

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA**

ESCUELA DE CIVIL

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

**PROPUESTA DE UN MANUAL DE CALIDAD PARA LA DIRECCIÓN DE
PROYECTOS ESPECIALES DE LA EMPRESA ELÉCTRICA QUITO PARA
CONTROL E INSPECCIÓN NO DESTRUCTIVA APLICADO EN LA FABRICACIÓN
DE ESTRUCTURAS METÁLICAS.**

AUTOR:

PATRICIO EVERALDO VASCO TIPANTA

DIRECTOR: ING. MAURICIO CELY

Quito – 2021

DEDICATORIA

A mis Padres: Patricio y Anita, por su ejemplo de trabajo duro, por creer en mí y ser los pilares fundamentales de quien soy ahora.

A mi hermana Melany por ser una buena amiga e incondicional en todas las etapas de mi vida

A mis Abuelitos Anita y Manuel, a mis tíos Tatiana, Paulo, Everaldo Yohana, a mis primos Manuelito, Alan, Diego por ser un apoyo brindarme su cariño, sencillez y compartir cada etapa de mi vida como si fuera suya.

A los hermanos Edison y Santiago Morales por creer en mí y por su apoyo incondicional en esta etapa de mi vida, los amigos verdaderos son pocos y son la familia que uno escoge

Everaldo Vasco

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la fortaleza y sabiduría para concluir esta etapa, también por mostrarme que es su voluntad no la mía y su tiempo es el correcto.

A mis Padres Patricio y Anita por permitirme estudiar y enseñarme que las cosas en la vida son producto del trabajo, además de que jamás se debe perder la humildad.

A mi Abuelita Anita y mi tío Paulin por ser los ejemplo más claros y cercanos que tengo de que cada día hay que levantarse y pelear.

Al Ing. Carlos Bastidas por compartir sus conocimientos, experiencia y brindarme su apoyo.

Al Ing. Daniel Ríos por brindarme su apoyo, ideas y experiencia para llevar a cabo este trabajo.

A mi Director de Tesis el Ing. Mauricio Cely, por su apoyo y paciencia para llevar a cabo este proyecto de titulación.

A mis profesores y lectores el Ing. Oscar Jaramillo e Ing. Jorge Bucheli por su tiempo para revisar este trabajo y las enseñanzas brindadas durante la carrera.

Everaldo Vasco.

INDICE GENERAL:

1	CAPÍTULO 1: GENERALIDADES	10
1.1	INTRODUCCIÓN	10
1.2	JUSTIFICACIÓN.....	10
1.3	ALCANCE.....	10
1.4	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	11
1.5	OBJETIVOS.....	12
1.5.1	Objetivo General.....	12
1.5.2	Objetivos Específicos.....	12
1.6	ANTECEDENTES.....	12
2	CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	13
2.1	TÉCNICAS DE ENSAYOS	13
2.1.1	Técnicas volumétricas.....	14
2.1.1.1	Ultrasonido Industrial (UT).....	14
2.1.2	Técnicas superficiales	16
2.1.2.1	Inspección Visual	16
2.1.2.2	Tintas Penetrantes	17
2.2	CÓDIGOS Y NORMAS DE REFERENCIA	18
2.2.1	AISC-360	18
2.2.2	AWS D1.1.....	18
2.2.3	NEC-SE-AC.....	19

2.2.4	Plan de Control de Calidad	19
2.2.5	Plan de Garantía de Calidad.....	19
2.2.6	Personal para ensayos no destructivos e inspecciones.....	20
2.2.7	Personal Involucrado	20
2.3	MATERIALES Y ESTRUCTURAS A ENSAYAR	20
2.4	CRITERIO PARA SELECCIONAR UNA TÉCNICA NO DESTRUCTIVA.....	21
3	CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE INSPECCIÓN	21
3.1	METODOLOGÍA PARA TÉCNICAS VOLUMÉTRICAS.....	21
3.1.1	Radiografía Industrial	22
3.1.2	Ultrasonido.....	22
3.1.3	Otros.....	25
3.1.3.1	Ensayos con Corrientes Inducidas o de Eddy	25
3.1.3.2	Termografía:.....	26
3.2	METODOLOGÍA PARA TÉCNICAS SUPERFICIALES	26
3.2.1	Inspección visual.....	26
3.2.1.1	Instrumentación para inspección visual	27
3.2.1.2	Ventajas.....	28
3.2.1.3	Desventajas.....	28
3.2.2	Líquidos penetrantes	29
3.2.2.1	Características de los líquidos Penetrantes:	29
3.2.2.2	Propiedades físicas de las Tintas penetrantes.....	29
3.2.2.3	Reveladores y Aplicación:	31
3.2.3	Otros.....	32

3.2.3.1	Partículas Magnéticas.....	32
4	PROCESO EXPERIMENTAL DE INSPECCIÓN.....	33
4.1	PROBETAS PARA ENSAYAR.....	34
4.1.1	Ensayo de Tracción De Acero:	34
4.2	PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL DE ENSAYO	34
4.2.1	Ensayo de Tracción De Acero:	35
4.2.2	Ensayo de tintas penetrantes	37
4.2.3	Ensayo de ultrasonido	45
4.3	Resultados obtenidos.....	47
4.4	Ensayo de Tracción De Acero.....	48
4.5	Ensayo de Tintas Penetrantes.....	48
4.6	Ensayo de Ultrasonido	50
5	CAPÍTULO V: ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	54
5.1	Ensayo Tracción.....	54
5.2	Tintas Penetrantes	56
5.3	Ultrasonido	57
6	CAPÍTULO VI : IMPLEMENTACIÓN DEL MANUAL.....	58
6.1	Glosario:.....	58
6.2	Responsabilidades	59
6.3	CAPÍTULOS:.....	59

6.3.1	CAPÍTULO I	59
6.3.1.1	Materiales:.....	59
6.3.1.2	Tipos de acero utilizados.....	60
6.3.2	CAPITULO II.....	61
6.3.2.1	Procesos de Soldadura.....	61
6.3.3	CAPITULO III.....	64
6.3.3.1	REQUERIMIENTOS GENERALES Y TÉCNICOS.....	64
6.3.4	CAPITULO IV.....	66
6.3.4.1	CONTROL DE CALIDAD E INSPECCIÓN EN SOLDADURA.....	66
6.3.5	CAPITULO V.....	69
6.3.5.1	Formato de liberación.....	69
6.3.6	CAPITULO VI.....	70
6.3.6.1	CONTROL DE CALIDAD PERNOS DE ANCLAJE, TUERCAS Y PLACAS BASE	70
6.3.6.2	Control de Calidad en Pintura	72
6.3.6.3	Conformación del dossier de Calidad	72
7	CONCLUSIONES.....	73
8	RECOMENDACIONES	75
9	Bibliografía	76
10	ANEXOS	79

INDICE DE TABLAS:

Tabla 1: Cuadro de Detalles de Probetas para Ensayo de tracción.....	48
Tabla 2: Información general de Removedor, Penetrante y Revelador para ensayo de tintas penetrantes	49

Tabla 3: Tabla de registro de Inspección para tintas penetrantes	50
Tabla 4: Detalle de Equipos Empleados para ensayo de ultrasonido.	51
Tabla 5: Parámetros de Inspección para ensayo de ultrasonido	51
Tabla 6: Nomenclatura para ensayo de ultrasonido	51
Tabla 7: Detalle de Inspección por Ultrasonido Columnas 1 a 5	52
Tabla 8: Detalle de Inspección por ultrasonido columnas 6 a 11	53
Tabla 9: Tabla Comparativa de Certificados de Calidad Vs. Ensayo para tracción de materiales	55
Tabla 10: Tabla de Resultados para ensayo de tintas penetrantes.	56
Tabla 11: Tabla de resultados para ensayo de ultrasonido	57
Tabla 12: Propiedades Mecánicas Acero ASTM A-36.....	60
Tabla 13: Propiedades Mecánicas Acero ASTM A572 Gr50.....	60
Tabla 14: Propiedades Mecánicas Acero ASTM A-193 Gr B7.....	61
Tabla 15: Tabla de Insumos de Soldadura.....	67
Tabla 16: Formato de Liberación en control de calidad.	69
Tabla 17: Especificaciones de material de tuercas	70

INDICE DE ILUSTRACIONES:

Ilustración 1: Transductor simple de Cristal (a) y Micrófono de Cristal(b) (Bali, 2005).....	15
Ilustración 2: Figura 3-1 Ángulo Mínimo para inspección visual típica (Hellier, 2003).	17
Ilustración 3: Corrientes de Eddy (Rodríguez González, 2012).....	25
Ilustración 4: Ángulo de Contacto (Serrano Lledó, 2020).....	30
Ilustración 5: Medición de Capilaridad, (Serrano Lledó, 2020)	30
Ilustración 6: Magnetización de Partículas. (Ilog SA de CV, 2011)	33
Ilustración 7: Dimensiones Probeta de Acero (Laboratorio de Materiales PUCE, 2019)	34
Ilustración 8: Probeta de Acero No.3.....	35
Ilustración 9: Máquina de Ensayo de tracción.....	36
Ilustración 10: Tracción de probeta	36
Ilustración 11: Rotura de probeta por tracción.	37
Ilustración 12: Probeta Rota por falla a la tracción.....	37
Ilustración 13: Superficie de ensayo limpia.....	38

Ilustración 14: Tinta Penetrante SKL-SP2 AEROSOL.	39
Ilustración 15: Aplicación de Tinta penetrante en superficie de ensayo.	40
Ilustración 16: Removedor SKC-S AEROSOL.	40
Ilustración 17: Aplicación de Removedor sobre Paño de Limpieza.	41
Ilustración 18: Remoción de tinta penetrante de superficie de ensayo.	41
Ilustración 19: Superficie limpia posterior a limpieza con removedor.	42
Ilustración 20: Revelador SKD-S2 AEROSOL.	42
Ilustración 21: Aplicación de Revelador en superficie de ensayo.	43
Ilustración 22: Secado de revelador	43
Ilustración 23: Revisión por parte de Inspector de ensayos de Soldadura.....	44
Ilustración 24: Preparación y Limpieza de zona de ensayo para ultrasonido	45
Ilustración 25: Colocación de Gel Metil Celulosa.....	46
Ilustración 26: Inspección Conjunta de Fiscalización y Técnicos de Ensayos.	46
Ilustración 27: Barrido de ensayo de ultrasonido.	47
Ilustración 28: Visualización en Pantalla de Registro de Ensayo UT.	47
Ilustración 29: Esquema General de Zona de Inspección para Líquidos penetrantes.....	49
Ilustración 30: Esquema General de Zona de Inspección para Ultrasonido	50
Ilustración 31: Curvas características de esfuerzo deformación, (McCormac Jack C., 2013)	54
Ilustración 32: Proceso de Soldadura -SMAW , (ESAB ,2020).....	62
Ilustración 33: Detalle de Electrodo Revestido, (ESAB , 2020).....	62
Ilustración 34: Sistema de Soldadura GMAW.....	63

1 CAPÍTULO 1: GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCIÓN

Las técnicas en Ecuador para la construcción de edificaciones tenían un enfoque marcado hacia el uso del hormigón armado. El hormigón armado ha sido de gran importancia en la historia de la construcción ya que ha sido el sistema utilizado por excelencia para la industria en la era moderna, así mismo las estructuras metálicas que son relativamente nuevas se han impuesto en el mercado por sus características favorables para el montaje, fabricación, costos, peso, tiempos de entrega y por su maleabilidad para conformar diferentes tipologías estructurales. (Bueno, 2019)

1.2 JUSTIFICACIÓN

Actualmente en la ciudad de Quito no existe una amplia disponibilidad de espacios para la construcción por lo cual la tendencia es construir grandes edificaciones verticales para lograr compensar esta carencia de espacio, por lo tanto, es importante que surjan nuevas tendencias constructivas hacia las edificaciones sismo-resistentes con estructuras de acero como en las grandes ciudades del mundo. (Barona, 2016)

Por lo mencionado se hace indispensable la Implementación de un Manual de Calidad para la construcción de edificaciones con estructuras de acero; en la Empresa eléctrica Quito dentro de la Gerencia De Proyectos especiales la Dirección de Proyectos especiales, la cual se encarga de la generación y manejo de varios proyectos civiles de importancia los cuales tienen un porcentaje considerable de infraestructura de acero estructural tiene la necesidad de generar un manual de control e inspección de calidad para la fabricación de la infraestructura hecha en acero de las estructuras que se utilizaran en los proyectos civiles.

1.3 ALCANCE

La inspección y evaluación de materiales de estructuras en el caso específico para obras de infraestructura y de construcción ha sido relevante en los últimos años ya que por medio de la misma se garantiza con certeza la seguridad que una obra tendrá a lo largo del tiempo de vida útil, por este motivo la presente tesis se desarrollará con el fin de la implementación de un manual para control de calidad en proyectos de infraestructura administrados y fiscalizados por la D.P.E.

(Dirección de Proyectos Especiales) de la Empresa Eléctrica Quito que comprendan dentro de los mismos la fabricación de estructuras metálicas.

Se desarrollará una metodología para controlar la calidad de las estructuras metálicas que conforman los proyectos de infraestructura dentro de la D.P.E. basándose en el desarrollo de los capítulos donde se desarrollará un fundamento teórico donde se definirán las diferentes técnicas de inspección volumétricas y superficiales.

Para definir los parámetros de control de calidad de la fabricación se utilizará normativa nacional e internacional para estructuras metálicas como son los códigos AISC-360, AWS D1.1 y NEC-SE-AC.

Se definirá la infraestructura a ser inspeccionada para lo cual será utilizado como caso de estudio la edificación del proyecto “Centro de Operaciones y Agencia Turubamba”, seleccionando bajo criterios técnicos de la normativa las correspondientes técnicas no destructivas.

Desarrollando la inspección se implementará una metodología para técnicas volumétricas como son: radiografía, ultrasonido y una metodología para técnicas superficiales como son: inspección visual y líquidos penetrantes con el fin de realizar un proceso experimental de inspección en taller utilizando probetas de ensayo y listas de control para medir los parámetros establecidos en la normativa.

Se recopilarán los datos de los diferentes ensayos y se los analizará para así establecer la metodología utilizada para conformar el manual de control de calidad el cual será una herramienta de apoyo para llevar control en fiscalización de los diferentes proyectos que posean estructuras metálicas desarrollados por la D.P.E.

1.4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Varios de los proyectos de infraestructura dentro de la Empresa Eléctrica Quito poseen elementos estructurales fabricados con acero estructural son manejados técnicamente por la Dirección de Proyectos Especiales los cuales deben ser inspeccionados por seguridad durante su fabricación para que puedan brindar las garantías necesarias.

Los procedimientos de control de calidad necesitan un metodología que a través de la generación de un manual permita tener eficiencia al inspeccionar la calidad de material, calidad de la soldadura y fabricación de los elementos de acero estructural para lo cual se realizarán ensayos y comprobaciones por medio de métodos de ensayo no destructivos los cuales deberán estar dentro de los rangos permitidos por la normativa correspondiente que rige dentro del Ecuador para poder determinar las deficiencias que pueden presentar los elementos estructurales y poder controlar y obtener productos de calidad que garanticen los niveles de seguridad idóneos .

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 Objetivo General.

Realizar una propuesta de manual de control de calidad e inspección aplicado en la fabricación de Estructuras Metálicas para obtener eficiencia en los procesos de control dentro de la Dirección de Proyectos Especiales en La Empresa Eléctrica Quito.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Inspeccionar sobre el uso de normativa, códigos y técnicas de inspección de estructuras metálicas.
- Realizar la propuesta de una metodología basada en ensayos no destructivos para control de calidad de estructuras metálicas.
- Verificar la calidad del acero estructural que será usado durante la fabricación de estructuras metálicas mediante el ensayo de probetas que sigan las especificaciones de la norma AWS D1.1.

1.6 ANTECEDENTES

Los END (Ensayos No destructivos) aparecieron alrededor de los años 1920 pero los que se conocen hoy en día surgieron después de los años 1930 como resultado de la segunda guerra mundial, ya que en ese tiempo se tenía conocimiento de los ensayos con partículas magnéticas, pruebas con rayos X y también ensayos visuales. (Ramírez Gomez,1976).

Antes de la Segunda Guerra Mundial, los ingenieros de diseño utilizaban factores de seguridad inusualmente altos, por lo que hubo un número significativo de fallas catastróficas y otros accidentes relacionados con la insuficiencia de los productos.

Uno de los puntos clave en el desarrollo de la historia de las pruebas no destructivas también fue debido a una catástrofe de un importante descarrilamiento de trenes, esto dio lugar a la corriente eléctrica y sistema de detección de campo magnético / inducción que fue desarrollado por el Dr. Elmer Sperry y H. C. Drake, el uso principal de este método fue detectar discontinuidades en vías de tren. (Hellier, 2003)

Para el año 2012 se implementó el uso de normativa ISO 9712-3 la cual se usa para capacitación, calificación y certificación del personal apto para hacer END.

Con el pasar del tiempo se ha desarrollado técnicas de investigación para conformar una metodología de inspección para determinar posibles afectaciones que se puedan dar dentro de la fabricación de estructuras metálicas y así obtener productos de calidad que garanticen la seguridad usando END.

En el Ecuador para el control de calidad de Estructuras metálicas se utiliza la norma NEC-SE-AC de estructuras de acero la cual engloba un plan de garantía de calidad basado en el uso de técnicas no destructivas por lo cual la Dirección de Proyectos Especiales de la Empresa Eléctrica Quito como entidad pública deberá referirse a esta norma.

2 CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

En este capítulo se detalla la fundamentación en la cual se basan los ensayos no destructivos de acuerdo a sus técnicas volumétricas y superficiales.

2.1 TÉCNICAS DE ENSAYOS

El fin de realizar una inspección no destructiva es el detectar las posibles irregularidades que puedan afectar la seguridad de una estructura, ya que los elementos que formen parte de la misma no deben presentar intermitencia en su conformación que a futuro puedan significar una falla estructural.

Los Ensayos No Destructivos ENDs o como sus siglas en ingles lo indican NDT (Nondestructive Testing) son una parte de la ingeniería donde se utilizan los diferentes métodos y técnicas de inspección, para poder analizar y evaluar las discontinuidades e irregularidades que pueden presentarse en las estructuras, en este caso estructuras metálicas, todo esto sin afectar la capacidad

de servicio del elemento analizado; es decir sin afectar de manera permanente las propiedades físicas, químicas mecánicas y a su forma . Estos ensayos brindan información del estado y el nivel de homogeneidad estructural que presentan los elementos para poder garantizar la resistencia mecánica esperada

Dentro de documento se presentará un enfoque a las técnicas más utilizadas dentro de la Dirección de Proyectos Especiales para generar el respectivo manual referente al proceso de el control de calidad en la fabricación de estructuras metálicas.

2.1.1 Técnicas volumétricas

Las técnicas volumétricas de inspección son aquellas que nos brindan información sobre el estado interno de los materiales analizados sin afectar la integridad de las propiedades mecánicas del material permitiendo encontrar las diferentes discontinuidades sub-superficiales e internas, en este caso del acero ("Metalografía – Universidad Tecnológica de Pereira", 2019).

2.1.1.1 *Ultrasonido Industrial (UT)*

Historia.

En el lenguaje británico se tienen dichos que avalan el uso de la energía sonora para determinar la integridad de objetos sólidos, uno de estos es “sound as a bell”(suena como una campana) , el cual se usa en un lenguaje informal para referirse a la calidad, honestidad o buena salud, en otro sentido este dicho alude al hecho en que cuando se da un golpe en un objeto sólido, éste tendrá una vibración a la frecuencia natural del mismo, de hecho es así como cualquier instrumento produce sonidos musicales; por lo tanto cualquier falla en la homogeneidad en un objeto provocará una distorsión de su frecuencia natural.

El desarrollo de las técnicas que son usadas actualmente en ensayos no destructivos empezó en 1870 con la publicación de Lord Rayleigh’ acerca de sus investigaciones del sonido llamado “La Teoría del Sonido”, en el cual se explicaba la naturaleza y las propiedades de las ondas de sonido en sólidos, líquidos y gases. Posteriormente en 1880 los hermanos Curie y Lippmann descubrieron que se podía generar potencia eléctrica aplicando presión mecánica a las placas cortadas de una manera particular de ciertos cristales, los cuales causaban una distorsión mecánica después de la aplicación de señales eléctricas en dichas placas; esto fue usado para hacer desde micrófonos y gramófonos hasta generadores de chispas para encendedores de cigarrillos y, por su puesto,

transductores ultrasónicos para ensayos no destructivos. En 1912 después del fatídico accidente del Titanic, surgió la idea de utilizar las ondas sonoras para detectar icebergs en el océano, lo cual tomo mayor importancia en la Primera Guerra Mundial para la detección de submarinos. En 1929, S. Y. Sokolov fue el primero en sugerir el uso de las ondas ultrasónicas para detectar la discontinuidad en metales, hasta que en 1935 presento su diseño para transductores piezoeléctricos con el fin de generar y detectar ultrasonido, mediante el uso continuo de ondas con transductores de cristales de cuarzo y el mercurio como acoplante. En 1947, Sproule mostró el diseño de un transductor que podía generar solo ondas de corte en los elementos, lo que permitía el desarrollo de técnicas para discontinuidades en soldaduras, industrias de fundición y aeroespaciales. En 1977, Silk uso por primera vez la técnica de difracción del tiempo de vuelo (TOFD) para mostrar el lado superior e inferior de las discontinuidades permitiendo así mayor precisión, lo cual lo consiguió empleando transductores de ondas comprimidas localizadas sobre una misma superficie, las dos para transmitir y recibir, con lo cual las ondas laterales y las señales difractadas permiten la triangulación de los bordes superior e inferior del reflector. Durante los 80's y 90's han sido incorporados microchips dentro del detector de fallas, permitiendo al operador almacenar los parámetros de calibración y los rastros de señal, para su posterior re-evaluación, así mismo se empezó con la utilización de pantallas LCD en lugar de CRT, reduciendo el tamaño y peso de los detectores de fallas.

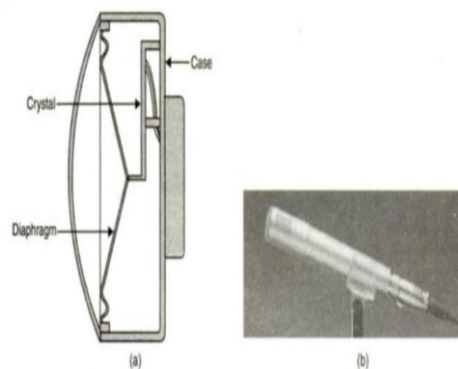


Ilustración 1: Transductor simple de Cristal (a) y Micrófono de Cristal(b) (Bali, 2005)

Principios del ultrasonido.

Naturaleza de las ondas de sonido.

Las ondas de sonido son vibraciones simples de las partículas que forman un sólido, líquido, o gas. Se definen como una forma de energía mecánica y dado que debe haber ‘algo’ para que se genere la vibración, las ondas de sonido no pueden existir en el vacío. El único sentido humano que puede detectar las ondas de sonido, es el oído, pero solamente las frecuencias de vibración que están dentro del denominado “rango audible de sonido”.

El ultrasonido es un conjunto de ondas acústicas las cuales se encuentran en una frecuencia superior a la que puede escuchar el oído del ser humano, estas ondas se encuentran alrededor de los 20 kHz. El ultrasonido industrial con sus siglas en inglés conocido como Ultrasonic Test (UT) se basa en el uso de los mismos principios del Sonar el cual es usado por los submarinos, este usa el principio de propagación del sonido a través de un medio que al golpear con un material poseedor de diferentes propiedades acústicas se refleje hacia la fuente de emisión sonora. (Rodríguez González, 2012)

La propiedad principal que posee el ultrasonido industrial es la frecuencia de alta intensidad con la que se introducen las ondas a través del transductor sobre el material a ser ensayado por medio de lo que pueden ubicar el lugar de presencia de discontinuidades a través del análisis de las ondas que se aplicadas versus las ondas que se reflejan, teniendo un conocimiento previo de las propiedades acústicas que posea el material.

2.1.2 Técnicas superficiales

2.1.2.1 *Inspección Visual*

La examinación o inspección visual es un ensayo no destructivo, el mismo que fue el primero en su clase. Este método fue independizado por el Instituto de Investigación de Energía Eléctrica (EPRI, por sus siglas en inglés) en los inicios de los años 80, como resultado del desarrollo de un programa para examinación visual de 120 horas. La idea fue promovida por la Sección XI de la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos para la inspección de la Planta de Energía Nuclear. La examinación visual se define como el uso de espejos, telescopios, cámaras u otros instrumentos

adecuados, cuando la visión es accesible a 610 mm de la superficie a ser examinada y con un ángulo no menor de 30°, como se muestra en la siguiente figura:

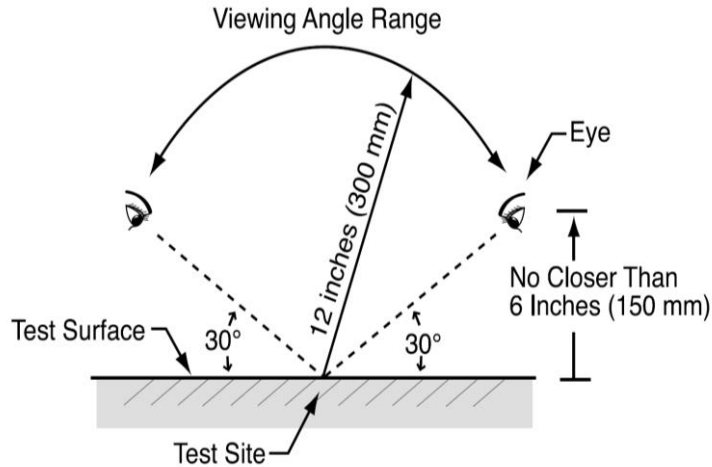


Ilustración 2: Figura 3-1 Ángulo Mínimo para inspección visual típica (Hellier, 2003).

Es uno de los métodos más utilizados actualmente para encontrar y valorar defectos en las estructuras metálicas por la alta eficacia que presenta al ser aplicado. La inspección visual se basa en las técnicas de investigación óptica. En este tipo de ensayo se usan flexómetros, lentes de aumento, galgas de medición, fuentes de luz y sensores de imágenes para poder detectar las fallas o discontinuidades. (Villacrés Cueva, 2009)

2.1.2.2 Tintas Penetrantes

Es un método que complementa de gran manera a la inspección visual, es ampliamente utilizado ya que se basa en el principio de capilaridad, el cual permite la absorción de líquidos. Este ensayo no destructivo presenta características favorables principalmente por presentar rapidez de ensayo, facilidad de ejecución y economía. En este caso se coloca un líquido de propiedades especificadas según la norma AWS D1.1 el cual presenta principalmente baja viscosidad para poder ser absorbido y penetrar hacia las aberturas o discontinuidades que se presentan en la zona ensayada del elemento, la desventaja de usar este método es que solamente se revelan discontinuidades superficiales por lo cual se obtiene una dimensión próxima a la realidad en términos de profundidad y longitud de la discontinuidad. (OSPINA LOPEZ, TRUJILLO & PARRA L, 2011)

Tipos de tintas penetrantes

Las tintas penetrantes que se utilizan para este tipo de inspección pueden ser de tipo fluorescentes o fluorescentes.

Tintas Fluorescentes:

Mediante el uso de este tipo de tintas las fisuras adquieren un mayor realce al momento de estar expuesta a la luz ultravioleta siendo en su mayoría de color verde.

Tintas no fluorescentes:

Son tintas de color rojo las cuales se pueden observar en condiciones normales

Revelador:

Es el agente que mediante el cual al momento de su aplicación hace que las fisuras y discontinuidades sean más visibles

2.2 CÓDIGOS Y NORMAS DE REFERENCIA

Dentro de este capítulo se estudiará y revisará los lineamientos establecidos por los diferentes códigos y normas para realizar las diferentes inspecciones no destructivas para control de calidad propuesto por las mismas para la construcción de edificaciones compuestas de estructura metálica.

2.2.1 AISC-360

Es el código para diseño de estructuras de acero AISC-360(American Institute of Steel Construction) en donde en el Capítulo N se encuentran los requisitos para realizar el control de calidad, aseguramiento de la calidad y ensayos no destructivos de sistemas estructurales conformados por acero que deben ser elaborados por el fiscalizador con referencia a la norma AWS D1.1. dependiendo de la necesidad para cada control.

.

2.2.2 AWS D1.1

Es el código estructural AWS (American Welding Society) del cual se utilizará lo mencionado en la parte B denominada Especificación del Procedimiento de Soldadura (WPS), específicamente en

la sección 4.4 donde se brinda información detallada sobre los requisitos individuales de ensayos no destructivos.

2.2.3 NEC-SE-AC

En este código se hace referencia general al control de calidad que se debe hacer en el Ecuador para este tipo de estructuras en función de las responsabilidades que deben tener las dos partes dentro de un proyecto como son Contratista y Fiscalización, todo esto siguiendo el Plan de Control de Calidad (PCC) y el Plan de Garantía de Calidad (PGC). (NEC-SE-AC, 2015)

2.2.4 Plan de Control de Calidad

El PCC es aquel plan realizado por el contratista para que asegurar que el material, los procesos y la mano de obra se encuentren de acuerdo a los estándares del proyecto. (NEC-SE-AC, 2015)

2.2.5 Plan de Garantía de Calidad

El PGC es el plan que se elabora por parte de la Fiscalización dentro del cual se indican las tareas de inspección ejecutadas por una entidad ajena al contratista, además que dentro de este plan se realiza la gestión de monitoreo del rendimiento del contratista para el uso de su PCC. Los Ensayos No Destructivos (END) y sus procesos están considerados dentro de este plan. (NEC-SE-AC, 2015)

Estos planes tienen como objetivo desarrollar la mejora continua de la confiabilidad de las estructuras metálicas. En el caso de que el contratista tuviera ya dentro de sus procesos internos el PCC en el caso de aquellos se enfocan en el control de calidad y normas ISO se deberá realizar una comparación del mismo con los requerimientos del proyecto. (NEC-SE-AC, 2015).

2.2.6 Personal para ensayos no destructivos e inspecciones

El personal que realice las tareas de inspección de soldadura y ensayos no destructivos se menciona que deberá estar debidamente calificado como se menciona en la Sección 11 de la NEC-SE-AC (Personal Involucrado-Inspecciones de Soldadura)

2.2.7 Personal Involucrado

Inspectores de soldadura para el control de calidad

De parte del contratista se dice que el personal debe ser Inspectores de Soldadura certificados por la AWS con grado de inspectores CWI los cuales podrán ser:

Ingenieros Mecánicos

Ingenieros Industriales

Ingenieros Civiles

Los mencionados Ingenieros deben presentar un título de tercer o cuarto nivel en tecnología de la soldadura o inspección de la soldadura y tener conocimientos de las normas.

2.3 MATERIALES Y ESTRUCTURAS A ENSAYAR

En la Empresa Eléctrica Quito se construyen diferentes tipos de edificaciones como son los centros de operaciones y agencias, las mismas que se encuentran conformadas por estructuras metálicas las cuales son ensambladas mediante procesos de soldadura para conectar los elementos, estos procesos se realizan en taller y en obra. Por lo tanto, al realizar END en los elementos soldados garantizamos la seguridad y el nivel de servicio que brindarán las edificaciones.

Dentro de los diferentes diseños estructurales que conforman el Centro de Operaciones y Agencia Turubamba se presentan materiales usados en la industria ecuatoriana como son:

- Acero A572 Gr50
- Acero A36
- Acero Placa Colaborante (Deck) ASTM A 653-SS37-G90

- Acero pernos de Anclaje ASTM A193 B7
- Acero conector de corte ASTM A29 1015

2.4 CRITERIO PARA SELECCIONAR UNA TÉCNICA NO DESTRUCTIVA

El criterio fundamental para usar las técnicas no destructivas es asegurar que las soldaduras cumplan rigurosamente con las especificaciones que dictan la normativa actual vigente. Se debe tener en cuenta que se puede ensayar de diferente forma el mismo elemento, por lo que una técnica puede ser el complemento de otra en función de obtener los mejores resultados. Para definir cuál metodología es la idónea para aplicarse en cada caso se deben tener en cuenta ciertos criterios para su elección como pueden ser:

- Clase y causas de la falla o discontinuidad a determinarse.
- Proceso de Manufactura y tipo de material
- Acceso a la zona de ensayo
- Nivel y criterios de tolerancia de ensayos
- Criterios Económicos dependiendo del presupuesto y proyectos

3 CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE INSPECCIÓN

Dentro de este capítulo se detallarán los procedimientos prácticos de inspección realizados mediante END para garantizar un nivel de servicio óptimo dentro de los elementos fabricados de estructura metálica.

3.1 METODOLOGÍA PARA TÉCNICAS VOLUMÉTRICAS

En esta sección se procederá a describir los diferentes procesos que se realizan para realizar inspecciones no destructivas con direccionamiento hacia las técnicas de inspección de tipo volumétricas, las cuales nos ayudan a detectar discontinuidades o fallas sin necesidad de afectar el material o zona de ensayo.

Es importante seguir determinados pasos descritos en la normativa vigente para poder establecer una metodología de trabajo idónea. Dentro de la norma AWS D1.1, en la sección 6 se encuentra

la metodología a seguir para realizar la inspección mediante radiografía industrial y ultrasonido común de uniones estructurales de acero. (Cely, Sotomayor, Monar and Castro, 2018)

3.1.1 Radiografía Industrial

Es un ensayo no destructivo que mediante la técnica de inspección volumétrica nos permite identificar discontinuidades mediante exposición radiográfica dependiendo de la geometría de cada material. Para realizar este análisis es importante tomar en consideración variables como son: Tipo de Película Radiográfica a aplicarse, tamaño de la fuente de radiación, distancia objeto-película o espesor y distancia fuente-objeto (Cely, Sotomayor, Monar and Castro, 2018).

En esta técnica es importante tomar en cuenta que se pueden detectar los defectos volumétricos que tengan un volumen superior al 3 % relacionado con el espesor del material de ensayo siguiendo la dirección de los rayos en incidencia . (Rodríguez González, 2012)

Ventajas

Se considera como un método de alta sensibilidad el cual genera imágenes en película lo cual permite la conservación de que existen o no defectos o discontinuidades.

Desventajas

Se debe contar con las autorizaciones necesarias para manejo de materiales radiactivos y medidores de niveles de radiación para poder preservar el bienestar del personal de ensayo.

Se considera un método riesgoso por la exposición durante el ensayo a la radiación.

3.1.2 Ultrasonido

Las pruebas de ultrasonido sirven para inspeccionar y evaluar fallas macroscópicas, medir características geométricas y para la caracterización de cambios en la estructura mecánica, así como en las propiedades mecánicas de un elemento. Para esto se utilizan equipos especiales para enviar ondas de alta frecuencia con el fin de penetrar el material y otro equipo especial recibe las mismas. La identificación de las condiciones del material y sus discontinuidades dependen de como las ondas de alta frecuencia las cuales son enviadas al equipo de registro. La alta precisión y el control efectivo reducen el error humano y mejoran la confiabilidad de las detecciones. (Du, Zhao, Roy, Addepalli, & Tinsley, 2018). Las ondas de ultrasonido son similares en naturaleza a

las ondas acústicas pero la diferencia que existe es que su frecuencia no es audible para el oído humano siendo la frecuencia con mayor valor 20 kHz. (Rodríguez González, 2012)

Ventajas

- Es un tipo de inspección que puede tener automatización y semi-automatización.
- Tiene posibilidad de ejecución desde un solo lado del material de ensayo
- Permite detectar discontinuidades internas y superficiales.
- Brinda la posibilidad de medir grado de corrosión extensión y espesores
- Se tiene una interpretación de resultados de ensayo de forma inmediata.

Desventajas

- La detección de defectos depende de la orientación, geometría y propiedades del material a ensayar.
- Es un método que requiere de un alto nivel de experticia por parte del inspector.
- Es necesario tener un material de acople para el ensayo.
- No puede detectar discontinuidades sub-superficiales.
- Los equipos deben estar en constante calibración dependiendo de los patrones de referencia.
-

Tipos de Ondas ultrasónicas

Dependiendo de la energía mecánica aplicada las partículas de cualquier medio se mueven de su posición de equilibrio con distinto tipo de oscilación.

- **Ondas de Lamb:** Son ondas que se producen en materiales delgados que tengan espesor de orden de longitud de onda como pueden ser tubos y láminas. La vibración se da en conjunto en todo el material al momento de la transmisión de la onda ultrasónica y se propaga de forma paralela a la superficie y en dirección de la recepción del impulso. Las ondas de Lamb pueden ser simétricas de compresión o de flexión, para los dos tipos de ondas se tiene un movimiento de partículas de forma elíptica.

- **Ondas Superficiales o Raleigh:** Son un caso específico de onda transversal las cuales se propagan solamente en la superficie de un sólido que sea finito rodeando todo su contorno e irregularidades
- **Ondas de Corte o Transversales:** Se generan de forma perpendicular a la dirección en la que se propagan, por lo general se dan en materiales sólidos, pero también se pueden dar en líquidos con mucha viscosidad
- **Ondas Longitudinales:** Se producen cuando las partículas por medio de las cuales se transporta la onda tienen un desplazamiento paralelo a la dirección de viaje de la onda

Para detectar las discontinuidades mediante el ultrasonido se deben generar ondas de alta frecuencia que sean introducidas a través del material de ensayo y al momento que se encuentre una discontinuidad en el medio de propagación una parte de las ondas se refleje, se debe considerar que el nivel de reflexión de la onda dependerá del estado físico de los materiales que forman la interface, por ejemplo si el haz de ondas ultrasónicas pasa de un medio sólido a un medio gaseoso se producirá una reflexión total facilitando la detección de discontinuidades; en el caso que la onda pase de un medio sólido a otro sólido en el mismo estado se producirá una reflexión parcial con respuesta de menor energía pero que se puede aún detectar las posibles fallas.

Equipo e insumos para ensayo

Para llevar a cabo la generación de ultrasonido se debe contar con ciertos elementos que son básicos para generar los procesos mecánicos por lo cual por lo general el equipo para este ensayo se compone de:

- Generador electrónico de señales productor de pulsos eléctricos de duración corta.
- Transductor (palpador) el cual es elemento que genera el haz de ondas de ultrasonido cuando recibe pulsos eléctricos y transforma las ondas ultrasónicas de la pieza de ensayo a pulsos eléctricos.

- Acoplante el cual colabora en la transmisión de las ondas del haz de ultrasonido hacia el elemento de prueba y elimina el oxígeno que puede encontrarse entre el transductor y la pieza de ensayo, en este caso se utilizó un gel metil celulosa para el ensayo.
- Dispositivo electrónico el cual cumple la función de amplificar u desmodular las señales emitidas por el transductor
- Dispositivo de despliegue el cual indica las características de salida del elemento ensayado, puede ser una pantalla LCD
- Reloj electrónico que sirve para monitorear el comportamiento de las partes que conforman el sistema, para tener un primer punto de referencia y coordinar el funcionamiento del sistema.

3.1.3 Otros

3.1.3.1 Ensayos con Corrientes Inducidas o de Eddy

Este ensayo se basa en la producción de un campo magnético alterno el cual se genera por la circulación de una corriente alternan una bobina. Al momento de colocar la bobina cerca de un metal plano se produce una inducción de corriente dentro del metal el cual contrarresta al campo magnético de la bobina. La corriente que se induce es función de la corriente alterna de las características de la placa de ensayo y de las discontinuidades que se presenten en ella. Así obteniéndose los datos de propiedades del metal y se pueden además encontrar las discontinuidades si existieran. (Rodríguez González, 2012)

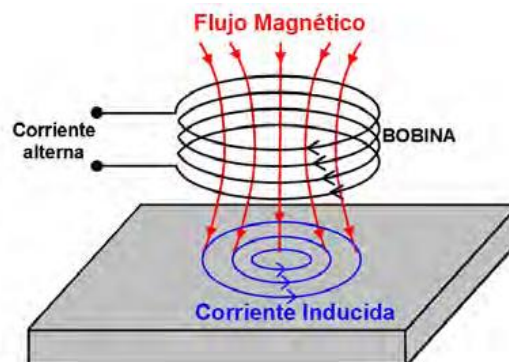


Ilustración 3: Corrientes de Eddy (Rodríguez González, 2012)

Es un ensayo que se utiliza para localizar discontinuidades superficiales en objetos con geometría simple como pueden ser cables, tubos, barras. La ventaja que presenta este método es la rapidez

de ensayo y su portabilidad, pero se necesitan probetas con características específicas para cada ensayo y su sensibilidad a variaciones del material es muy grande.

3.1.3.2 Termografía:

Es un ensayo no destructivo que sin necesidad de que exista contacto determina la temperatura de la superficie de un cuerpo mediante la captación de energía infrarroja que emita el cuerpo o material. En el momento que haya distorsiones en el flujo de calor emitido por la existencia de discontinuidades o defectos, se emitirán contrastes de temperatura en la superficie; este método se basa en el análisis de la imagen de los patrones térmicos obtenidos. (Jiménez Benítez & Bejarano Osorio, 2017)

3.2 METODOLOGÍA PARA TÉCNICAS SUPERFICIALES

Existe una amplia variedad de ensayos no destructivos lo cuales se presentan de acuerdo a cada caso específico de prueba por lo que siempre se debe buscar una correcta aplicación de los mismos y se debe considerar que las metodologías pueden ser complementarias y se puede usar más de un ensayo en un solo elemento de prueba.

3.2.1 Inspección visual

Como se conoce la inspección visual es uno de los métodos más utilizados dentro de la gama de los ensayos no destructivos. Dentro de las inspecciones visuales se pueden encontrar las inspecciones visuales directas y las inspecciones visuales remotas.

El ensayo de inspección visual directa se define como una metodología que utiliza ayudas visuales tal como son cámaras, telescopios espejos o instrumentos afines. El examen visual directo se realiza cuando existe accesibilidad directa del ojo dentro de las 25 pulgadas o 610 mm de la superficie a examinar y en un ángulo no inferior a 30 ° respecto a la superficie de examinación. (Hellier, 2003). La inspección visual remota se divide en tres categorías como son tecnología de video, entre otras técnicas instrumentales que requieren el uso de boroscopios y fibroscopios .

El análisis e interpretación de los resultados dependen de la experticia y percepción del personal que realice los mismos, esta se debe realizar con una distancia del ojo a la superficie de inspección

desde 150 mm hasta 600 mm con una angulación no menor de 30 grados desde la posición del ojo con respecto a la superficie de inspección. (Flores Zambrano, 2015)

Como se menciona en la sección V del código ASME se debe cumplir con los siguientes parámetros para el personal:

- Realizar exámenes de visión anualmente.
- Distancia de inspección desde el ojo a superficie a inspeccionar de en el rango de 150 mm a 600 mm con angulación no menor de 30 grados.
- Es necesario el uso de instrumentación auxiliar
- Se debe tener una iluminación mínima para el elemento a ser inspeccionado.

3.2.1.1 Instrumentación para inspección visual

Para realizar este tipo de ensayos ya sea inspección visual indirecta o remota es necesario utilizar herramientas para poder detectar discontinuidades en sitios de acceso complejo en el elemento de prueba, estos instrumentos pueden ser mecánicos u ópticos entre los cuales pueden estar:

3.2.1.1.1 Instrumentos Mecánicos

- **Regla de medición:** Suelen ser reglas por lo general de acero con una amplia gama de tamaños y medidas las cuales sirven para realizar mediciones de corta duración.
- **Instrumentos de escala vernier:** Son instrumentos de precisión que permiten medir con un factor de 0,001 mm y entre estos pueden estar calibradores pie de rey y micrómetros.
- **Galga Bridge Cam:** Es un instrumento multifuncional de medida con la capacidad de tomar medidas de sobre monta, garganta de soldaduras a filete, desalineamiento profundidad de mordeduras, ángulo de preparación de bisel
- **Galga de soldadura a Filete:** Es un conjunto de galgas con diferentes tamaños con las cuales se determinan los tamaños de cordones de soldadura a filete con medidas que van desde 1/8 hasta 1 pulgada.

- **Galgas de medición de tamaño de soldadura:** Mediante este instrumento se puede medir la sobre monta respectiva al cordón de soldadura y a su vez permite medir la garganta de soldaduras a filete.

3.2.1.1.2 Instrumentos Ópticos:

- **Linternas:** Según se menciona en el código ASME sección V se tiene que generar por parte de las linternas una luminosidad mínima de 1000 lux ⁻⁴² para poder iluminar de manera correcta el área de inspección.
- **Espejos:** Son elementos que sirven para poder inspeccionar zonas de acceso complejo como partes internas de elementos.
- **Magnificadores de Imagen o Lupas:** Nos ayudan a aumentar la visibilidad de la zona de inspección y sirven para detectar a detalle las discontinuidades que no son perceptibles a simple vista, estos instrumentos pueden amplificar la imagen alrededor de 5 y 10 veces, en el caso del uso de microscopios pueden aumentar entre 10 y 200 veces el tamaño.

3.2.1.2 Ventajas

- Bajo costo por usar instrumentación pequeña y poco costosa
- El tiempo de inspección es corto
- Se puede realizar previo, durante y después del proceso de soldadura por lo que nos ayudaría a detectar tempranamente las discontinuidades.

3.2.1.3 Desventajas

- La interpretación y obtención de resultados están ligadas a la experticia del inspector.
- Solamente se pueden detectar discontinuidades superficiales

3.2.2 Líquidos penetrantes

Esta metodología de ensayo se basa en la aplicación de un líquido que penetre en las fallas y discontinuidades de la superficie de ensayo por el principio de capilaridad de los líquidos de baja viscosidad, de forma que al momento de limpiar el excedente se mantenga el líquido presente en las discontinuidades. Después mediante la aplicación de un agente revelador salen a relucir las discontinuidades presentes en el material de ensayo. (Aguilar, 2011)

3.2.2.1 *Características de los líquidos Penetrantes:*

Para que el desempeño de este tipo de líquidos sea la más óptima para la realización del ensayo los mismos deben tener las siguientes características:

- Capacidad de penetración en discontinuidades finas
- Capacidad de permanencia en discontinuidades gruesas
- Baja capacidad de secado o evaporación
- Fácil limpieza del líquido sobre la superficie
- Limpieza superficial sin afectación para líquido retenido en las discontinuidades
- Fluidez para aparecer al momento de la aplicación del revelador.
- Conservación de fluorescencia óptima y contraste adecuado versus el fondo.
- No presentar corrosión ni afectar al material sobre el cual se aplica.
- No presentar olores fuertes o desagradables, además de no presentar composición tóxica.

3.2.2.2 *Propiedades físicas de las Tintas penetrantes*

Para poder realizar este ensayo se requiere que las tintas presenten las características siguientes
Capacidad Humectante que sea la idónea para que la superficie de ensayo del material se moje y que exista una óptima fluidez para poder formar una capa uniforme, además de una alta capacidad de penetración para que se puede infiltrar de la mejor manera a través de las discontinuidades.

Las características mencionadas anteriormente dependen del poder humectante del líquido y la capilaridad que esté presente. (Serrano Lledó, 2020)

Poder Humectante: Esta propiedad se da cuando se genera el ángulo de contacto o ángulo de mojado α como se muestra en la ilustración 4 el cual se forma dependiendo de las fuerzas de cohesión las cuales hacen que las moléculas del líquido permanezcan unidas entre sí y las fuerzas de adherencia las cuales se disponen en la interface formada por dos sustancias de distinto origen, por ejemplo liquido-aire o sólido líquido. (Serrano Lledó, 2020)

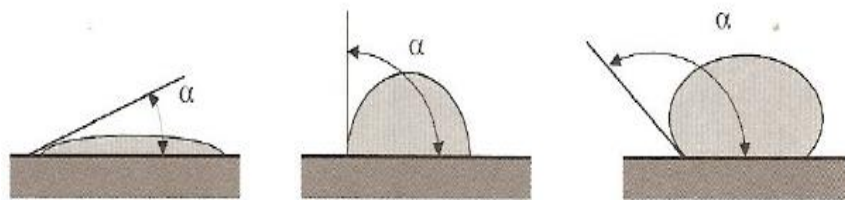


Ilustración 4: Ángulo de Contacto (Serrano Lledó, 2020)

- Poder humectante bueno si $\alpha < 90$, y cuando el líquido moja la superficie del sólido.
- Poder humectante malo si $\alpha \geq 90$, y cuando el líquido no moja al sólido.

Capilaridad: Para la medición de esta propiedad se procede introduciendo un tubo capilar en un líquido teniendo para poder medir la altura que sube el líquido por el mismo formando un ángulo α como se indica en la ilustración 5. (Serrano Lledó, 2020)

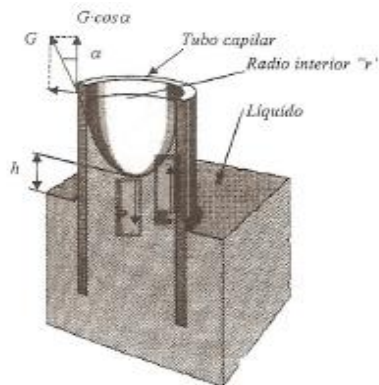


Ilustración 5: Medición de Capilaridad, (Serrano Lledó, 2020)

- Si $\alpha < 90$ existe alta Capilaridad y se forma un menisco cóncavo

- Si $\theta = 90$ no existe Capilaridad
- Si $\theta > 90$, es decir se forma un menisco convexo existe depresión capilar.

Después de que se aplican los penetrantes y se deja reposar para que transcurra el tiempo de penetración se debe realizar una limpieza del exceso sin retirar el material que se introdujo en los defectos.

3.2.2.3 Reveladores y Aplicación:

Los reveladores son sustancias que actúan a modo de papel absorbente haciendo que el líquido de las fallas salga y contribuyen al aumento del rango de visión de los mismos, ya que por lo general poseen coloración distinta y que contrasta con el color del líquido penetrante.

Existen distintas clases de reveladores los cuales pueden ser:

- *Reveladores No Acuosa*: Son aquellos que se presentan como polvo en suspensión envasados por lo general en latas de aerosol los cuales son aplicados mediante pulverización
- *Reveladores Acuosa*: Son reveladores particulados de polvo que se deben preparar con una suspensión acuosa.
- *Reveladores de Polvo seco*: Pueden ser reveladores de uso primario dentro de los cuales están en una presentación de polvo fino el yeso o talco.

Para aplicar el revelador se debe hacer de manera prolija haciendo que se forma una capa delgada y homogénea sobre la superficie de inspección, dependiendo del tipo de revelador que sea se lo aplica por pulverización o inmersión. La elección del revelador a ser aplicado dependerá si es un proceso manual o automático, la cantidad de elementos a inspeccionar, tipo de acabado superficial de los elementos y el tamaño. Para acabados rugosos generalmente se utiliza un revelador seco y para acabados fino un revelador húmedo (Serrano Lledó, 2020)

Ventajas

- Es un ensayo que puede aplicarse a diferentes tipos de materiales
- Es versátil con los tamaños y formas de los materiales de ensayo

- Puede ser aplicado tanto en obra como en taller
- Permite un ensayo que abarque la superficie total de la pieza
- Tiene un costo relativamente bajo

Desventajas

- Solamente permite detectar discontinuidades superficiales y no sub superficiales.
- Se debe tener una superficie de aplicación completamente limpia

3.2.3 Otros

3.2.3.1 Partículas Magnéticas

Esta técnica de ensayo no destructivo permite encontrar discontinuidades en materiales de tipo ferromagnético tanto superficiales como sub superficiales. Este ensayo se fundamenta en el principio de magnetización de la pieza de ensayo para que de esta manera se detecten los posibles campos de fuga que pudiesen existir, para esto es necesario utilizar partículas ferromagnéticas las cuales se acumularan en el contorno de la discontinuidad logrando indicar su disposición, forma y longitud. Este ensayo se lo puede llevar a cabo de manera seca o húmeda, para realizarlo de forma húmeda es necesario utilizar un vehículo que puede ser aceite o agua. Muchas de las discontinuidades que se encuentran por este método en su mayoría son superficiales y en muy pocas situaciones se pueden detectar sub superficiales. (Segura Triana, 2015)

Ventajas

- Permite detectar discontinuidades de pequeña dimensión y profundidad.
- Cuando la discontinuidad es delgada y presenta una definición optima se puede detectar de forma clara la discontinuidad.

Desventajas

- Cuando las grietas son muy anchas no se produce una buena definición porque no se pueden acumular bien las partículas en la zona.

- En ciertas ocasiones es necesario la aplicación de corrientes altas para la inspección de piezas de tamaño grande.



Ilustración 6: Magnetización de Partículas. (Ilog SA de CV, 2011)

4 PROCESO EXPERIMENTAL DE INSPECCIÓN

Dentro del siguiente capítulo se procederá a describir los procesos que se utilizaron para realizar los ensayos con metodologías no destructivas pertinentes a cada caso. En el caso de análisis y estudio se realizaron ensayos no destructivos tanto en taller, así como en obra del proyecto “Centro de Operaciones y Agencia Turubamba” teniendo como parte de la fiscalización a la Dirección de Proyectos Especiales de la Empresa Eléctrica Quito. Las estructuras sometidas a los ensayos no destructivos fueron el bloque de agencia y centro operativo, las cuales estaban constituidas por estructuras metálicas.

Se realizaron diferentes pruebas para verificar la calidad de los materiales y soldadura de taller y obra, los ensayos que se realizaron para control de calidad y detección oportuna de discontinuidades en este caso fueron:

- Ensayo de Tracción De Acero (Para verificar la calidad del material).
- Ensayos de Tintas Penetrantes.
- Ensayo de Ultrasonido.

4.1 PROBETAS PARA ENSAYAR

4.1.1 Ensayo de Tracción De Acero:

Para realizar el siguiente ensayo se procedió a utilizar la Norma Técnica ecuatoriana NTE INEN 109: 2009 “ensayo de tracción para materiales metálicos a temperatura ambiente” para lo cual se procedió a fabricar tres probetas con las siguientes dimensiones mostradas en la siguiente figura para el ensayo de tensión en placas de acero de material base

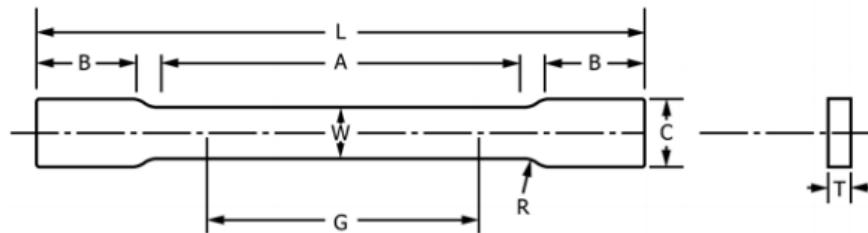


Ilustración 7: Dimensiones Probeta de Acero (Laboratorio de Materiales PUCE, 2019)

Dimensiones y Simbología:

- C=ancho de la probeta= aproximadamente 50 mm
- R= Radio de transición entre longitud paralela y extremos de agarre= 13 mm mínimo.
- G= Longitud de calibración inicial = 50 mm (debe ser marcada en el laboratorio)
- W= Ancho de sección reducida= 40 mm
- L= Longitud de probeta =350 mm.
- A= Longitud total de Probeta = 350 mm.
- T= Espesor del Producto

4.2 PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL DE ENSAYO

4.2.1 Ensayo de Tracción De Acero:

Se procedió a verificar las muestras, de manera que se pudieron relacionar con los formatos determinados y corroborar las dimensiones establecidas para el ensayo de tracción según la normativa.



Ilustración 8: Probeta de Acero No.3

Dentro de este ensayo se procedió a estirar la probeta mediante la aplicación de una fuerza axial que traccione el material de ensayo la cual se aplicó mediante la máquina de ensayo de tracción que debe encontrarse adecuadamente calibrada, en este caso fue utilizada la del laboratorio de materiales de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador

Se procedió a colocar la probeta que se mantuvo fija mediante mordazas en ambos extremos, siendo una estática y otro móvil



Ilustración 9: Máquina de Ensayo de tracción.

La máquina de ensayo genera una deformación que se da a partir del desplazamiento de la cabeza móvil a una velocidad configurable, la maquina registra la fuerza aplicada vs. la deformación provocada grabando los resultados de forma gráfica y numérica.



Ilustración 10: Tracción de probeta

Una vez terminado el proceso de carga se llega a la fractura de la probeta, posteriormente se procede a revisar la carga media con la cual se generó la fractura.



Ilustración 11: Rotura de probeta por tracción.

Se debe grabar la fuerza y el alargamiento que tuvo el espécimen de ensayo y posteriormente repetir el procedimiento para las demás probetas para poder obtener la información para su correspondiente análisis.



Ilustración 12: Probeta Rota por falla a la tracción.

4.2.2 Ensayo de tintas penetrantes

Este ensayo se lo llevo siguiendo los lineamientos técnicos establecidos en la norma ASTM E 165-95 “Método de prueba estándar para examen de líquido Penetrante”, dentro del cual se encuentran los procedimientos para examinación de materiales relacionados con el uso de tintas penetrantes que en este caso fue orientado para determinar la existencia de discontinuidades que se puedan detectar mediante el uso de este método en la soldadura realizada en los elementos fabricados de

estructura metálica , como pueden ser placas base, columnas , vigas y demás partes que conformen la estructura del centro de operaciones y agencia Turubamba.

Para poder realizar este ensayo se efectuaron los siguientes pasos:

Preparación y Limpieza previa de la superficie de ensayo.

Previo a la aplicación del líquido penetrante se debe preparar la superficie de ensayo realizando una limpieza y remoción sobre la misma de modo que esta se encuentre completamente libre de elementos o sustancias que puedan interferir en penetración y humectación de la zona de ensayo. En este caso se realizó una limpieza con el limpiador removedor SKS-C, aplicando así este componente directamente sobre la superficie de ensayo para eliminar la capa de cobertura de grasa que quedaba parcialmente sobre el acero, además se efectuó una limpieza por medios mecánicos usando un cepillo de alambre para eliminar salpicaduras y escoria producidas por el proceso de soldadura. De este modo se garantizó el trabajo sobre una zona de ensayo en condiciones de trabajo idóneas.



Ilustración 13: Superficie de ensayo limpia

Aplicación de tinta penetrante:

Cuando se ha obtenido una superficie de ensayo que se encuentre limpia y seca se procede a aplicar el líquido o tinta penetrante, en este caso se aplicó el producto por medio de pulverización con aerosol.

Tipo de tinta penetrante empleada:

Se utilizó una tinta penetrante en presentación de aerosol tipo 2 la cual cumple con las características especificadas por la norma ASTM E-165, por tal razón es apta para su aplicación sobre las zonas donde se efectuaron procesos de soldadura.



Ilustración 14: Tinta Penetrante SKL-SP2 AEROSOL.

Esta tinta penetrante es visible y removible al solvente la cual es de una pigmentación de color rojo oscuro, mediante el cual se generan indicaciones intensas cuando se aplica el revelador permitiéndonos detectar discontinuidades y defectos como pueden ser: porosidad de soldadura, grietas, fusión de soldadura incompleta, penetración de soldadura incompleta, socavado, e inserciones de escora y fundente. Este proceso se debe llevar a cabo dentro de los rangos de temperatura de 10 a 30 grados C, aplicando una capa uniforme de spray sobre la superficie de ensayo y manteniendo un tiempo penetración que puede encontrarse entre los 5 y 60 min. (Magnaflux, 2020).



Ilustración 15: Aplicación de Tinta penetrante en superficie de ensayo.

Remoción de exceso de penetrante de la superficie de ensayo:

Una vez que se finaliza el tiempo de aplicación de la tinta penetrante lo siguiente a realizar es la remoción del exceso para evitar la formación de discontinuidades falsas para lo cual fue necesario usar un disolvente que en este caso venía de igual forma en presentación de aerosol.



Ilustración 16: Removedor SKC-S AEROSOL.

Este limpiador SKC-S sirve para realizar la limpieza previa al ensayo y a su vez eliminar el exceso de penetrante como paso previo a aplicar el revelador, es un removedor de solvente no halogenado que cumple con las características de la norma ASTM E-165 el cual permite remover grasas, aceites y otros agentes que pueden interferir en una correcta realización del ensayo. (Magnaflux, 2020)

Para remover el exceso de tintas penetrantes se procedió a aplicar el removedor sobre un paño.



Ilustración 17: Aplicación de Removedor sobre Paño de Limpieza.

Una vez aplicado el removedor sobre el paño se procedió a limpiar la superficie de ensayo de manera prolija para poder remover el penetrante sin quitar la cantidad del mismo que pudo haber ingresado por capilaridad en las posibles discontinuidades.



Ilustración 18: Remoción de tinta penetrante de superficie de ensayo.

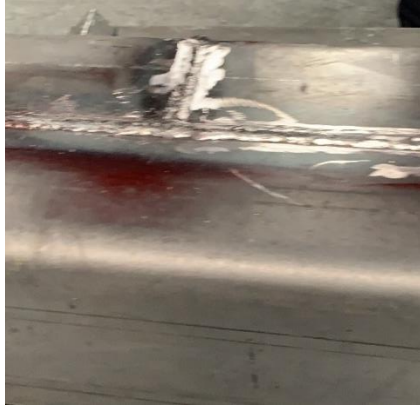


Ilustración 19: Superficie limpia posterior a limpieza con removedor.

Aplicación del revelador

En esta etapa es donde se evidencia mediante el revelado los defectos visibles. El revelador tiene una acción de absorción la cual hace que el líquido que penetró sobre la discontinuidad aflore a la superficie y de esta forma poder incrementar la visibilidad.



Ilustración 20: Revelador SKD-S2 AEROSOL.

Para nuestro caso de ensayo se utilizó un revelado no halogenado SKD-S2 que viene listo para su uso y cumple con la norma ASTM E-165. Este revelador está compuesto partículas de revelado suspendidas en un solvente de rápido secado las cuales generan recubrimiento blanco opaco para

que exista un contraste de fondo óptimo con relación al penetrante de color rojo. (Magnaflux, 2020)

Se debe aplicar uniformemente y generar una capa fina para así poder cubrir la superficie de ensayo previamente preparada con el penetrante y removedor.



Ilustración 21: Aplicación de Revelador en superficie de ensayo.



Ilustración 22: Secado de revelador .

Inspección para verificación de discontinuidades



Ilustración 23: Revisión por parte de Inspector de ensayos de Soldadura

En esta etapa del proceso se procedió a revisar los resultados visibles obtenidos del ensayo para lo cual es necesario revisarlos con una buena iluminación ya que se utilizó una tinta penetrante que es visible a la luz. Se debe en esta fase establecer e interpretar las causas que generaron las fallas como pueden ser porosidad, agrietamiento, falta de unión, etc. Es importante la experiencia del inspector para poder interpretar de manera adecuada los resultados. Para poder realizar una interpretación correcta se puede utilizar como referencia y guía la Norma ASTM E433 “fotografías de referencia para inspecciones por líquidos penetrantes”. Se debe también tener en cuenta la posible aparición de falsas discontinuidades, las mismas que por lo general son producto de una mala remoción de la tinta penetrante.

Limpieza final

Una vez finalizada la inspección se procedió a limpiar la superficie de ensayo para dejarla en sus condiciones originales utilizando detergentes, removedores, etc.

4.2.3 Ensayo de ultrasonido

Dentro de este procedimiento se realizaron diferentes inspecciones en varios especímenes, para lo cual se realizó previo al ensayo una limpieza mecánica y con disolventes de la zona de ensayo para que no existan irregularidades en la superficie al momento de realizar la inspección quedando las zonas de ensayo limpias y libres de salpicadura, escoria, grasa o aceites que se pudieron haber generado durante el proceso de manufactura del material y además también el proceso de soldadura. Se verificó la calibración de los equipos y que cumplan los parámetros que se encuentran en la norma AWS D1.1.

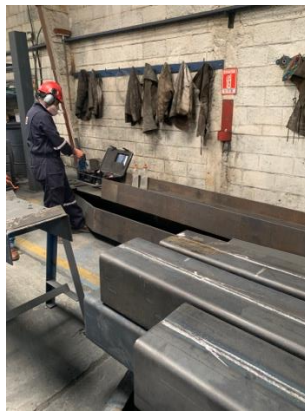


Ilustración 24: Preparación y Limpieza de zona de ensayo para ultrasonido

Una vez verificado un estado ideal de limpieza de la superficie de ensayo se procedió a marcar la zona de ensayo y a su vez a colocar como se indica en la norma AWS D1.1 un material acoplante que en este caso fue un gel metil-celulosa para poder obtener un acoplamiento directo como se muestra en la imagen.



Ilustración 25: Colocación de Gel Metil Celulosa

Se procede a verificar el correcto funcionamiento del equipo comprobando que el equipo sea capaz de detectar vacíos por lo que se hace un análisis en una zona alejada con dirección perpendicular a la soldadura .



Ilustración 26: Inspección Conjunta de Fiscalización y Técnicos de Ensayos.

A continuación se realizó un barrido paralelo al cordón de soldadura que cubra la zona de ensayo marcada



Ilustración 27: Barrido de ensayo de ultrasonido.

Durante el barrido se observan los resultados desplegados sobre la pantalla del dispositivo de ensayo

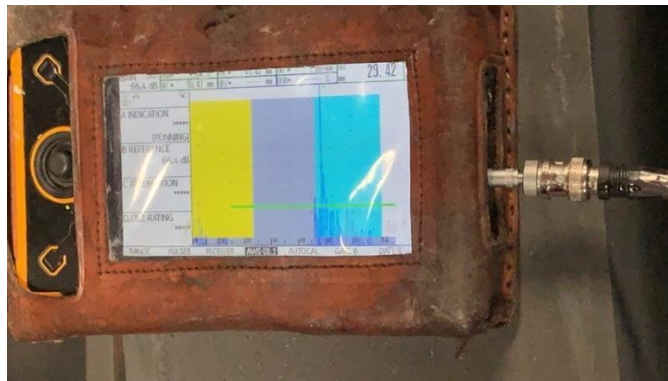


Ilustración 28: Visualización en Pantalla de Registro de Ensayo UT.

Este procedimiento se lo realizo en conjunto con la fiscalización mecánica del proyecto y en conjunto los ensayos no destructivos fueron replicados en taller y obra para poder verificar la calidad del trabajo y así cumplir la obligación como fiscalización de garantizar el nivel de servicio de los elementos fabricados de estructura metálica.

4.3 Resultados obtenidos

De los diferentes procesos realizados se procederá a analizar varios de los diferentes resultados correspondientes grupos de muestras dependiendo de la técnica de ensayo utilizada, además se

debe tomar en cuenta que la inspección se la realizó tanto a nivel de taller, así como en obra en el caso de los ensayos no destructivos.

4.4 Ensayo de Tracción De Acero

Para llevar a cabo el ensayo de tracción de acero se utilizó un acero estructural de placas base ASTM A-572 Gr 50 el cual posee características de alta resistencia y baja aleación lo que en la actualidad lo ha convertido en el más utilizado para la construcción de edificaciones. La alta resistencia que posee este acero se debe principalmente a que tiene una adición de material de aleación principal el cual es el manganeso, el mismo que le otorga gran soldabilidad. (Campos Terán & Jaramillo Flores , 2019).

Como se indicó anteriormente se utilizó las especificaciones de la norma NTE INEN 109: 2009 “ensayo de tracción para materiales metálicos a temperatura ambiente” utilizando la máquina de tracción del laboratorio de materiales de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador. El informe de ensayo que sustenta esta información se lo puede observar en el ANEXO 1.

Tabla 1: Cuadro de Detalles de Probetas para Ensayo de tracción.

Probeta	Espesor (mm)	Ancho (mm)	Área mínima	Carga Máxima (N)	Esfuerzo Máximo (Mpa)	Esfuerzo de Fluencia (Mpa)	Elongación (%)
T1	10,27	39,49	405,56	199,600	492	367	36
T2	10,15	38,16	387,32	192,900	498	367	48
T3	10,12	39,76	402,37	204,000	507	508	49

4.5 Ensayo de Tintas Penetrantes.

Para la ejecución del procedimiento de tintas penetrantes se basó el ensayo en los procedimientos establecidos por las normas AWS D1.1-“Codigo de Soldadura Estructural de Acero”y ASTM E-165 “ Standard Practice for Liquid Penetrant Examination for General Industry” de la cual se empleó la técnica TIPO II- Método C utilizando las siguientes especificaciones de ensayo aplicada al elemento de ensayo columnas de la edificación agencia realizando una inspección de una

longitud aproximada de 2,5 m. El reporte del ensayo que sustenta esta información se lo puede observar en el ANEXO 2.

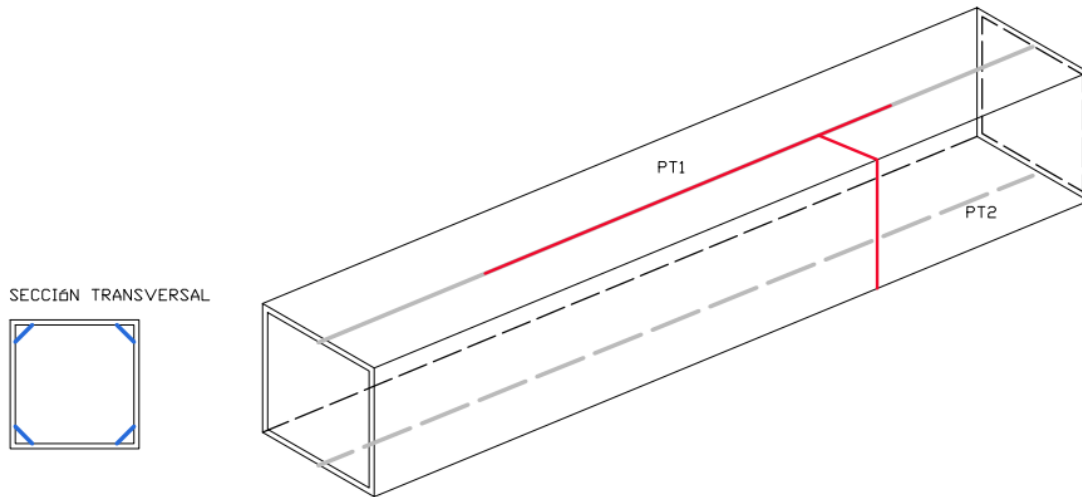


Ilustración 29: Esquema General de Zona de Inspección para Líquidos penetrantes.

Información General

Tabla 2: Información general de Removedor, Penetrante y Revelador para ensayo de tintas penetrantes

Técnica empleada:	Tipo II- Método C[ASTM e165]	Removedor :	SKC-S Spotcheck Magnaflux	Can No: 21994	Método de Remoción	Aplicación de solvente removedor
				BATCH: 17J01K		
Observación/ Iluminación:	Luz Artificial [>100 lux]	Penetrante :	SKL-SP Spotcheck Magnaflux	Can No: 11590	Tiempo de Penetración	10 minutos
				BATCH: 16K05K		
Limpieza Final :	Paño/ Material Textil	Revelador:	SKD-S2 Spotcheck Magnaflux	Can No: 5356	Tiempo de Revelado:	10 minutos
				BATCH: 17J01k		

Registro de inspección de soldaduras mediante tintas penetrantes de Columnas-Agencia.

Tabla 3: Tabla de registro de Inspección para tintas penetrantes

IDENTIFICACIÓN				DEFECTO		INSPECCION			OBSERVACIONES
ELEMENTO	DESCRIPCION	JUNTA	SOLDADOR	TIPO	LONGITUD (mm)	UBICACION	RESULTADOS		
						X/Y (mm)	ACEPTADA	RECHAZADA	
C-4	-	PT1	W-684	-	-	-	X	-	APROBADA
	-	PT2	W-684	-	-	-	X	-	APROBADA

4.6 Ensayo de Ultrasonido

Para la ejecución del procedimiento de ultrasonido se basó el ensayo en las especificaciones indicadas en las normas AWS D1.1- “Código de Soldadura Estructural de Acero”, utilizando las siguientes especificaciones de ensayo aplicada al elemento de ensayo columnas de la edificación agencia realizando una inspección de una longitud aproximada de 2 m por columna. El reporte del ensayo que sustenta esta información se lo puede observar en el ANEXO 3.

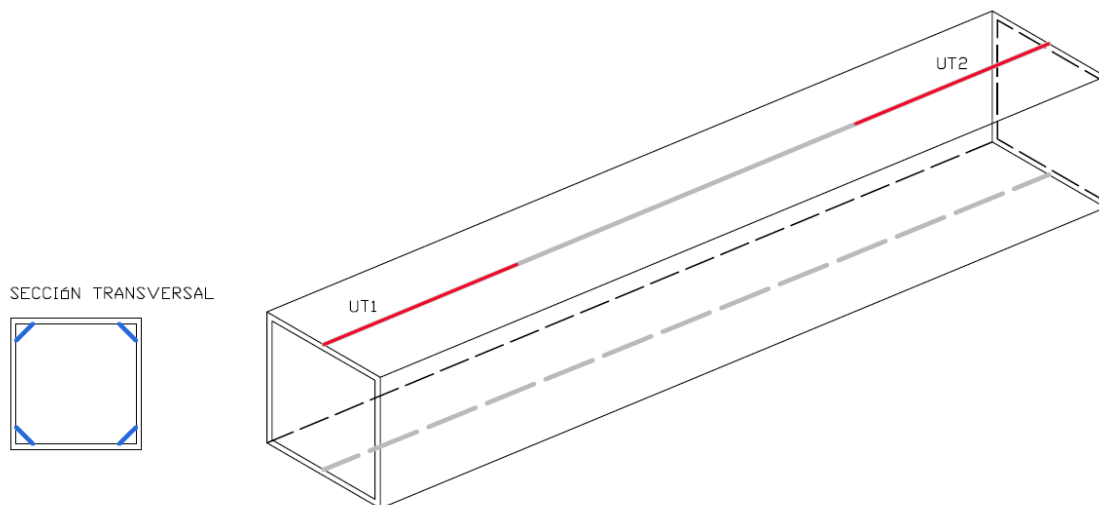


Ilustración 30: Esquema General de Zona de Inspección para Ultrasonido

Tabla 4: Detalle de Equipos Empleados para ensayo de ultrasonido.

EQUIPOS EMPLEADOS			
<i>USMGo S/N: 13056151</i>			
Palpador	2.25/ 1/2 " /170531-1	Ganancia (dB)	72
Ángulo	70 °	Rango (mm)	150
Frecuencia	2,25 MHz	Modo	PULSO/ECO
Dimensiones	0,625x0,625	Retardo Zapata (μ s)	14.69
Velocidad (m/s)	3240		
BLOQUE DSC			
I.D./SERIE	43822		

Tabla 5: Parámetros de Inspección para ensayo de ultrasonido

PARAMETROS DE INSPECCION					
MATERIAL	ASTM A572 GR 50	BLOQUE CALIBRACION	DSC	GRILLA/MATRIZ	NO APLICA
CONDICION SUPERFICIAL	SIN PINTURA	TECNICA	Haz Angular	PROCEDIMIENTO	SINDES-PR-0402-020/UT AWS
ACOPLANTE	Gell (Metil Celulosa)	ESPESOR PLANCHA	8 mm	CODIGO APLICABLE	AWS D1.1

Tabla 6: Nomenclatura para ensayo de ultrasonido

NOMENCLATURA (Evaluación de la discontinuidad)	A	Clase A	Discontinuidad Mayor-Grande
	B	Clase B	Discontinuidad Mediana
	C	Clase C	Discontinuidad Pequeña
	D	Clase D	Discontinuidad Menor

Tabla 7: Detalle de Inspección por Ultrasonido Columnas 1 a 5

DETALLE DE INSPECCION																				
IDENTIFICACIÓN						INSPECCION					INSPECCION						REINSPECCION			
ELEMENTO	NODO	JUNTA	TIPO	LADO	SOLDADOR	ANGULO TRANSDUCTOR	DESDE LA CARA	PIERNA(UT)	RESULTADOS		CAMINO SONICO (S)	CLASIFICACIÓN DISCONTINUIDAD (d)	EVALUACIÓN DISCONTINUIDAD (d)	PROFUNDIDAD (mm)	LONGUITUD (mm)	UBICACION		SOLDADOR	RESULTADOS	
									ACEPTADA	RECHAZADA						X(mm)	Y(mm)		ACEPTADA	RECHAZADA
C-1	N/A	UT1	A	-	W-154	70	A	I-II	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		UT2	A	-	W-154	70	A	I-II	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C-2	N/A	UT1	A	-	W-04	70	A	I-II	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		UT2	A	-	W-04	70	A	I-II	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C-3	N/A	UT1	A	-	W-730	70	A	I-II	-	X	28.43	0	A	6	40	420	-	-	X	-
		UT2	A	-	W-730	70	A	I-II	-	X	23.46	0	A	8	70	380	-	-	X	-
C-4	N/A	UT1	A	-	W-684	70	A	I-II	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		UT2	A	-	W-684	70	A	I-II	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C-5	N/A	UT1	A	-	W-684	70	A	I-II	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		UT2	A	-	W-684	70	A	I-II	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 8: Detalle de Inspección por ultrasonido columnas 6 a 11

DETALLE DE INSPECCION																				
IDENTIFICACIÓN						INSPECCION					INSPECCION						REINSPECCION			
ELEMENTO	NODO	JUNTA	TIPO	LADO	SOLDADOR	ANGULO TRANSDUCTOR	DESDE LA CARA	PIERNA(UT)	RESULTADOS		CAMINO SONICO (S)	CLASIFICACIÓN DISCONTINUIDAD (d)	EVALUACIÓN DISCONTINUIDAD (d)	PROFUNDIDAD (mm)	LONGUITUD (mm)	UBICACION		SOLDADOR	RESULTADOS	
									ACEPTADA	RECHAZADA						X(mm)	Y(mm)		ACEPTADA	RECHAZADA
C-6	N/A	UT1	A	-	W-154	70	A	I-II	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		UT2	A	-	W-154	70	A	I-II	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C-7	N/A	UT1	A	-	W-04	70	A	I-II	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		UT2	A	-	W-04	70	A	I-II	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C-8	N/A	UT1	A	-	W-154	70	A	I-II	-	X	24.23	0	A	8	70	0	-	-	X	-
		UT2	A	-	W-154	70	A	I-II	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C-9	N/A	UT1	A	-	W-730	70	A	I-II	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		UT2	A	-	W-730	70	A	I-II	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C-10	N/A	UT1	A	-	W-684	70	A	I-II	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		UT2	A	-	W-684	70	A	I-II	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C-11	N/A	UT1	A	-	W-730	70	A	I-II	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		UT2	A	-	W-730	70	A	I-II	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

5 CAPÍTULO V: ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Dentro del siguiente apartado se procederá a analizar los resultados de las pruebas que se realizaron y verificar si las mismas cumplen con los criterios técnicos de aceptación establecido por los diferentes códigos de referencia y normativa actual vigente.

5.1 Ensayo Tracción

Para realizar este procedimiento se debe entender previamente que las probetas están compuestas de un acero que posee baja aleación y alta resistencia específicamente el ASTM A572 Gr 50, este tipo de aceros poseen una alta resistencia gracias a que en su aleación se incluyen a más del carbono y manganeso a agentes como son silicio, cobre, níquel, cromo, columbio y vanadio. La inclusión de estos elementos le otorga un esfuerzo de fluencia que va de 40 klb/plg^2 a 70 klb/plg^2 . Se dice que tiene una baja aleación ya que los elementos de aleación no deben superar al 5% del compuesto total del acero (McCormac Jack C., 2013). Se puede observar las curvas de comportamiento de los aceros en el siguiente grafico que indica las Relaciones esfuerzo-deformación del acero estructural.

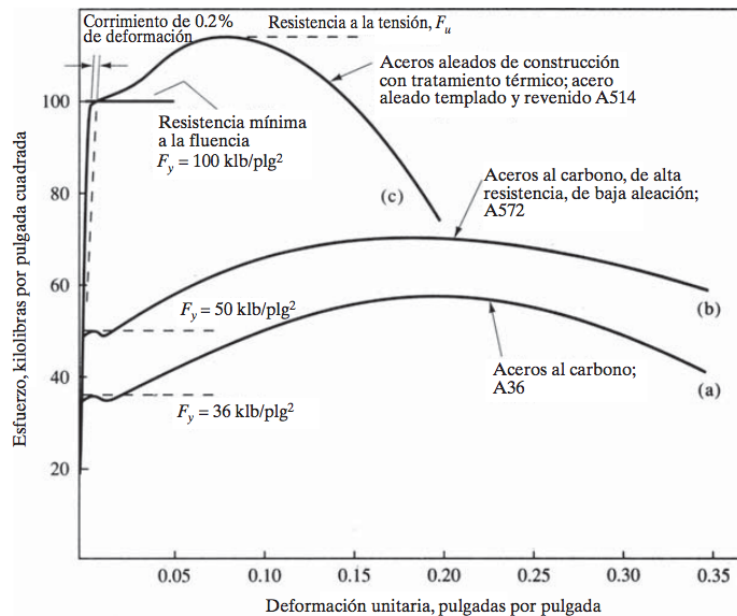


Ilustración 31: Curvas características de esfuerzo deformación, (McCormac Jack C., 2013)

Este ensayo destructivo se realizó adicionalmente a las pruebas no destructivas con el fin de verificar las propiedades mecánicas que se presentaron en los diferentes certificados de calidad del

acero. Se procedió a ensayar las probetas hasta llegar a la ruptura de las mismas haciendo que de esta que se puedan comparar los resultados del ensayo con las fichas técnicas del material.

Del análisis realizado en los laboratorios de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador vs. los datos brindados mediante los certificados de calidad se obtuvo el siguiente cuadro comparativo el cual se muestra a continuación.

Tabla 9: Tabla Comparativa de Certificados de Calidad Vs. Ensayo para tracción de materiales

CERTIFICADO DE CALIDAD				COMPARACIÓN			
	Espesor (mm)	Esfuerzo de Fluencia (Mpa)	Elongación (%)				
ASTM A572 GR 50	10	345	19%				
ENSAYO							
Probeta	Espesor (mm)	Esfuerzo de Fluencia (Mpa)	Elongación (%)	Cumple	No Cumple		
T1	10.27	367	36%	x	-		
T2	10.15	367	48%	x	-		
T3	10.12	508	49%	x	-		
Promedio	10.18	414	44%	x	-		

De este cuadro comparativo se puede observar que ninguna de las probetas presenta un valor menor al indicado en el certificado de calidad del material tanto en términos de Esfuerzo de fluencia teniendo como resultados promedio de las probetas T1,T2 y T3 a 414 Mpa y para elongación promedio 44 %, siendo superiores al esfuerzo de fluencia de 345 Mpa y la elongación del 19 % con lo cual se cumple el verificar la garantía, la calidad del material y por ende el nivel de servicio del material utilizado.

5.2 Tintas Penetrantes

Tabla 10: Tabla de Resultados para ensayo de tintas penetrantes.

IDENTIFICACIÓN				DEFECTO	LONGITUD (mm)	INSPECCION			OBSERVACIONES
ELEMENTO	DESCRIPCION	JUNTA	SOLDADOR	TIPO		UBICACION	RESULTADOS		
						X/Y (mm)	ACEPTADA	RECHAZADA	
C-4	-	PT1	W-684	-	-	-	X	-	APROBADA
	-	PT2	W-684	-	-	-	X	-	APROBADA

Una vez que se realizó el procedimiento de inspección utilizando la metodología establecida en la normativa actual vigente en la muestra de análisis se pudo observar que las juntas de soldadura inspeccionada para el elemento C-4 con una longitud de inspección aproximada de 2,5 m, cumplen con los criterios de aceptación establecidos en la normativa. Esto se debe a que durante el proceso de fabricación en taller se utilizaron criterios técnicos acertados, procedimientos adecuados y personal calificado por lo que en esta muestra las tintas penetrantes no evidenciaron ninguna falla en la zona de análisis.

5.3 Ultrasonido

Para este ensayo se tomaron 11 columnas utilizando una longitud de inspección de 2 metros por cada una de ellas. Una vez efectuado el procedimiento de ensayo se pudo detectar discontinuidades en la columna C-3 y la columna C-8 como se indica en la siguiente tabla.

Tabla 11: Tabla de resultados para ensayo de ultrasonido

DETALLE DE INSPECCION																				
IDENTIFICACIÓN						INSPECCION					INSPECCION						REINSPECCION			
ELEMENTO	NODO	JUNTA	TIPO	LADO	SOLDADOR	ANGULO TRANSDUCTOR	DESDE LA CARA	PIERNA(UT)	RESULTADOS		CAMINO SONICO (S)	CLASIFICACIÓN DISCONTINUIDAD (d)	EVALUACIÓN DISCONTINUIDAD (d)	PROFUNDIDAD (mm)	LONGUITUD (mm)	UBICACION		SOLDADOR	RESULTADOS	
									ACEPTADA	RECHAZADA						X(mm)	Y(mm)		ACEPTADA	RECHAZADA
C-3	N/A	UT1	A	-	W-730	70	A	I-II	-	X	28.4 3	0	A	6	40	420	-	-	X	-
		UT2	A	-	W-730	70	A	I-II	-	X	23.4 6	0	A	8	70	380	-	-	X	-
C-8	N/A	UT1	A	-	W-154	70	A	I-II	-	X	24.2 3	0	A	8	70	-	-	-	X	-

Como se puede observar en este caso se detectaron tres discontinuidades las cuales fueron discontinuidades de Clase A, mayor- grande con longitudes de 40,70 ,70 mm y profundidades de 6,8 y 8 mm por lo cual se determinó la necesidad de reparar la soldadura, removiendo el material de aporte y realizando de nuevo el cordón de soldadura en la zona de afectación. Una vez realizada la reparación de la soldadura se sometieron las zonas afectadas a una re inspección para verificar el estado y poder liberar las soldadura.

6 CAPÍTULO VI: IMPLEMENTACIÓN DEL MANUAL

Una vez realizados los procesos experimentales de control e inspección no destructiva en este capítulo se detallara el proceso mediante el cual se implementará el manual de control de calidad el mismo que nos permitirá elaborar y obtener como producto final un dossier de calidad de acuerdo a las códigos y normas de referencia como son : AISC-360, AWS D1.1, NEC-SE-AC, y como objetivo principal se tiene indicar los requisitos y procedimientos mínimos necesarios para realizar el control de calidad e inspección no destructiva aplicado en la fabricación de estructuras metálicas.

Este manual abarca la información pertinente para que los profesionales que desempeñan las funciones de fiscalización dentro de la Dirección de Proyectos Especiales de la Empresa Eléctrica Quito puedan seguir los lineamientos de control de calidad e inspección establecidos de acuerdo a la normativa vigente para la fabricación de estructuras metálicas.

6.1 Glosario:

- AWS: American Welding Society. (Sociedad Americana de Soldadura).
- ASNT: The American Society for Non-destructive Testing, Inc. (Sociedad Americana para Ensayos No-destructivos)
- DPE: Dirección de Proyectos Especiales.
- GPE: Gerencia de Proyectos Especiales
- EEQ: Empresa Eléctrica Quito
- NDT: Non-destructive Testing. (Ensayos No-destructivos)
- Contratista o Constructor: Es el ejecutor de la fabricación y montaje de estructuras metálicas.
- ITP: Inspection and Testing Plan (Plan de Inspección y Pruebas)
- SMAW: Shield Metal Arc Welding
- FCAW: Flux Cored Arc Welding
- NEC: Norma Ecuatoriana de La Construcción

6.2 Responsabilidades

- Los responsables son la entidad contratante EEQ y la empresa contratista, en el caso de la EEQ es la parte responsable de corroborar que se cumplan los requisitos mínimos de los códigos y procedimientos aplicables en la fabricación y montaje de estructuras metálicas mediante la fiscalización y administración del contrato. Además, revisar y aprobar los cálculos, diseños, planos y especificaciones técnicas para la construcción y modificaciones de las estructuras metálicas.
- El fiscalizador designado por la EEQ es el responsable de controlar que se cumplan los procedimientos, mediante la conformación de un dossier de calidad que evidencie los controles realizados a lo largo del procedimiento.
- La Contratista debe presentar previo al inicio de actividades el ITP (Inspection Test Plan), el cual debe presentar: registros, procedimientos, registros, puntos de inspección y responsabilidades de las partes. Si después de revisado el ITP cumple con la normativa técnica vigente, será aprobado por la EEQ para que el contratista puede dar inicio a la fabricación y montaje.
- El Supervisor de fabricación y montaje de la contratista es responsable de que el personal a su cargo cumpla con los lineamientos dispuestos en este procedimiento.

Este manual está compuesto de los siguientes capítulos los cuales se desarrollan a continuación.

6.3 CAPÍTULOS:

6.3.1 CAPÍTULO I

Dentro del siguiente capítulo se tratarán los materiales que son utilizados frecuentemente en los proyectos desarrollados por parte de la DPE para la fabricación y montaje de estructuras metálicas.

6.3.1.1 *Materiales:*

Los materiales que serán utilizados serán aquellos que cumplan con los requisitos presentados en las especificaciones técnicas de la normativa vigente para estructuras de acero en Ecuador NEC-

SE-AC y requerimientos de la última edición de la American Society for Testing Materiales (ASTM).

6.3.1.2 Tipos de acero utilizados

6.3.1.2.1 Acero ASTM A-36

El acero A36 pertenece al grupo de los aceros al carbono siendo de los tipos de acero más utilizados en el sector de la construcción debido a que tiene características económicas de costo bajo y presenta grandes prestaciones de fuerza y resistencia teniendo en cuenta que es un acero bajo en aleación y carbono. (Capus Solano, 2020)

Tabla 12: Propiedades Mecánicas Acero ASTM A-36.

Propiedades Mecánicas Acero ASTM A-36				
Resistencia Mínima a la tracción		Límite de Fluencia Mínimo		Elongación
400 Mpa	58 Ksi	250 Mpa	36 ksi	20 % min

6.3.1.2.2 Acero ASTM A-572 G50

Este es un acero estructural de alta resistencia y baja aleación al manganeso-vanadio el cual presenta gran ductilidad y prestaciones adecuadas para enrolado, soldado además de un comportamiento óptimo en condiciones de fatiga. Es un acero utilizado por lo general para la construcción de estructuras que incluyan electrosoldadura, remaches y atornillamiento. (Hernández Parra, 2018)

Tabla 13: Propiedades Mecánicas Acero ASTM A572 Gr50.

Propiedades Mecánicas Acero ASTM A-572 Gr 50				
Resistencia Mínima a la tracción		Límite de Fluencia Mínimo		Elongación
450 Mpa	65 ksi	345 Mpa	50 ksi	21 % min

6.3.1.2.3 Acero ASTM A-193 GB7

Este material se encuentra bajo el estándar ASTM y se enfoca en materiales de atornillado de acero aleado designado para altas temperaturas o presión, en este caso es la varilla B7. Esto quiere decir que es un acero aleado templado y revenido que en nuestro caso se utilizan para la conexión entre estructura metálica y pedestal de hormigón armado. (Bolt, 1996)

Tabla 14: Propiedades Mecánicas Acero ASTM A-193 Gr B7

Propiedades Mecánicas Acero ASTM A-193 Gr B7				
Resistencia Mínima a la tracción		Límite de Fluencia Mínimo		Elongación
862/793/689 Mpa	125/115/100 ksi	724/655/517 Mpa	105/95/75 ksi	16-18 % min

6.3.2 CAPITULO II

Dentro del siguiente capítulo se detallarán los procesos de soldadura utilizados para el armado de piezas y montaje de estructuras metálicas dentro de los proyectos de la DPE, además se procede a detallar el tipo de material de aporte que se utiliza en cada caso.

Los procesos de soldadura más comúnmente utilizados en los proyectos son SMAW, FCAW, GMAW.

6.3.2.1 Procesos de Soldadura

Para el armado y montaje de estructuras metálicas se utilizarán los procesos de soldadura detallados a continuación, estos se deberán utilizar en taller y obra.

6.3.2.1.1 SMAW (Shield Metal Arc Welding)

Es un proceso de soldadura reconocido por la AWS el cual se basa en la soldadura por arco eléctrico entre un electrodo revestido y el metal base. Este proceso se da mediante la elevación de temperatura producida por el arco aproximadamente a unos 3500 °C lo que produce que se funda

el material base y el electrodo revestido mediante la generación de un baño de fusión que se solidifica mientras el electrodo va avanzando longitudinalmente. (ESAB, 2020)

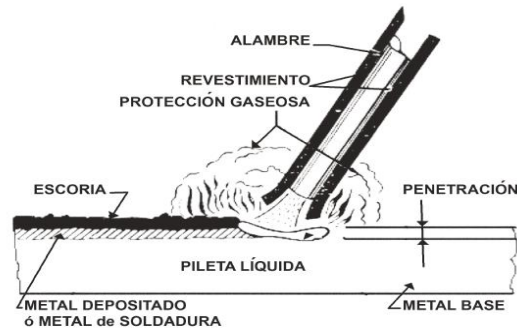


Ilustración 32: Proceso de Soldadura -SMAW , (ESAB ,2020)

Para electrodos revestidos el amperaje viene dado por el diámetro del electrodo dependiendo del revestimiento que se tenga en cada caso, el voltaje se agina de acuerdo a la longitud de arco presentada.

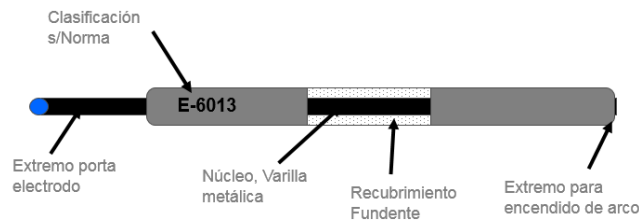


Ilustración 33: Detalle de Electrodo Revestido, (ESAB , 2020)

Se recomienda el uso de este proceso por la versatilidad que presenta para moverse y ubicarse en los puntos distantes de la obra.

Es un procedimiento que permite generar experiencia en los operadores, teniendo en cuenta factores como son que el proceso de soldadura puede ser un tanto demorado ya que los electrodos suelen consumirse rápidamente y también que la escoria que resulta del proceso de soldadura debe ser retirada después del proceso. En este caso se deberá utilizar la especificación indicada por la norma AWS sección A5.1 la cual tiene aplicación para electrodos de acero al carbono (Campos Torres, 2014).

6.3.2.1.2 Soldadura GMAW (Gas, Metal, Arc Welding)

Es un procedimiento de soldadura por arco en el cual se utiliza la alimentación de un material de aporte continuo el cual recibe la protección de un gas que se suministra por el exterior. Para esto se necesita una pistola, cable de ensamble, unidad de alimentación de alambre y una fuente de poder. El operador debe controlar la posición de la pistola guía y velocidad de avance del proceso el cual se da cuando se acciona la anergia eléctrica que llega a la punta de contacto en la pistola y se activa el interruptor haciendo que se combinen el gas, electrodo y energía produciendo la creación de un arco. La fuente de poder y la unidad de alimentación de alambre por lo general se encuentra acopladas para poder brindar regulación automática de la longitud de arco por medio del uso de una fuente de poder que tenga un voltaje constante combinado con una unidad de alimentación de velocidad constante.

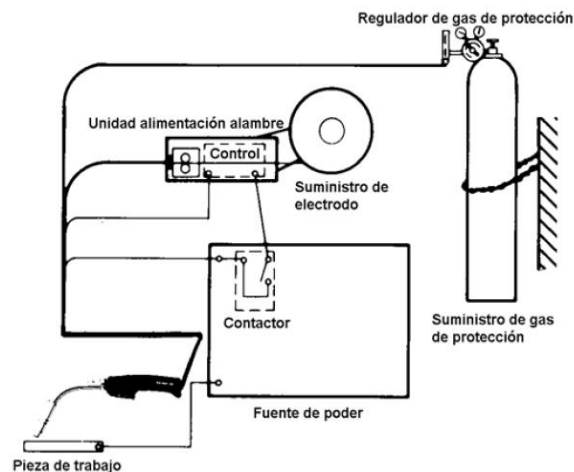


Ilustración 34: Sistema de Soldadura GMAW.

6.3.2.1.3 Soldadura FCAW

Es un procedimiento de soldadura por arco metálico como variante del procedimiento GMAW, pero a diferencia del mismo utiliza un alambre que en su centro tiene un fundente, por lo que se lo conoce como soldadura con arco de núcleo de fundente, en este caso el electrodo es tubular el cual tiene dentro un fundente el cual genera una atmosfera en el charco de soldadura para optimizar las características del cordón de soldadura.

6.3.3 CAPITULO III

6.3.3.1 *REQUERIMIENTOS GENERALES Y TÉCNICOS*

6.3.3.1.1 Revisión y aprobación de Taller

Para la ejecución óptima de la fabricación de las estructuras metálicas se debe verificar que el taller cumpla con lo siguiente:

- **Aforo Físico:** La verificación y aceptación de la misma se basará en la superficie cubierta, maquinaria empleada, medios de elevación, instalaciones y zona de almacenamiento y operación. Es importante que exista una delimitación y señalización de áreas de trabajo y de zonas peatonales en el taller.
- **Capacidad Técnica:** Se debe verificar que el fabricante cuente con la experiencia y certificaciones de obras con características similares.

6.3.3.1.2 Planos de Taller

Deben presentar la información de forma sencilla y explicativa de los procedimientos que se realizarán, resultando en que el personal encargado de realizar la manufactura y procedimientos de fabricación pueda realizarlo con eficiencia y prolijidad. Los planos de taller deben contener los siguientes requerimientos como mínimo:

- Dimensionamiento óptimo y detallado de cada elemento que conforme la estructura indicando las clases de acero empleado, perfilera, pesos y marcas de cada uno.
- Dimensionamiento y forma de las juntas o uniones soldadas, especificación de preparación de borde, procedimiento de soldadura empleado en cada caso, posiciones para efectuar la soldadura, detalle de material de aporte a utilizarse y el orden en el cual se realizarán las mismas.
- Contra-flechas para vigas, si el caso amerita.
- Posicionamiento de conexiones provisionales de armado y de remate.
- Para el caso del uso de pernos, se deberá indicar el diámetro de los agujeros, diámetro y tipo de perno a emplearse.

6.3.3.1.3 Planos de Obra y Montaje

Son los dibujos que deben ser realizados por el fabricante o contratista y el personal encargado del montaje para poder ejecutar el trabajo, los mismos deben tener especificaciones técnicas y de ejecución. Los planos de montaje deben incluir la implantación de la estructura y los niveles del proyecto arquitectónico actualizados, también se deben incluir las cotas verificadas para el replanteo e implantación de la estructura.

6.3.3.1.4 Planos As Built obra

Son los planos que contienen los dibujos que muestran cómo se concibe el proyecto en la realidad y siendo donde se registran los cambios y actualizaciones que se realizan en el mismo durante el desarrollo de la obra, incluyendo apuntes, modificaciones de fabricación y de campo. Se deberán almacenar estos planos para adjuntarlos al dossier de calidad.

6.3.3.1.5 Planos As Built Definitivos

Son los planos que registraran todas las modificaciones que se realizaron en el proyecto, en cuestión como se construyó definitivamente la infraestructura de acero. El contratista deberá presentar los planos “as built” basándose en los planos de diseño para que la fiscalización los revise y apruebe.

6.3.3.1.6 Requerimientos de Documentación técnica y del Material

En esta etapa se procede a revisar los documentos contractuales para determinar plazos, normativa aplicable, especificaciones técnicas y planos estructurales de interés que se encuentren establecidos, así como también se determinan los parámetros de calidad bajo los cuales se ejecutará el proyecto.

6.3.3.1.7 Control de Materiales

La parte del contratista debe garantizar la composición química de los materiales y sus propiedades mecánicas, para lo cual se revisa y verifica la lista y especificaciones técnicas de los materiales, normativa ASTM, NEC-SE-AC, INEN RTE-040 y AWS D1.1 correspondiente para determinar los parámetros de calidad que requiere cada material. Todos estos procesos deben registrarse y

almacenarse para la posterior conformación del dossier de calidad mediante la presentación de los certificados por parte del contratista hacia la fiscalización

6.3.3.1.8 Control de Calidad de Acero Estructural

Se deben documentar y solicitar los certificados de calidad del acero estructural mediante documentos técnicos de producción los cuales evidencien la composición química, características físicas para que exista un cumplimiento en este sentido por parte de los proveedores. Si existiese inconsistencias o dudas sobre alguna documentación o certificado se puede proceder a realizar ensayos de verificación mediante laboratorios de materiales certificados y realizarlos de acuerdo a la normativa actual vigente. Los certificados deben almacenarse y adjuntarse posteriormente al dossier de calidad.

6.3.3.1.9 Requerimientos Generales de Personal

Se debe adjuntar y verificar la planilla de afiliación al IESS (instituto Ecuatoriano de Seguridad Social), donde deben constar todo el personal técnico y operativo registrado por la empresa contratista. Todos los documentos presentados deberán adjuntarse para la posterior conformación del dossier de calidad.

6.3.4 CAPITULO IV

6.3.4.1 *CONTROL DE CALIDAD E INSPECCIÓN EN SOLDADURA*

6.3.4.1.1 Requerimientos de Procedimientos de Soldadura WPS

Se debe solicitar a una empresa calificada y capacitada para realizar la elaboración y calificación de los procedimientos de soldadura. El fiscalizador debe verificar que todos WPS que incluyan los procedimientos y juntas de soldadura utilizados en el proyecto cumplan con las especificaciones establecidas en la sección 3 del código AWS D1.1, en el caso de que no cumplan se pueden calificar por ensayos tal como lo establece la sección 4. Todas las calificaciones de procedimientos se deberán revisar y sumillar por el fiscalizador para posteriormente ser incluidos en el dossier de calidad.

6.3.4.1.2 Calificación de Soldadores

Se exigirá que pruebas de calificación a los soldadores, operarios de soldadura y soldadores punteadores que hagan uso de las WPS precalificadas previamente a la fabricación. Estas pruebas deben ser realizadas por un inspector de soldadura o empresas calificado/a.

Se debe registrar documentalmente los certificados en el WPQ (Welder performance qualification) o calificación de habilidad de cada uno de los soldadores, igualmente especificado por la sección 4, parte C del código AWS D 1.1 2015. Todos los informes y certificados se deberán revisar y sumillar por el fiscalizador para posteriormente ser incluidos en el dossier de calidad.

6.3.4.1.3 Control de calidad de Insumos de Soldadura

El fiscalizador debe solicitar a la contratista que presente los certificados de conformidad y calidad de los productos a que se utilizarán en los diferentes procesos de soldadura. Se deberá presentar y revisar que los insumos cumplan con lo especificado en la norma AWS A5.

Tabla 15: Tabla de Insumos de Soldadura.

Material/Insumo		Norma de Referencia	Verificaciones
Dióxido de Carbono Industrial		NTE INEN 2377:2005 Tabla 1. Requisitos Químicos del Dióxido de Carbono	Verificar vigencia del producto
Electrodos	AWS E6011	AWS A5.1/A5.1M-2004	Verificar en el certificado : Fuerza de Producción, Resistencia a la tracción y Elongación
	AWS E6013		
	AWS E7018		
	AWS ER 70S-6	AWS A5.18-05/ ASME SFA 5.20	Verificar en el certificado : Fuerza de Producción, Resistencia a la tracción y Elongación

6.3.4.1.4 Control de Calidad por Medio de END

Se deben establecer en los documentos contractuales los procedimientos, normas técnicas y de control para poder realizarlos. La fiscalización realizará un mapeo de toda el área donde se realizarán los ensayos, y se seleccionara las zonas aleatoriamente a de acuerdo al criterio técnico del fiscalizador.

Se deberán llevar a cabo ensayos no destructivos con el fin de poder encontrar discontinuidades superficiales y sub superficiales en los materiales de ensayo, todo esto de acuerdo a la establecido por las especificaciones técnicas contractuales. La inspección de los procedimientos de soldadura se realizará conforme las especificaciones establecidas en el código de soldadura AWS D.1.1 2015 sección 6.

La inspección debe llevarse a cabo por una empresa certificada que cuente con un inspector calificado nivel II SNT-TC-1A y este a su vez debe ser supervisado por un inspector nivel III ASNT, la empresa o personal de ensayos deben seguir el mapeo establecido por la fiscalización. Se recomienda que se realicen los siguientes END:

- Inspección Visual
- Inspección Mediante Líquidos Penetrantes
- Inspección por Ultrasonido

Para zonas donde se encuentre juntas de penetración completa se deberá seguir las recomendaciones de la NEC-SE-AC donde se indica que el ensayo de ultrasonido se deberá ejecutar en el 100% de las soldaduras. En podrá realizar en ensayo en un porcentaje aproximado del 30% para el mapeo aleatorio, solamente si la tasa de rechazo de soldaduras ensayadas arroja una tasa de rechazo menor o igual al 5 %.

Tanto como para taller y obra se deberá presentar un reporte de inspección de cada ensayo realizado, también dentro del mismo se deben especificar las soldaduras y zona de inspección, pieza numerada y localización sobre la misma. Todos los ensayos que se realicen deben quedar documentados y revisados por la fiscalización para la posterior conformación del dossier de calidad.

6.3.5 CAPITULO V

6.3.5.1 Formato de liberación

Para poder llevar acabo la liberación de los diferentes elementos y procedimientos se deberá registrar el cumplimiento de las especificaciones técnicas y procedimientos en la obra mediante un formato de liberación, estos formatos pueden adecuarse a la necesidad específica de cada proyecto y cada liberación que se deba realizar. Todas las liberaciones deben estar aprobadas por la fiscalización y almacenadas para la posterior conformación del dossier de calidad.

Tabla 16: Formato de Liberación en control de calidad.

EMPRESA ELÉCTRICA QUITO CÓDIGO:XXX-XXXX-XXXX		CONTROL Y LIBERACIÓN DE ESTRUCTURAS METÁLICAS SOLDADAS			LOGOTIPO DEL CONTRATISTA	
Proyecto:		Contrato N°	Contratista			
Fecha	Localización:	Registro	E-01			
Para: VIGA <input type="checkbox"/> COLUMNA <input type="checkbox"/> ANGULOS/PLATINAS <input type="checkbox"/> OTROS <input type="checkbox"/>						
LUGAR/ESTRUCTURA						
<table border="1" style="width:100%; height:20px;"> <tr><td> </td></tr> </table>						
EXPLICACIÓN TÉCNICA DE LIBERACIÓN A REALIZAR						
<table border="1" style="width:100%; height:20px;"> <tr><td> </td></tr> </table>						
LIMPIEZA Y REMOCIÓN DE ÓXIDO CORROSIÓN EN PERFILES METÁLICOS		SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>			
REGULARIDAD DE SUPERFICIES A SOLDARSE (LIBRE DE COSTRAS, MOHO, PINTURA,		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
ALINEACIÓN DE ELEMENTOS ESTRUCTURA Y NIVELACIÓN SEGÚN ASTM A6		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
PROCESO DE SOLDADURA CUMPLE CON EL CÓDIGO AWS VIGENTE		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
TIPO DE SOLDADURA _____ ELECTRODO USADO _____						
TRATAMIENTO CON PINTURA ANTICORROSIVA A PERFILES METÁLICOS VISTOS		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
CONFORMIDAD DE ADHERENCIA ENTRE MORTERO Y PERFILES METÁLICOS		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
USO DE LIGANTE ENTRE MORTERO Y PERFILES METÁLICOS (OPCIONAL)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
COLOCACIÓN DE MALLA DE GALLINERO PARA ADHERENCIA ENTRE MORTERO Y PERFILERÍA		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
OTRO _____		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
OTRO _____		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
COMENTARIOS/OBSERVACIONES						
<table border="1" style="width:100%; height:20px;"> <tr><td> </td></tr> </table>						
<table border="1" style="width:100%; height:20px;"> <tr><td> </td></tr> </table>						
<table border="1" style="width:100%; height:20px;"> <tr><td> </td></tr> </table>						
<table border="1" style="width:100%; height:20px;"> <tr><td> </td></tr> </table>						
CONTRATISTA			FISCALIZADOR			
REGISTRADO POR			APROBADO POR			
NOMBRE			NOMBRE			
CARGO <i>RESIDENTE DE OBRA</i>			CARGO <i>FISCALIZADOR</i>			
FIRMA			FIRMA			
FECHA			FECHA			

6.3.6 CAPITULO VI

6.3.6.1 CONTROL DE CALIDAD PERNOS DE ANCLAJE, TUERCAS Y PLACAS BASE

6.3.6.1.1 Control de calidad de Materiales de Pernos de Anclaje

Se deberá solicitar los certificados de calidad de fabricación del material que conforma los pernos de anclaje donde se deberá presentar de manera clara las propiedades físicas y químicas del material. Estos documentos deberán ser revisados, sumillados y almacenados por el fiscalizador para la conformación del dossier de calidad

La fiscalización deberá verificar que se cumpla con las especificaciones técnicas de los documentos contractuales revisando que exista una instalación adecuada de los mismos y que cumplan con la disposición establecida en los planos de montaje y que se encuentren de acuerdo a la alineación propuesta por el replanteo de acuerdo a los ejes y los niveles correspondientes. Se comprobará en sitio previo a la fundición del hormigón el material, diámetro, tipo y longitud del perno de anclaje a ser utilizado.

Los pernos utilizados deben cumplir con las características establecidas para el material ASTM A-193 GB7, en este caso serán barras roscadas de fábrica. Sobre este elemento no se deberá utilizar nada de soldadura, nada de curvatura y proteger la rosca de varilla durante el proceso constructivo.

6.3.6.1.2 Control de calidad de Materiales de las tuercas

Las tuercas empleadas en este proceso deberán ser aquellas que cumplan con la norma ASTM A194 donde se menciona que serán tuercas 2H las cuales están conformadas por un acero al carbono templado para tuerca hexagonal pesada como se indica en la tabla 17. Para esto se la contratista deberá presentar a la fiscalización los certificados del material para que sean revisados, aprobados y posteriormente adjuntados al dossier de calidad.

Tabla 17: Especificaciones de material de tuercas

Especificación	Material	Tamaño Nominal	Prueba de Carga Ksi
ASTM A194 2H	Acero al Carbono Medio , templado	1/4 -4"	175

Se deberá verificar que cada tuerca cumpla con el torque necesario para cada diámetro y tamaño.

6.3.6.1.3 Control de Calidad de Material de Placas Base

La fiscalización deberá realizar las revisiones pertinentes y solicitar los certificados de calidad del material donde se evidencie las propiedades físicas y químicas del material. Si existiera dudas o inconsistencia en estos se procederá a realizar ensayos de verificación, en especial el ensayo de tracción en laboratorios de materiales certificados. Además de deben tomar las siguientes consideraciones para poder liberar estos elementos, las cuales se mencionan a continuación:

- Verificar que el material de las placas sea el mismo tipo de acero de las columnas ya que se tiene que emplear el mismo tipo de electrodo o material de aporte para soldar placa y columna.
- Las placas colocadas deben permitir realizar el apriete necesario de las tuercas por lo que debe existir el espaciado entre la columna y el perno de anclaje para que la herramienta pueda operar al realizar el apriete.
- Comprobar la nivelación de cada placa de acuerdo a las cotas y la alineación respectiva con los ejes establecidos en el replanteo.

6.3.6.1.4 Nivelación de Placas Base

Para la nivelación de las placas base se deberá dejar previo a la nivelación un espacio libre de mínimo 5 cm desde el nivel de placa hasta el hormigón de cabeza de columnas, es decir no se fundirá a tope las cabezas de columna.

Previo a colocar el grout auto-nivelante se deberá realizar un hidrolavado para que el material nuevo se pueda adherir al hormigón viejo y a las varillas y pernos, se deberá encofrar el perímetro para poder colocar el grout.

Una vez se tenga la superficie limpia y encofrada se colocará las placas perforadas siguiendo la disposición de los pernos y la alineación generada por el replanteo. Posteriormente se procederá a rellenar los 5 cm que quedaron libres previamente vertiendo un material grout epóxico el cual cumplirá la función de auto nivelar la placa, el grout se lo debe verter un solo sentido el cual debe ser lo suficientemente fluido para que cope toda la zona interna entre el hormigón y la placa de anclaje. Además de lo deberá verter en un solo sentido para evitar que se generen posibles inclusiones de aire en esta zona de contacto.

Se verificará las cotas y niveles establecidos por el replanteo en cada placa. Una vez niveladas y alineadas las placas se debe realizar una curación constante del grout para evitar el fisuramiento con un tiempo de curado mínimo de 24 horas.

La fiscalización solicitará las dosificaciones del grout y los certificados de calidad del fabricante donde se indicaran las propiedades físicas y mecánicas del mismo. Todos estos documentos se almacenaran y se adjuntaran posteriormente al dossier de calidad

6.3.6.2 Control de Calidad en Pintura

Se deberá verificar que previo al proceso de pintura los elementos se encuentren limpios, presentar zonas de soldaduras limpias libres de escoria y proyecciones o salpicaduras. Se deberá realizar también una limpieza general de todos los elementos de estructura a ser pintados utilizando un disolvente, de preferencia tinher laca. La zona de pintura debe estar libre de polvo y viento , todos los elementos estructurales deberán salir del taller listos para montaje y completamente pintados. En obrase procederá a pintar y reparar fallas de pintura menor, zonas de soldadura.

Utilizar una pintura anticorrosiva la cual debe estar seco y curado que se seque máximo en 4 horas Para elementos estructurales que quedan vistos se recomienda el uso de pintura intumescente la cual se encuentra orientada a la protección contra incendios de estructuras metálicas. El espesor de recubrimiento debe cumplir lo establecido en las especificaciones técnicas para cada caso.

La fiscalización deberá solicitar los certificados de calidad tanto del anticorrosivo como de la pintura intumescente para ser revisados, almacenados y adjuntados posteriormente al dossier de calidad

6.3.6.3 Conformación del dossier de Calidad

Finalmente se debe adjuntar todos los elementos que se mencionaron anteriormente donde se almacenara toda la información que certifique que existió un control durante el proceso que se llevó a cabo para poder tener un respaldo del trabajo realizado por parte de la fiscalización y el contratista. Los documentos que conformen este dossier deben estar revisados y sumillados por los responsables.

7 CONCLUSIONES

Se logró cumplir el objetivo principal de este trabajo al elaborar de forma práctica una propuesta de manual de control de calidad e inspección aplicado en la fabricación de estructuras metálicas para obtener eficiencia en los procesos de control dentro de la Dirección de Proyectos Especiales de la Empresa Eléctrica Quito mediante el uso de la normativa actual, con lo que se garantizó los términos técnicos dentro de los cuales se enmarca el manual. En esta tesis se inspecciono sobre el uso de normativa, códigos y técnicas de inspección de estructuras metálicas, mediante el uso de la normativa AWS D1.1., ASTM, NEC-SE-AC. Para esto fue necesario el uso de las diferentes metodologías indicadas en las normas, las cuales se basan en ensayos no destructivos para poder realizar un control de calidad óptimo en las estructuras metálicas.

Se realizaron procedimientos de ensayos no destructivos tanto en taller, así como en obra de la infraestructura de acero de la construcción del proyecto Centro de Operaciones y Agencia Turubamba, estos ensayos fueron ejecutados por inspectores capacitados como se indica en la sección *Personal para ensayos no destructivos e inspecciones* , sección *Personal Involucrado*, adicionalmente se ejecutó el procedimiento general de trabajo bajo los lineamientos especificados en la sección de responsabilidades 6.2. Por esta razón fue importante tener en consideración seguir los lineamientos establecidos por la normativa especificada en la sección *CÓDIGOS Y NORMAS DE REFERENCIA* para garantizar la calidad del proyecto.

Para poder obtener resultados óptimos en el control de calidad en la fabricación de estructuras metálicas se deben realizar ensayos no destructivos establecidos en el código AWS D1.1, y si fuera necesario complementar con ensayos no destructivos para garantizar la calidad y un nivel de servicio óptimo de la infraestructura del proyecto de acuerdo a la normativa ASTM, NEC-SE-AC, INEN RTE-040. La cantidad de ensayos que se requieran dependerán de la experiencia y criterio de la fiscalización, siempre y cuando se tome en cuenta las recomendaciones establecidas por la norma NEC-SE-AC 2015 y el código AWS D1.1.

Se verificó la calidad del material empleado para la fabricación de estructuras metálicas como se indica en la sección 4 de la presente tesis mediante la aplicación de ensayos no destructivos como

fueron ultrasonido y tintas penetrantes los cuales sirven para detectar discontinuidades en la soldadura de los diferentes elementos, adicionalmente se realizó un ensayo destructivo de tracción de acero para poder verificar lo que dicen las propiedades mecánicas indicadas en los certificados de calidad del acero vs lo obtenido en el laboratorio con lo cual se elevó el nivel de control y se pretendió que las estructuras cumplan con el nivel de servicio que deben brindar.

Es muy importante contar con un manual que permita a la parte de fiscalización seguir una guía donde se pueda entender de qué se trata el material, los procesos de soldadura y demás especificaciones técnicas que se necesitan tener claras para poder llevar a cabo el proyecto. Por medio de este manual se conseguirá documentar y verificar la información que se requiera durante la fabricación para garantizar la veracidad de datos y una óptima conformación de un dossier de calidad que servirá de respaldo técnico para posibles auditorías y análisis de los proyectos ejecutados.

En el ensayo de tracción se analizaron tres probetas de acero ASTM A572 GR 50 las cuales resultaron en un esfuerzo de fluencia promedio de 414 MPa lo cual superó a al esfuerzo de fluencia de 345 MPa que se mostraba en el certificado de calidad como se muestra en la *Tabla 9: Tabla Comparativa de Certificados de Calidad Vs. Ensayo para tracción de materiales*. Con esto se garantizó que el acero cumpla con las propiedades físicas necesarias para que tenga un comportamiento óptimo en la conformación de la estructura.

Después de realizar la inspección por medio de tintas penetrantes a una longitud de 2,5 m, la cual se apegó a la normativa se pudo determinar que las juntas inspeccionadas del elemento C-4 cumplieron satisfactoriamente con los criterios de aceptación determinados en la normativa como se muestra en la *Tabla 10: Tabla de Resultados para ensayo de tintas penetrantes*. Esto evidencia que para la fabricación se utilizaron criterios técnicos adecuados , procedimientos establecidos por normativa y personal calificado para obtener resultados satisfactorios en este análisis.

Una vez realizado el ensayo de ultrasonido en la muestra, se pudo obtener que existieron fallas en la soldadura en el elemento C-3 y C-8 las cuales fueron discontinuidades de clase A con longitudes de 40, 70,70 mm y profundidades de 6,8 y 8 mm como se indica en la *Tabla 11: Tabla de*

resultados para ensayo de ultrasonido. Con estos resultados fue necesario la reparación de la soldadura en estas zonas por medio de la remoción del material de aporte y realizar un nuevo cordón de soldadura para posteriormente reinspeccionar la zona de ensayo y poder liberar los elementos.

Se pudo determinar que al utilizar los diferentes procesos de soldadura como FCAW, GMAW, SMAW, se puede construir edificaciones compuestas de acero estructural ASTM A-36 , ASTM A-572 como se indica en la sección 6.3.1.2 pág. 60 de la presente donde se muestran los tipos de acero que se han utilizado , los cuales cumplen con los estándares de calidad por lo cual se pudo llevar a cabo un proceso constructivo exitoso y que brinde las garantías necesarias para mantener los niveles de seguridad y servicio en la vida futura de la infraestructura

8 RECOMENDACIONES

Para la realización de los ensayos no destructivos, especialmente en el de ultrasonido se debe verificar un óptimo funcionamiento y adecuada calibración de equipos de ensayo para evitar reportar datos erróneos.

Es aconsejable seguir el plan de control de calidad para obtener una metodología de trabajo sistemática que aporte de manera positiva a la recolección de información para la posterior conformación del dossier de calidad, en donde se evidenciara el trabajo realizado por los involucrados en el proyecto.

Previo a la ejecución de los ensayos no destructivos es recomendable que la superficie de ensayo se encuentre completamente preparada y limpia, ya sea para el ultrasonido que utiliza un palpador que se desliza sobre la superficie, así como para la aplicación de las tintas penetrantes que en este caso evitará que se evidencien fallas que pueden generar tomas de datos erróneas.

Se recomienda que los ensayos sean realizados por empresas y personal calificado, de esta manera se obtendrá una metodología de trabajo más prolija y se optimizara tiempo y recursos en el desarrollo del control de calidad.

Se debe tener en cuenta que debe existir una filosofía de trabajo donde la calidad del producto sea el objetivo de todas las partes de un proyecto, por lo cual es necesario considerar toda la normativa actual vigente y actualizada para poder determinar los lineamientos desde un aspecto técnico óptimo.

Es aconsejable realizar liberaciones de las piezas por secciones de acuerdo al cronograma de avance de la obra para que así cuando se elabore el dossier de calidad exista coherencia entre los realizado y recopilado.

9 BIBLIOGRAFÍA

Aguilar, O. G. (2011). “ENSAYO DE TINTAS PENETRANTES FLUORESCENTES Y SU INCIDENCIA EN EL CONTROL DE CALIDAD DE LAS JUNTAS SOLDADAS EN ACEROS AL CARBONO”. Ambato: UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO.

American Welding Society . (2015). *AWS D 1.1 Structural Welding Code-Steel*. United States of America .

Bali, S. P. (2005). *Consumer Electronics*. India: Pearson Education (Singapore) Pte. Ltd.

Ballio, G., & Mazzolani, F. (1983). *Theory and Design of Steel Structures*. New York: Chapman and Hall Ltd.

Barona, M. (2016). *Repositorio U. Pacífico*. Obtenido de <http://repositorio.upacifico.edu.ec/bitstream/40000/180/1/MBA-UPAC-27830.pdf>

Bermúdez, C. (2005). *Curso Básico de Estructuras Metálicas*. Manizales: Centro de Publicaciones Universidad Nacional de Colombia.

- Bolt, P. (1996). Recuperado el 25 de Agosto de 2020, de
<https://www.portlandbolt.com/technical/specifications/astm-a193/>
- Brotóns, P. (2010). *Construcción de Estructuras Metálicas*. Alicante: Editorial Club Universitario.
- Bueno, H. (Junio de 06 de 2019). *REPOSITORIO ESPE*. Obtenido de
<https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/3538/3/T-ESPE-031326-A.pdf>
- Bushong, S. (2010). *Manual de Radiología para Técnicos*. España: Elsevier Mosby.
- Campos Terán , J. C., & Jaramillo Flores , L. E. (Enero de 2019). “ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE JUNTAS SOLDADAS DE ACERO ASTM A572 TRATADAS TERMICAMENTE”. Quito, Pichincha, Ecuador: Escuela Politécnica Nacional.
- Campos Torres, L. F. (2014). Control de calidad en los procesos de soldadura FCAW-SMAW. (U. N. Agustín, Ed.) Arequipa, Perú.
- Capus Solano, E. S. (2020). Análisis de la resistencia al desgaste abrasivo del acero al carbono ASTM A-36 y del AISI 1045, con tratamiento superficial, para utilizar en la reparación de cucharones de retroexcavadoras. Ambato, Tungurahua, Ecuador: Universidad Técnica de Ambato .
- Du, W., Zhao, Y., Roy, R., Addepalli, S., & Tinsley, L. (2018). *A review of miniaturised Non-Destructive Testing technologies for in-situ inspections*. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/>
- ESAB. (2020). (ESAB, Productor) Recuperado el 25 de Agosto de 2020, de
<https://www.esab.com.ar/ar/sp/education/blog/proceso-soldadura-smaw.cfm>
- Flores Zambrano, J. X. (ABRIL de 2015). ELABORACIÓN DE UNA GUÍA DE INSPECCIÓN DE SOLDADURA Y CALIFICACIÓN DE SOLDADORES APLICADO A LAS NORMAS ASME BPVC Y API 1104. QUITO, PICHINCHA, ECUADOR: ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL.

- Flores, N., & Figueroa, J. (2007). *Física Moderna*. Estados Unidos: Pearson Education .
- González Velázquez, J. L. (1999). *Metalurgia Mecánica*. México: Editorial Limusa.
- Hellier, C. (2003). *Handbook of Nondestructive Evaluation*. Estados Unidos: McGraw-Hill.
- Hellier, C. (2003). *Handbook of Nondestructive Evaluation*. Estados Unidos: McGraw-Hill.
- Hernández Parra, Y. M. (2018). Estudio de la Soldabilidad del Acero Estructural ASTM A572 Grado 50 con proceso SMAW. Tunja, Colombia: Universidad pedagógica y Tecnológica de Colombia .
- Ilog SA de CV. (2011). *ILOG SA de CV El primer Nombre en Pruebas no Destructivas* . Recuperado el 25 de Agosto de 2020, de http://www.llogsa.com/Descargas/Ultratips/Ediciones/Utipsed_166.php
- Jaramillo, J. (2005). *Historia y filosofía de la Medicina*. Costa Rica: Editorial Universidad de Costa Rica.
- Jiménez Benítez, D., & Bejarano Osorio, D. (2017). INSPECCIÓN DE UNIONES SOLDADAS MEDIANTE ENSAYO NO DESTRUCTIVO DE ULTRASONIDO CON EL EQUIPO VEO 16-64 SONATEST. Pereira, Colombia: UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA.
- Magnaflux. (2020). *Magnaflux*. Recuperado el 5 de Septiembre de 2020, de Magnaflux: <https://magnaflux.mx/Productos>
- McCormac Jack C., C. S. (2013). *Diseño de estructuras de Acero*. (S. Alfaomega Grupo Editor, Ed.) New Jersey , USA.
- Morral, F., Jimeno, E., & Molera, P. (2004). *Metalurgia General (Tomo II)*. Barcelona: Editorial Reverté, S.A.
- Olarte C., W., & Botero A., M. (2011). LA DETECCIÓN DE ULTRASONIDO: UNA TÉCNICA EMPLEADA EN EL MANTENIMIENTO. *Scientia Et Technica*, vol. XVII, núm. 47, pp 230-233.

Rens, K., Wipf, T., & Klaiber, W. (Noviembre de 1997). *ASCE*. Obtenido de ASCE Library:

<https://ascelibrary.org/doi/pdf/10.1061/%28ASCE%290887->

[3828%281997%2911%3A4%28152%29](https://ascelibrary.org/doi/pdf/10.1061/%28ASCE%290887-3828%281997%2911%3A4%28152%29)

Rodríguez González, C. (2012). *Sistema Automatizado De Detección de Defectos en Piezas Metálicas Mediante Ensayos No Destructivos con Ultrasonidos* . Tesis Doctoral, Universidad de Cantabria , Cantabria .

Segura Triana, J. D. (2015). Caracterización morfológica de porosidad en juntas soldadas de tubería de acero ASTM A-36 realizados por proceso SMAW, mediante ensayos no destructivos especificados. Bogotá, Colombia : Universidad Santo Tomás .

Serrano Lledó, R. (2020). *Raquel Serrano Lledó*. (R. Serrano Lledó, Editor, & R. Serrano Lledó, Productor) Recuperado el 25 de Julio de 2020, de ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS: LIQUIDOS PENETRANTES: http://www.raquelserrano.com/wp-content/files/ciencias_t8.3_liq_penetrantes.pdf

Servicio Nacional de Aprendizaje. (16 de Agosto de 2011). *Scribd*. Obtenido de <https://www.scribd.com/doc/62374572/Definicion-de-Radiografia-Industrial>

Whelan, M., & Kornrumpf, W. (2013). *Edison Tech Center*. Obtenido de <http://edisontechcenter.org/VacuumTubes.html>

10 ANEXOS

ANEXO 1

ENSAYO DE TRACCION



PUCE

Pontificia Universidad Católica del Ecuador
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES, MECÁNICA DE SUELOS,
PAVIMENTOS Y GEOTECNICA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA



ÁREA DE RESISTENCIA DE MATERIALES
INFORME DE ENSAYO
ENSAYO DE TENSION EN PLACAS DE ACERO
MATERIAL BASE

PROYECTO: Control de Calidad Centro de Operaciones
Tumbamba EEG
LOCALIZACIÓN: Quito
NORMA DE REFERENCIA: NTE INEN 109: 2009
MUESTRA: Tomada por el cliente
ORDEN DE TRABAJO: 22926
FOLIA: 1 de 1
SOLICITADO POR: Everaldo Vasco
FISCALIZACIÓN: Daniel Rios
CONTRATISTA: Acero Plus
FECHA DE INGRESO: 2019/07/12
FECHA DE EMISIÓN: 2019/07/16

FÁBRICA: ACERO PLUS

DESCRIPCIÓN	T1	T2	T3
FECHA DE ENSAYO	15/07/2019	15/07/2019	15/07/2019
ESPESOR (mm)	10,27	10,15	10,12
ANCHO (mm)	39,49	39,16	38,76
ÁREA MÍNIMA (mm ²)	405,56	387,32	402,37
CARGA MÁXIMA (N)	199.600	192.900	204.000
ESFUERZO MÁXIMO (Mpa)	492	496	507
ESFUERZO DE FLUENCIA (Mpa)	367	367	506
ELONGACIÓN (%)	36	48	49

OBSERVACIONES:

NOTA: Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

Mg. María Inés Calvo
Responsable de Área.

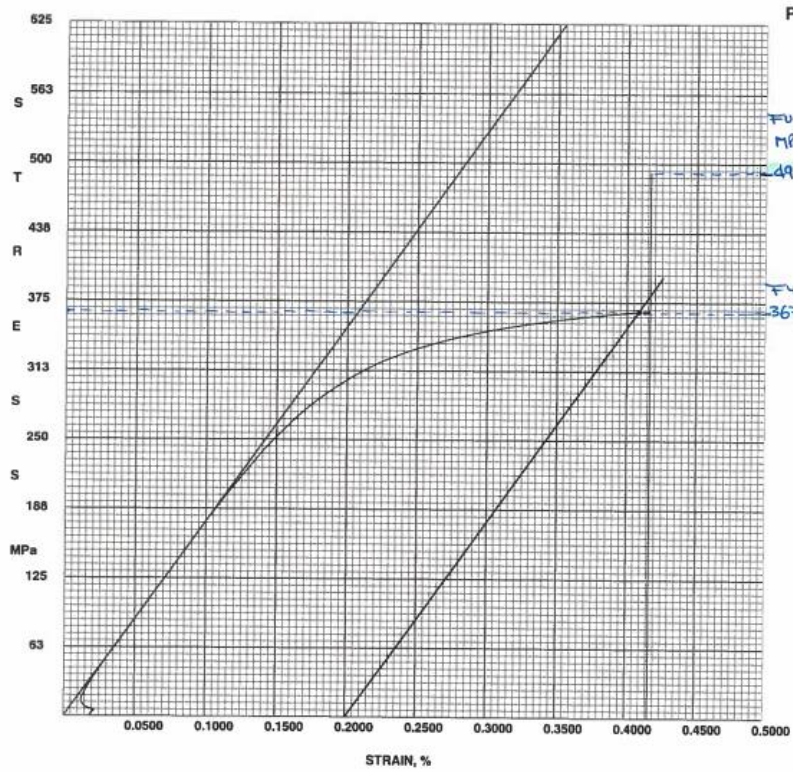
Ing. Jorge Abujón, M.Sc.
Director LMC.

Whitman y Av. 12 de Octubre
Tel: 593 2 299 1529
Cel: 099 994 9430
Quito - Ecuador
Email: lmc@puce.edu.ec
www.puce.edu.ec

Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA ECUADOR
 LABORATORIO RESISTENCIA MATERIALES
 ENSAYO DE TENSION EN ACERO



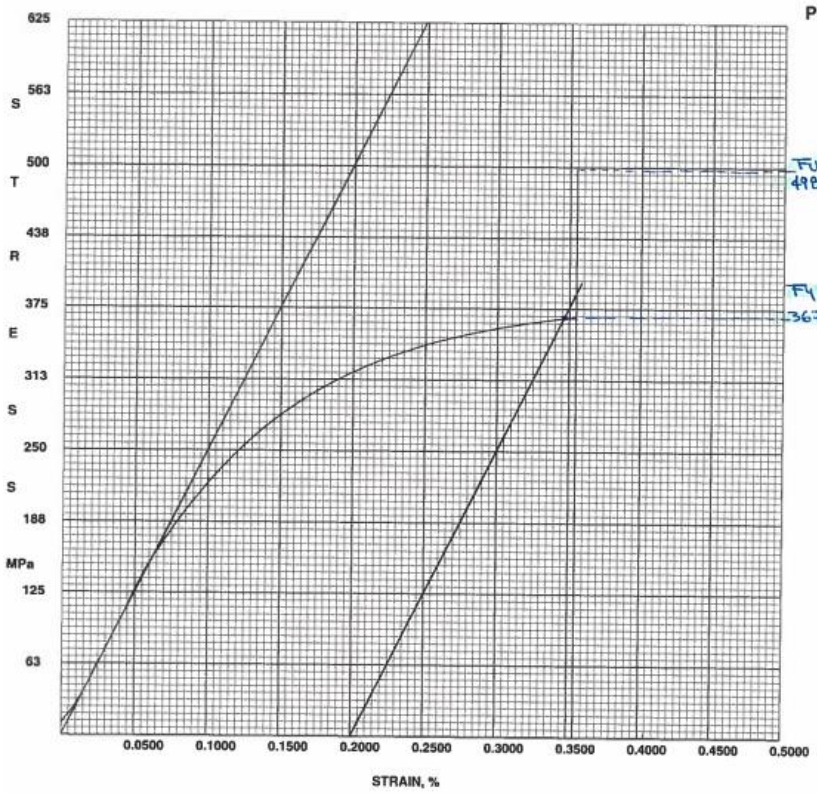
TRACCION DE PLACAS

Customer	ACERO PLUS
Sample ID	1
Sample No.	1
Test Date	07/15/2019
Operator	FC
Specimen Shape	Flat
Sample:	①
Modulus, MPa:	176200
Carga Maxima, N:	199600
Esfuerzo, MPa:	492 = F_u
Esfuerzo de Fluencia, MPa:	367 = F_y
Carga de Fluencia, N:	148700
Area, mm ² :	406

Jul 15, 2019 9:20:43 AM
 SN: 206486 V7.02.11

FC

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA ECUADOR
 LABORATORIO RESISTENCIA MATERIALES
 ENSAYO DE TENSION EN ACERO



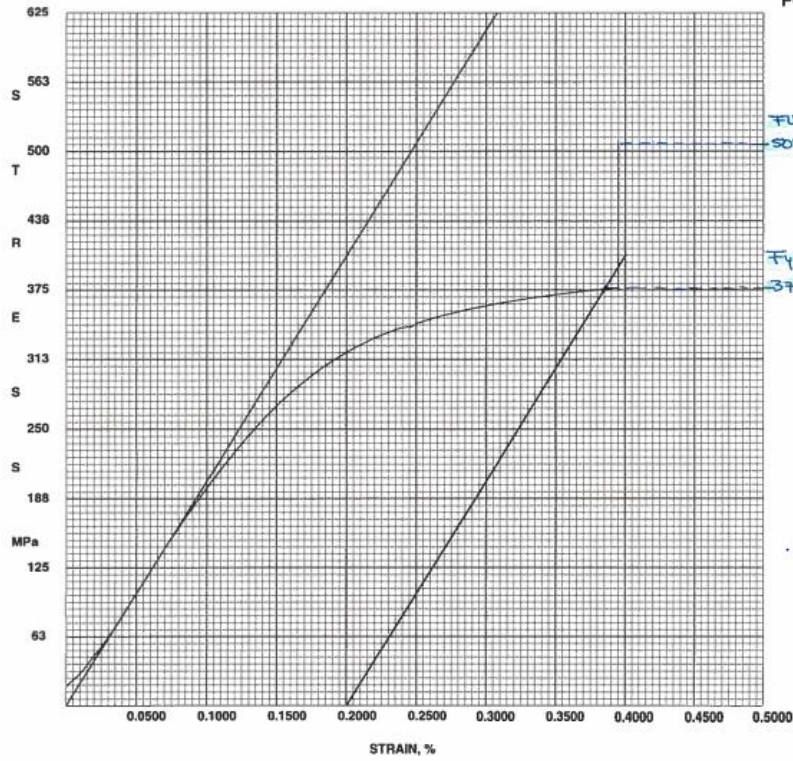
TRACCION DE PLACAS

Customer	ACERO PLUS
Sample ID	2
Sample No.	2
Test Date	07/15/2019
Operator	FC
Specimen Shape	Flat
Sample:	②
Modulus, MPa:	251000
Carga Maxima, N:	192900
Esfuerzo, MPa:	498 = F_u
Esfuerzo de Fluencia, MPa:	367 = F_y
Carga de Fluencia, N:	142000
Area, mm ² :	387

Jul 15, 2019 9:20:26 AM
 SN: 206486 V7.02.11

FC

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA ECUADOR
 LABORATORIO RESISTENCIA MATERIALES
 ENSAYO DE TENSION EN ACERO



TRACCION DE PLACAS

Customer	ACERO PLUS
Sample ID	3
Sample No.	3
Test Date	07/15/2019
Operator	FC
Specimen Shape	Flat
Sample:	3
Modulus, MPa:	203000
Carga Maxima, N:	204000 ✓
Esfuerzo, MPa:	508 = F_u
MPa:	376 = F_y
Carga de Fluencia, N:	151300 ✓
Area, mm ² :	402

Jul 15, 2019 9:20:06 AM
 SN: 206486 V7.02.11

ANEXO 2

ENSAYO DE TINTAS PENETRANTES

SERVICIOS DE INSPECCIÓN NO DESTRUCTIVA Y SOLDADURA

RUC: 1792147220001

Tel: (02)2323774 | Cel: 0993696196 | 0993696177

Email: info@sindes.com

Web: www.sindes.com

CLIENTE: ACEROPLUS CIA LTDA.

LOCACION: TALLER QUITO

ORIGEN : CENTRO OPERATIVO SUR Y AGENCIA TURUBAMBA EEQ

ORDEN DE TRABAJO: SINDES-02-339-0619_002

REVISION: 1 **FECHA EMISION:** 2019-06-06

ORDEN DEL CLIENTE: N/A

FECHA INSPECCIÓN: 2019-06-05

INSPECTOR: Ing. Oscar Yanchapaxi




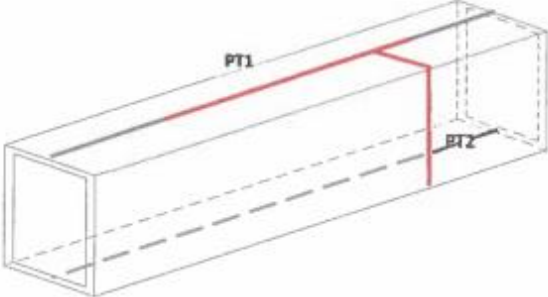
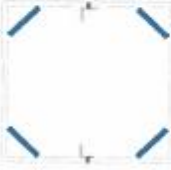

PROCEDIMIENTO: SINDES PR-D403-001 / PT

ESPECIFICACION: AWS D1.1 / Structural Welding Code - Steel
ASTM E165 / Standard Practice for Liquid Penetrant Examination for General Industry

DESCRIPCION: INSPECCIÓN DE SOLDADURAS MEDIANTE TINTAS PENETRANTES
COLUMNAS - AGENCIA












TRABAJO REALIZADO:
A. INSPECCION POR TINTAS PENETRANTES

  Servicio de Acreditación Equatoriana Acreditación N° SAE-INS-15-009 INSPECCIÓN	ORDEN DE TRABAJO : SINDES-02-339-0619_002	PAG. 1 de 3 REV.: 1		
	CLIENTE : ACEROPLUS	REPORTE N°: 002		
	LOCALIZACIÓN : TALLER QUITO	ORIGEN: CENTRO OPERATIVO SUR Y AGENCIA TURUBAMBA EEQ		
	FECHA EMISIÓN: 2019-06-06	FECHA INSPECCIÓN: 2019-06-05		
SERVICIOS DE INSPECCIÓN NO DESTRUCTIVA Y DE SOLDADURA			000: SINDES-FD-PI-001 RFE 1 FECHA: 15/01/2017	
INSPECCIÓN DE SOLDADURAS MEDIANTE TINTAS PENETRANTES COLUMNAS - AGENCIA				
				
SECCIÓN TRANSVERSAL 				
			- - - - - *SOLDADURAS INSPECCIONADAS	

F.C

ANEXO 3

ENSAYO DE ULTRASONIDO

  Servicio de Acreditación Ecuatoriano Acreditación N° SAE-RE-16-029 INSPECCIÓN	ORDEN DE TRABAJO : SINDES-02-339-0515_002	PAG. 3 de 3	REV.: 1
	CLIENTE : ACEROPLUS CIA LTDA.	REPORTE N°: 002	
	LOCALIZACIÓN : TALLER QUITO	ORIGEN: CENTRO OPERATIVO SUR Y AGENCIA TURUBAMBA EEQ	
	FECHA EMISIÓN: 2019-06-06	FECHA INSPECCIÓN: 05-06-2019	
SERVICIOS DE INSPECCIÓN NO DESTRUCTIVA Y DE SOLDADURA			COD: SAE01-FI-W-001 REV: 1 NCHA: 14/01/2017
REPORTE FOTOGRÁFICO			
INSPECCIÓN DE SOLDADURAS MEDIA COLUMNAS - AGENCIA			
			
REALIZADO POR:		REVISADO POR:	
Nombre: Ing. Oscar Yanchapaxi	Nombre: Ing. Robert Toasa	RECIBIDO POR:	
Cargo: Nivel II SNT-TC-1A	Cargo: Nivel III ASNT 218812	Nombre: <i>ING. ROBERTO AGUIAR</i>	
Fecha: 2019-06-06	Fecha: 2019-06-06	Cargo: <i>JEFE S.G.</i>	
Firma:   Servicio de Inspección No destructiva y de soldadura	Firma:  	Fecha: <i>2019/06/07</i>	Firma:   RUC: 2200643001

F.O

SERVICIOS DE INSPECCIÓN NO DESTRUCTIVA Y SOLDADURA

RUC: 1792147220001

Tel: (02)2323774 | Cel: 0993696196 | 0993696177

Email: info@sindes.com




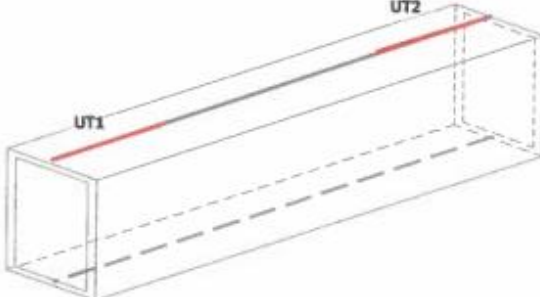
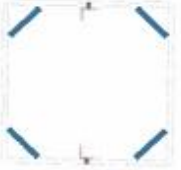

Web: www.sindes.com

CLIENTE:	ACEROPLUS CIA LTDA	
LOCACION:	TALLER QUITO	
ORIGEN :	CENTRO OPERATIVO SUR Y AGENCIA TURUBAMBA EEQ	
ORDEN DE TRABAJO:	SINDES-02-339-0619_001	
REVISION:	1	FECHA EMISIÓN: 2019-06-06
ORDEN DEL CLIENTE:	S/N	
FECHA INSPECCIÓN:	2019-06-05	
INSPECTOR:	Ing. Oscar Yanchapaxi	
PROCEDIMIENTO:	SINDES-PR-0402-020 / UT Aws	
ESPECIFICACION:	AWS D1.1 / Structural Welding Code - Steel	




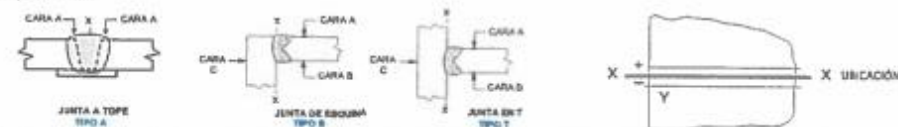



DESCRIPCION: INSPECCIÓN DE SOLDADURAS MEDIANTE ULTRASONIDO CONVENCIONAL
COLUMNAS - AGENCIA






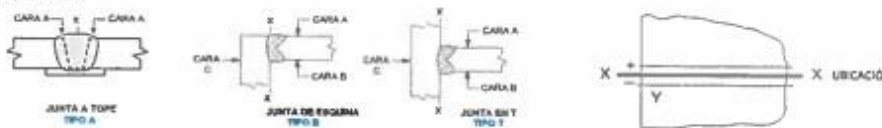






TRABAJO REALIZADO:
A. INSPECCION POR ULTRASONIDO CONVENCIONAL

  Acreditación N° SAZ-965-16-006 INSPECCIÓN	ORDEN DE TRABAJO :	SINDES-02-339-0619_001	PAG. 1 de 3	REV.: 1	
	CLIENTE :	ACEROPLUS CIA LTDA	REPORTE N°:	001	
	LOCACIÓN :	TALLER QUITO	ORIGEN:	CENTRO OPERATIVO SUR Y AGENCIA TURUBAMBA EEQ	
	FECHA EMISIÓN:	2019-06-06	FECHA INSPECCIÓN:	2019-06-05	
SERVICIOS DE INSPECCIÓN NO DESTRUCTIVA Y DE SOLDADURA					CDE SINDES 10 (R 001) REV. 1 FECHA: 18/01/2017
ESQUEMA GENERAL DE JUNTAS					
INSPECCIÓN DE SOLDADURAS MEDIANTE ULTRASONIDO CONVENCIONAL COLUMNAS - AGENCIA					
<p>— COLUMNAS - AGENCIA</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p style="text-align: center;">SECCIÓN TRANSVERSAL</p> <div style="text-align: center;">  </div>					
 Servicios de Inspección No Destructiva y de Soldadura Telf: (02) 2323774 Cel: 0997550411 0993696177 Email: info@sindes.com Web: www.sindes.com					

J.C

  Acreditación N° SAE-095-18-005 INSPECCIÓN	ORDEN DE TRABAJO : SINDES-02-339-0519_001	PAG. 1 de 3 REV. 1	 CENTRO OPERATIVO SUR Y AGENCIA TURUBAMBA ELO																			
	CLIENTE : ACEROPLUS CIA LTDA	REPORTE N° : 003																				
	LOCALIZACIÓN : TALLER QUITO	FECHA EMISIÓN : 2019-06-06																				
	FECHA INSPECCIÓN : 2019-06-05	FECHA EMISIÓN : 2019-06-06																				
SERVICIOS DE INSPECCIÓN NO DESTRUCTIVA Y DE SOLDADURA																						
REPORTE DE INSPECCIÓN DE SOLDADURAS MEDIANTE ULTRASONIDO INDUSTRIAL																						
EQUIPO EMPLEADO																						
EQUIPO : LTMGo S/N: 33056151	Calibrado el: 2018-12-12																					
PALPADOR : 2.25 / 1/2" / L70533-1	Ángulo : 70°	Frecuencia : 2.25 MHz	Dimensiones : 0.625x0.625																			
GANANCA (dB) : 72	RANGO (mm) : 150	Modo : PULSOREC	Retardo Zapata (µs) : 14.69																			
PARÁMETROS DE INSPECCIÓN																						
Material : ASTM A572	Bloque Calibración : DSC	Grilla / Matriz : No aplica	Procedimiento : SINDES-PR-0402-020 / UT Aws																			
Condición Superficial : Sin pintura	Técnica : Haz Angular	Espesor Plancha : 8 mm	Código Aplicable : AWS D1.1																			
Descripción / Proyecto :	CENTRO OPERATIVO SUR Y AGENCIA TURUBAMBA ELO																					
Descripción / Proyecto :	COLUMNAS - AGENCIA																					
ESQUEMA - CARAS DE BARRIDO / UBICACIÓN:																						
																						
DETALLE DE INSPECCIÓN																						
IDENTIFICACIÓN		INSPECCIÓN				DISCONTINUIDADES						REINSPECCIÓN										
ELEMENTO	NODO	JUNTA	TIPO	LADO	SOLDADOR	FECHA	ÁNGULO DE TRANSDUCTOR	DEBE LA CARA	PIERNA (BT)	NOA/NOB		CARRAS SINDIOS	CLASIFICACIÓN DISCONTINUIDADES	EVALUACIÓN PREDEFINIDA	PROFUNDIDAD (mm)	LONGITUD (mm)	UBICACIÓN	FECHA	SOLDADOR	RESULTADO		
										REFLEXA	RETRAYIDA									X (mm)	Y (mm)	APROBADA
C-1	N/A	UT1	A	-	W-154	2019-06-05	70	A	1-8	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
										X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C-2	N/A	UT1	A	-	W-04	2019-06-05	70	A	1-8	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
										X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C-3	N/A	UT1	A	-	W-730	2019-06-05	70	A	1-8	X	26.43	D	A	B	40	420	-	2019-06-05	-	X	-	
										X	23.46	B	A	B	70	380	-	2019-06-05	-	X	-	
C-4	N/A	UT1	A	-	W-684	2019-06-05	70	A	1-8	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
										X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C-5	N/A	UT1	A	-	W-684	2019-06-05	70	A	1-8	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
										X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C-6	N/A	UT1	A	-	W-154	2019-06-05	70	A	1-8	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
										X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NOMENCLATURA: A: Clase A, discontinuidad Mayor - Grande. B: Clase B, discontinuidad Mediana. C: Clase C, discontinuidad Pequeña. D: Clase D, discontinuidad Menor.		EQUIPOS: BLOQUE DSC		Descripción : I.D. / Serie		Calibrado el:																
Procedimiento : SINDES-PR-0402-020 / UT Aws		Código / Estándar : AWS D1.1 / Structural Welding Code - Steel																				
Resultados Obtenidos: Las juntas de soldadura inspeccionadas, marcadas como aceptada cumplen con los criterios de aceptación estipulados en el AWS D1.1 - 2015.																						
Estado Final : SOLDADURAS INSPECCIONADAS APROBADAS																						
Observaciones : Se aplica ensayo a las juntas soldadas "determinadas" por el Cliente. Longitud aproximada de inspección 2m por columna. Este informe reemplaza al documento SINDES-02-339-0519 Rev0 por cambio en esquema solicitado por el Cliente.																						
REALIZADO POR: Nombre: Ing. Oscar Yanchapaxi Cargo: Nivel II SNT-TC-1A Fecha: 2019-06-05						REVISADO POR: Nombre: Ing. Robert Toasa Cargo: Nivel III ASN 218812 Fecha: 2019-06-05						RECIBIDO POR: Nombre: ING. OSCAR KOYAL Cargo: JEFE J.C.C. Fecha: 2019/06/07										
																						

F.C

  Servicio de Acreditación Ecuatoriana Acreditación N° BAE-065-18-009 INSPECCIÓN	ORDEN DE TRABAJO : SINDES-02-335-0619_001	PAG. 3 de 3 REV. 1	 ACEROPLUS <small>WELDING TECHNOLOGIES</small>																
	CLIENTE : ACEROPLUS CIA LTDA	REPORTE N° : 001																	
	LOCALIZACIÓN : TALLER QUIFO	ORIGEN : CENTRO OPERATIVO SUR Y AGENCIA TURUBAMBA EEO																	
	FECHA EMISIÓN : 2019-06-06	FECHA INSPECCIÓN : 2019-06-05																	
SERVICIOS DE INSPECCIÓN NO DESTRUCTIVA Y DE SOLDADURA			<small>COD: SINDES/0-002-001 / REV. 1 / FICHA: 04/04/2017</small>																
REPORTE DE INSPECCIÓN DE SOLDADURAS MEDIANTE ULTRASONIDO INDUSTRIAL																			
EQUIPO EMPLEADO																			
EQUIPO : USMG 5/7E 13056151	Calibración #: 2018-12-13																		
PALPADOR : 2.25 / 1/2" / 170833 1	Ángulo : 70°	Frecuencia : 2,25 MHz	Dimensiones : 0,4230,425																
GANANCIA (dB) : 72	RANG (mm) : 150	Modo : PULSO/ECD	Retardo Zapata (µs) : 14,60																
PARÁMETROS DE INSPECCIÓN																			
Material : ASTM A572	Bloque Calibración : DSC	Grilla / Matriz : No aplica																	
Condición Superficial : Sin pintura	Técnica : Hq Angular	Procedimiento : SINDES-PR-0402-020 / UT Aws																	
Acoplante : Gel (metil celulosa)	Espesor Plancha : 8 mm	Código Aplicable : AWS D1.1																	
DESCRIPCIÓN / PROYECTO : <u>CENTRO OPERATIVO SUR Y AGENCIA TURUBAMBA EEO</u>																			
ESQUEMA - CARAS DE BARRIDO / UBICACIÓN : <u>COLUMNAS - AGENCIA</u>																			
																			
DETALLE DE INSPECCIÓN																			
IDENTIFICACIÓN		INSPECCIÓN				DISCONTINUIDADES						REINSPECCIÓN							
ELEMENTO	MODELO	ZONAS	TIPO	LAGO	SOLDADOR	FECHA	ANGULOS TRANSDUCTOR DESDE LA CARA	PIENSA (UT)	RESOLUCIÓN	CLASIFICACIÓN	CLASIFICACIÓN	EXTENSIÓN	PROFUNDIDAD	LONGITUD (mm)	UBICACIÓN	FECHA	SOLDADOR	REINSPECCIÓN	
															X Y (mm)				
C-7	N/A	UT1	A	-	W-04	2019-06-05	70	A	1:1	X	-	-	-	-	-	-	-	-	
		UT2	A	-	W-04	2019-06-05	70	A	1:1	Z	-	-	-	-	-	-	-	-	
C-8	N/A	UT1	A	-	W-154	2019-06-05	70	A	1:1	X	24,23	0	A	B	70	0	-	2019-06-05	
		UT2	A	-	W-154	2019-06-05	70	A	1:1	X	-	-	-	-	-	-	-	-	
C-9	N/A	UT1	A	-	W-730	2019-06-05	70	A	1:1	X	-	-	-	-	-	-	-	-	
		UT2	A	-	W-730	2019-06-05	70	A	1:1	X	-	-	-	-	-	-	-	-	
C-10	N/A	UT1	A	-	W-684	2019-06-05	70	A	1:1	X	-	-	-	-	-	-	-	-	
		UT2	A	-	W-684	2019-06-05	70	A	1:1	X	-	-	-	-	-	-	-	-	
C-11	N/A	UT1	A	-	W-730	2019-06-05	70	A	1:1	X	-	-	-	-	-	-	-	-	
		UT2	A	-	W-730	2019-06-05	70	A	1:1	X	-	-	-	-	-	-	-	-	
NOMENCLATURA: (Evaluación de la Discontinuidad)		A: Clase A, discontinuidad Mayor - Grande, B: Clase B, discontinuidad Mediana, C: Clase C, discontinuidad Pequeña, D: Clase D, discontinuidad Menor.				EQUIPOS EMPLEADOS:		Bloque DSC		43873		2018-11-08							
Procedimiento:		SINDES-PR-0402-020 / UT Aws				Código / Estándar:		AWS D1.1 / Structural Welding Code - Steel											
Resultados Obtenidos:		Las juntas de soldadura inspeccionadas, marcadas como aceptadas, cumplen con los criterios de aceptación estipulados en el AWS D1.1 - 2015.																	
Estado Final:		SOLDADURAS INSPECCIONADAS APROBADAS				Ing. Weber Aguilar													
Observaciones:		Se aplica ensayo a las juntas soldadas "determinadas" por el Cliente. Longitud aproximada de inspección 2m por columna. Este informe reemplaza al documento SINDES-02-335-0619 Rev0 por cambio en esquema solicitado por el Cliente.																	
REALIZADO POR:		Ing. Oscar Yanchapán Nivel II SNT-TC-1A				REVISADO POR:		Ing. Robert Toasa Nivel III ASNT-2388.12		RECIBIDO POR:		Ing. KESSE AGUIAR JEFE d. G. Z							
Fecha: 2019-06-06	Firma: 	Fecha: 2019-06-06	Firma: 	Fecha: 2019-06-05	Firma: 														
																			

F.C