Universidad de las Fuerzas Armadas Espe	Docente Ocasional Tiempo completo	Impartición de clases en las Carreras de: Tecnología Superior en	11	2016	03	2020
		Electromecánica/Mecánica Aeronáutica/ Automotriz, con las asignaturas de Mecánica de Materiales/Mecánica de Fluidos/Soldadura/Termodinámica/Diseño de platas Industriales/ Ensayos no destructivos/Taller Industrial/Sistemas CadCam				
Universidad de las Fuerzas Armadas Espe	Docente Ocasional Medio Tiempo	Impartición de clases en las Carreras de: Tecnología Superior en Electromecánica/Automotriz, con las asignaturasde Mecánica de Fluidos/Soldadura/	03	2020	09	2020

Estándares Normativas & Inspección	Inspector de Equipos de Izaje	Inspección y certificación de equipos de Izaje decargas y petroleros bajo normativa internacional	01	2015	01	2020
GAD Municipal del Cantón Salcedo	Inspector de ensayos No destructivos PT,VT,MT,UT,RX	Certificación de Soldadura con END, Calificación a Soldadores y Control de Calidad en sistemas de tubería y Estructuras Metálicas con un monto aproximado de las obras de 500000 USD Americanos	01	2016	05	2020

EXPERIENCIA DOCENTE EN EDUCACIÓN SUPERIOR

INSTITUCIÓN	FACULTAD/ESCUELA/ INSTITUTO	MATERIAS DE MAYOR EXPERIENCIA	DESDE		HASTA	
			mm	aaaa	mm	aaaa
Universidad de las Fuerzas Armadas Espe	Departamento de Energía y Mecánica	Taller Industrial/Mecánica de materiales/Soldadura/Ensayos no destructivos/ Sistemas Cad Cam/Diseño Mecánico con Solid Works, Inventor, Ansys, Sap 2000	11	2016	09	2020

OTRAS EXPERIENCIAS

PUBLICACIONES IMPORTANTES

NOMBRE	MEDIO DE PUBLICACIÓN	PAÍS/CIUDAD	FECHA (mm/aaa)
Application of Multiple Methods of NDT for the Evaluation of Welded Joints in a Steel Bridge ASTM-A-588- ISSN: 1662-9779	Scopus	Malasia	29/08/2018
Redesign of the rear suspension of the prototype vehicle for competition in theSAE formula"-SSN: 1314-3395	Scopus	Malasia	07/08/2018

PC001

REFERENCIAS PERSONALES

NOMBRES Y APELLIDOS	TELÉFONO	CARGO	INSTITUCIÓN
Paúl Homero ArmasRamírez	0958921928	Subdirector Académico dela Escuela Superior Militar de Aviación “ Cosme Renella Barbatto	Fuerza AéreaEcuatoriana
Fernando Efraín Valdivieso Sánchez	0994517057	Gerente de Proyectos	Agua & Geotecnia Estudios
Fabián López	0991063854	Gerente técnico de inspección	Certificaciones ENII S.A

Anexo 6: Norma para acero A588 - 15

This international standard was developed in accordance with internationally recognized principles on standardization established in the Decision on Principles for the Development of International Standards, Guides and Recommendations issued by the World Trade Organization Technical Barriers to Trade (TBT) Committee.



Designation: A588/A588M – 15

American Association of State
Highway and Transportation Officials Standard
AASHTO No.: M 222

Standard Specification for High-Strength Low-Alloy Structural Steel, up to 50 ksi [345 MPa] Minimum Yield Point, with Atmospheric Corrosion Resistance¹

This standard is issued under the fixed designation A588/A588M; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

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

1. Scope*

1.1 This specification covers high-strength low-alloy structural steel shapes, plates, and bars for welded, riveted, or bolted construction but intended primarily for use in welded bridges and buildings where savings in weight or added durability are important. The atmospheric corrosion resistance of this steel in most environments is substantially better than that of carbon structural steels with or without copper addition (see Note 1). When properly exposed to the atmosphere, this steel is suitable for many applications in the bare (unpainted) condition. This specification is limited to material up to 8 in. [200 mm] inclusive in thickness.

NOTE 1—For methods of estimating the atmospheric corrosion resistance of low-alloy steels, see Guide G101.

1.2 When the steel is to be welded, a welding procedure suitable for the grade of steel and intended use or service is to be utilized. See Appendix X3 of Specification A6/A6M for information on weldability.

1.3 The values stated in either inch-pound units or SI units are to be regarded separately as standard. Within the text, the SI units are shown in brackets. The values stated in each system are not exact equivalents; therefore, each system is to be used independently of the other, without combining values in any way.

1.4 The text of this specification contains notes, footnotes, or both, that provide explanatory material. Such notes and footnotes, excluding those in tables and figures, do not contain any mandatory requirements.

1.5 For structural products produced from coil and furnished without heat treatment or with stress relieving only, the

additional requirements, including additional testing requirements and the reporting of additional test results, of Specification A6/A6M apply.

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:²

A6/A6M Specification for General Requirements for Rolled Structural Steel Bars, Plates, Shapes, and Sheet Piling
G101 Guide for Estimating the Atmospheric Corrosion Resistance of Low-Alloy Steels

3. General Requirements for Delivery

3.1 Structural products furnished under this specification shall conform to the requirements of the current edition of Specification A6/A6M, for the specific structural product ordered, unless a conflict exists, in which case this specification shall prevail.

3.2 Coils are excluded from qualification to this specification until they are processed into a finished structural product. Structural products produced from coil means structural products that have been cut to individual lengths from a coil. The processor directly controls, or is responsible for, the operations involved in the processing of a coil into a finished structural product. Such operations include decoiling, leveling or straightening, hot-forming or cold-forming (if applicable), cutting to length, testing, inspection, conditioning, heat treatment (if applicable), packaging, marking, loading for shipment, and certification.

NOTE 2—For structural products produced from coil and furnished without heat treatment or with stress relieving only, two test results are to be reported for each qualifying coil. Additional requirements regarding structural products produced from coil are described in Specification A6/A6M.

¹ This specification is under the jurisdiction of ASTM Committee A01 on Steel, Stainless Steel and Related Alloys and is the direct responsibility of Subcommittee A01.02 on Structural Steel for Bridges, Buildings, Rolling Stock and Ships.

Current edition approved March 1, 2015. Published March 2015. Originally approved in 1968. Last previous edition approved in 2010 as A588/A588M – 10. DOI: 10.1520/A0588_A0588M-15.

² For referenced ASTM standards, visit the ASTM website, www.astm.org, or contact ASTM Customer Service at service@astm.org. For *Annual Book of ASTM Standards* volume information, refer to the standard's Document Summary page on the ASTM website.

*A Summary of Changes section appears at the end of this standard

Anexo 7: Norma E797 – 15 Práctica estándar para medir espesores mediante el método manual de contacto ultrasónico de pulso-eco



Designation: E797/E797M – 15

Standard Practice for Measuring Thickness by Manual Ultrasonic Pulse-Echo Contact Method¹

This standard is issued under the fixed designation E797/E797M; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

1. Scope*

1.1 This practice² provides guidelines for measuring the thickness of materials using the contact pulse-echo method at temperatures not to exceed 93°C [200°F].

1.2 This practice is applicable to any material in which ultrasonic waves will propagate at a constant velocity throughout the part, and from which back reflections can be obtained and resolved.

1.3 *Units*—The values stated in either SI units or inch-pound units are to be regarded separately as standard. The values stated in each system may not be exact equivalents; therefore, each system shall be used independently of the other. Combining values from the two systems may result in non-conformance with the standard.

1.4 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:³

E317 Practice for Evaluating Performance Characteristics of Ultrasonic Pulse-Echo Testing Instruments and Systems without the Use of Electronic Measurement Instruments

E494 Practice for Measuring Ultrasonic Velocity in Materials

E543 Specification for Agencies Performing Nondestructive Testing

E1316 Terminology for Nondestructive Examinations

¹ This practice is under the jurisdiction of ASTM Committee E07 on Nondestructive Testing and is the direct responsibility of Subcommittee E07.06 on Ultrasonic Method.

Current edition approved Dec. 1, 2015. Published December 2015. Originally approved in 1981. Last previous edition approved in 2010 as E797 - 10. DOI: 10.1520/E0797_E0797M-15.

² For ASME Boiler and Pressure Vessel Code applications, see related Practice SE-797 in Section II of that Code.

³ For referenced ASTM standards, visit the ASTM website, www.astm.org, or contact ASTM Customer Service at service@astm.org. For *Annual Book of ASTM Standards* volume information, refer to the standard's Document Summary page on the ASTM website.

2.2 ASNT Documents:⁴

Nondestructive Testing Handbook, 2nd Edition, Vol 7
SNT-TC-1A Recommended Practice for Personnel Qualification and Certification in Nondestructive Testing
ANSI/ASNT CP-189 Standard for Qualification and Certification of Nondestructive Testing Personnel

2.3 Aerospace Industries Association Document:⁵

NAS-410 Certification and Qualification of Nondestructive Testing Personnel

2.4 ISO Standard:⁶

ISO 9712 Non-Destructive Testing—Qualification and Certification of NDT Personnel

3. Terminology

3.1 *Definitions: Definitions*—For definitions of terms used in this practice, refer to Terminology E1316.

4. Summary of Practice

4.1 Thickness (T), when measured by the pulse-echo ultrasonic method, is a product of the velocity of sound in the material and one half the transit time (round trip) through the material.

$$T = \frac{Vt}{2}$$

where:

T = thickness,

V = velocity, and

t = transit time.

4.2 The pulse-echo ultrasonic instrument measures the transit time of the ultrasonic pulse through the part.

4.3 The velocity in the material being examined is a function of the physical properties of the material. It is usually assumed to be a constant for a given class of materials. Its approximate value can be obtained from Table X3.1 in Practice

⁴ Available from American Society for Nondestructive Testing (ASNT), P.O. Box 28518, 1711 Arlinggate Ln., Columbus, OH 43228-0518, <http://www.asnt.org>.

⁵ Available from Aerospace Industries Association of America, Inc. (AIA), 1000 Wilson Blvd., Suite 1700, Arlington, VA 22209-3928, <http://www.aia-aerospace.org>.

⁶ Available from International Organization for Standardization (ISO), ISO Central Secretariat, BIBC II, Chemin de Blandonne 8, CP 401, 1214 Vernier, Geneva, Switzerland, <http://www.iso.org>.

*A Summary of Changes section appears at the end of this standard

Copyright © ASTM International, 100 Bar Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2969, United States

Copyright by ASTM Int'l (all rights reserved); Thu Jul 21 13:51:17 EDT 2016

Downloaded/printed by

Fuerzas Policiales Nacionales (Fuerzas Policiales Nacionales) pursuant to License Agreement. No further reproductions authorized.

Anexo 8: Código AWS, criterios de aceptación

**CÓDIGO AWS PARA ESTRUCTURAS SOLDADAS DE ACERO
ANSI / AWS D1.1, SECCIÓN 6 – INSPECCIÓN, PARTE C – CRITERIOS DE ACEPTACIÓN,
6.13 INSPECCIÓN POR ULTRASONIDO (TABLA 6.2 Y TABLA 6.3)**

6.13.1 Criterio de aceptación para Conexiones No Tubulares Estáticamente Cargadas. El criterio de aceptación para soldaduras que son sujetas a inspección ultrasónica, además de la inspección visual, deben cumplir con los requisitos de la Tabla 6.2.

Tabla 6.2
Criterio de Aceptación-Rechazo para Ultrasonido (Conexiones No Tubulares Estáticamente Cargadas) (ver 6.13.1)

Severidad Clase	Espesor de Soldadura ¹ , pulgadas (mm.) y Ángulo del Palpador										
	5/16 (8.0) a 3/4 (20)	> 3/4 (20) a 1-1/2 (38)	> 1-1/2 (38) a 2-1/2 (65)			> 2-1/2 (65) a 4 (100)			> 4 (100) a 8 (200)		
	70°	70°	70°	60°	45°	70°	60°	45°	70°	60°	45°
Clase A	+5 y menor	+2 y menor	-2 y menor	+1 y menor	+3 y menor	-5 y menor	-2 y menor	0 y menor	-7 y menor	-4 y menor	-1 y menor
Clase B	+6	+3	-1 0	+2 +3	+4 +5	-4 -3	-1 0	+1 +2	-6 -5	-3 -2	0 +1
Clase C	+7	+4	+1 +2	+4 +5	+6 +7	-2 a +2	+1 +2	+3 +4	-4 a +2	-1 a +2	+2 +3
Clase D	+8 y mayor	+5 y mayor	+3 y mayor	+6 y mayor	+8 y mayor	+3 y mayor	+3 y mayor	+5 y mayor	+3 y mayor	+3 y mayor	+4 y mayor

Notas:

- Las discontinuidades Clase B y C deben estar separadas por al menos 2L, siendo L la longitud de la discontinuidad más larga, excepto que cuando dos o más de tales discontinuidades no estén separadas por al menos 2L, pero que la longitud combinada de las discontinuidades y su distancia de separación es igual o menor que la máxima longitud permitida bajo las condiciones de la Clase B o C, entonces la discontinuidad debe ser considerada como una sola discontinuidad aceptable.
- Las discontinuidades Clase B y C no deben iniciar a una distancia menor de 2L de la orilla de soldaduras que soporten esfuerzos de tensión primaria, siendo L la longitud de la discontinuidad.
- Las discontinuidades detectadas con el "nivel de barrido" en el área de la cara de raíz de una soldadura con junta de ranura doble con penetración completa deben ser evaluadas usando una "relación de indicación" de 4 dB más sensible que como se describe en 6.26.6.5, cuando tales soldaduras son designadas como "soldaduras de tensión" en el dibujo (restar 4 dB de la relación de indicación "d"). Esto no aplica si la raíz de la junta soldada ha sido esmerilada para remover la cara de raíz y se ha utilizado Partículas Magnéticas para verificar que la cara de raíz ha sido removida.
- Soldaduras aplicadas por electro-escoria o electro-gas: las discontinuidades detectadas con el "nivel de barrido" y que excedan de 2 pulgadas (51 mm.) de longitud debe sospecharse que son el inicio de una porosidad tipo túnel y deben ser evaluadas con radiografía.
- Para indicaciones que permanecen en la pantalla cuando se mueve el palpador, consulte el párrafo 6.13.1.

Nota:

- El espesor de la soldadura debe ser definido como el espesor nominal del elemento más delgado de dos partes que están siendo unidas.

Clase A (Discontinuidades Mayores)
Cualquier indicación considerada dentro de esta categoría debe ser rechazada (sin importar su longitud).

Clase B (Discontinuidades Medias)
Cualquier indicación considerada dentro de esta categoría debe ser rechazada si tiene una longitud mayor de 3/4 de pulgada (20 mm.).

Clase C (Discontinuidades Pequeñas)
Cualquier indicación considerada dentro de esta categoría debe ser rechazada si tiene una longitud mayor de 2 pulgadas (50 mm.).

Clase D (Discontinuidades Menores)
Cualquier indicación considerada dentro de esta categoría debe ser aceptada sin importar su longitud o localización en la soldadura.

Niveles de Barrido	
Distancia angular ² en pulgadas (mm.)	Arriba del Nivel de Referencia, en dB
hasta 2-1/2 (65 mm)	14
> 2-1/2 y hasta 5 (65-125 mm)	19
> 5 y hasta 10 (125-250 mm)	29
> 10 y hasta 15 (250-380 mm)	39

Nota:

- Esta columna se refiere a la distancia recorrida por el ultrasonido; NO al espesor del material.

Anexo 9. Guía para prácticas de laboratorio

		<p align="center">GUIA PARA LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO, TALLER O CAMPO.</p>			
FACULTAD:	Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas	CARRERA:	Electromecánica		
ASIGNATURA:	Tecnologías de la construcción mecánica	PERIODO LECTIVO:	Octubre - marzo	CICLO:	10
DOCENTE:	Ing. Francisco Saul Alcoser Salazar	PRÁCTICA N°:	1	FECHA:	17/02/2023
LABORATORIO DONDE SE DESARROLLARÁ LA PRÁCTICA			Laboratorio de la Universidad técnica de Cotopaxi extensión La Maná		
TEMA DE LA PRÁCTICA:		Ensayo no destructivo por Ultrasonido			
INTRODUCCIÓN:					
Este tipo de ensayo no destructivo se basa en medir la propagación del sonido en los medios que componen el componente a analizar y puede aplicarse a todo tipo de materiales. Debido a su diferente tecnología, se puede utilizar en dos áreas de inspección no destructiva siendo estas el Control de calidad y el de mantenimiento preventivo.					
OBJETIVOS:					
<ul style="list-style-type: none"> • Realizar el barrido con el palpador angular. • Identificar la discontinuidad que existe en la pieza. • Evaluar los conocimientos adquiridos por los estudiantes. 					
MATERIALES:					
REACTIVOS: Ninguna			INSUMOS: <ul style="list-style-type: none"> • Probeta de 8 mm de espesor 		
EQUIPOS: <ul style="list-style-type: none"> • Ultrasonido Yut-2600 • Palpador de Haz angular de 5 MHz. • Acoplante. 					
MUESTRA: Ninguna					
INSTRUCCIONES:					
<ol style="list-style-type: none"> 1. Encender el equipo de Ultrasonido. 2. Verificar los parámetros del Equipo. 3. Realizar la inspección de la pieza. 4. Encontrar el defecto de la soldadura. 					
ACTIVIDADES POR DESARROLLAR:					

1. Tomar las medidas de seguridad necesaria para el correcto manejo del equipo de ultrasonido.
2. Para la realización de esta actividad se procede Encendiendo el equipo de inspección por ultrasonido Yut-2600 y ver que partes nomas conforman el equipo.
3. verificamos que las probetas a inspeccionar estén limpias, caso contrario, limpiarlas.
4. procedemos a realizar la zona de barrido, utilizando la (Ecuación 2) determinamos la zona a inspeccionar.
5. Luego verificamos que los parámetros como lo son la velocidad del sonido estén establecidos de acuerdo al material a inspeccionar.
6. Conectamos el palpador por haz angular y aplicamos acoplante en la zona que vamos a inspeccionar.



7. Al encontrar una discontinuidad el equipo ultrasónico mostrara unas señales en forma de picos.



8. Anotando en una hoja todos los valores que nos muestre el ultrasonido sobre la discontinuidad.
9. realizar el cálculo de la proyección del haz (Ecuación 5) y del factor de atenuación (Ecuación 4).
10. Utilizando la (Ecuación 3) para determinar la clasificación de la discontinuidad.
11. Con la tabla de la norma AWS D1.1 buscamos el valor a cual corresponde y se establece la clase a la que pertenece.

Criterio de Aceptación-Rechazo para Ultrasonido (Conexiones No Tubulares Estáticamente Cargadas) (ver 6.13.1)											
Severidad	Espesor de la Soldadura ^a en pulgadas [mm] y Ángulo del Palpador										
	5/16 [8.0] a 3/4 [20]	> 3/4 [20] a 1-1/2 [38]	> 1-1/2 a 2-1/2 [38-65]			> 2-1/2 a 4 [65-100]			> 4 a 8 [100-200]		
	70°	70°	70°	60°	45°	70°	60°	45°	70°	60°	45°
Clase A	+5 y menor	+2 y menor	-2 y menor	+1 y menor	+3 y menor	-5 y menor	-2 y menor	0 y menor	-7 y menor	-4 y menor	-1 y menor
Clase B	+6	+3	-1 0	+2 +3	+4 +5	-4 -3	-1 0	+1 +2	-6 -5	-3 -2	0 +1
Clase C	+7	+4	+1 +2	+4 +5	+6 +7	-2 a +2	+1 +2	+3 +4	-4 a +2	-1 a +2	+2 +3
Clase D	+8 y mayor	+5 y mayor	+3 y mayor	+6 y mayor	+8 y mayor	+3 y mayor	+3 y mayor	+5 y mayor	+3 y mayor	+3 y mayor	+4 y mayor

El espesor de la soldadura en juntas a tope, debe ser el espesor nominal del elemento más delgado de dos partes que están siendo unidas.

12. anotamos todos los valores y datos encontrados en la ficha técnica.

Tema: Ensayo no destructivo por ultrasonido						
Proyecto: Inspección de placas				Fecha de elaboración:		
Instrumento: Equipo de Ultrasonido				Material:		
Espesor(mm):		Detalle de la pieza:		Tipo:		
Unión:				Proceso de referencia:		
Proceso de soldadura:		calibración:		Procedimiento AWS D1.1		
Método de Ensayo: (X) Haz Angular () Haz Recto				Acoplante:		
Método de acondicionamiento: () Cepillada () Esmerilada () Mecanizada						
Frecuencia de la prueba: 5 MHz - Haz Angular						
Transductor:						
Número de Placa	Lado de la Placa	Angulo del haz	Nivel Decibeles (dB)		Tamaño de la Discontinuidad	
			A		Recorrido del haz	Distancia (mm)
			B			
			C		Profundidad	
D						

			Resultado del ensayo	Clase	A partir de Y	
			Rechazado	A		
Observaciones:						
Resultado de la inspección: [] Aprobado [X] Rechazado [] Examen complementario						
Estudiante			Docente			
-----			-----			
Nombre: _____			Nombre: _____			
<p>13. Después de finalizar la inspección, se debe proceder a limpiar cuidadosamente el palpador y la probeta, y almacenar el equipo de manera apropiada.</p>						
RESULTADOS OBTENIDOS:						
<ul style="list-style-type: none"> • demostración de cómo se establecen los parámetros en el equipo. • Identificación de la discontinuidad de la pieza. • determinación mediante la norma la aceptación o rechazo de la pieza. 						
CONCLUSIONES:						
<ul style="list-style-type: none"> • Después de realizar la practica correspondiente se podrá determinar cuánto el estudiante ha aprendido en la parte práctica para poder realizar correcciones oportunas en el aprendizaje. 						
RECOMENDACIONES:						
<ul style="list-style-type: none"> • Para iniciar los procesos de practica debe estar presente el docente encargado para que no exista ninguna mala manipulacion del equipo. • Limpiar las probetas y el transducto. 						
FIRMAS						
F: Nombre: Ing. José Williams Morales ENCARGADO DE LABORATORIO			F: Nombre: PhD. Yoandrys Morales Tamayo DIRECTOR DE CARRERA			

Anexo 10. Reporte Urkund

Document Information

Analyzed document	Proyecto Sanches-Quintana_2.pdf (D158952813)
Submitted	2023-02-18 03:06:00
Submitted by	
Submitter email	yoandrys.morales@utc.edu.ec
Similarity	2%
Analysis address	yoandrys.morales.utc@analysis.orkund.com

Sources included in the report

SA	INFORME 2 GRUPO 5.pdf Document INFORME 2 GRUPO 5.pdf (D14978060)	 1
W	URL: https://aero.ing.unlp.edu.ar/catedras/archivos/Apunte%20Ultrasonido%202012.pdf Fetched: 2022-07-11 05:52:49	 5
SA	ENSAYO DE CALIBRACIÓN DE EQUIPO DE ULTRASONIDO (UT) LONGITUDINAL - TRANSVERSAL.pdf Document ENSAYO DE CALIBRACIÓN DE EQUIPO DE ULTRASONIDO (UT) LONGITUDINAL - TRANSVERSAL.pdf (D111401449)	 4
SA	10940-Zevallos Bustamante Franz_.pdf Document 10940-Zevallos Bustamante Franz_.pdf (D37926957)	 2
SA	10403-Salazar Reyes Angel Hugo_.pdf Document 10403-Salazar Reyes Angel Hugo_.pdf (D37459917)	 1
W	URL: https://sisbib.urmsm.edu.pe/bibvirtualdata/publicaciones/indata/Vol8_n1/a05.PDF Fetched: 2020-10-25 07:15:22	 3

Entire Document
