



**DISEÑO DE PROCEDIMIENTO PARA INSPECCIÓN Y CERTIFICACIÓN POR  
ULTRA SONIDO EN ESTRUCTURAS DE ALUMINO EN LA COMPAÑÍA  
INTERNACIONAL DE MANTENIMIENTO CIMA LTDA BAJO LA NORMA ASTM  
E2700**

**JUAN CAMILO MATAMOROS CAMARGO**

**UNIVERSIDAD SANTO TOMAS DE AQUINO  
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA  
COMITÉ TRABAJO DE GRADO  
TUNJA  
2015**

**DISEÑO DE PROCEDIMIENTO PARA INSPECCIÓN Y CERTIFICACIÓN POR  
ULTRA SONIDO EN ESTRUCTURAS DE ALUMINO EN LA COMPAÑÍA  
INTERNACIONAL DE MANTENIMIENTO CIMA LTDA BAJO LA NORMA ASTM  
E2700**

**JUAN CAMILO MATAMOROS CAMARGO**

**COMITÉ TRABAJO DE GRADO**

**UNIVERSIDAD SANTO TOMAS  
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**TUNJA**

**2015**

**NOTA DE ACEPTACIÓN**

---

---

---

---

---

FIRMA DEL DIRECTOR

---

FIRMA DEL JURADO

---

FIRMA DEL JURADO

Tunja, 7 de mayo del 2015

*A Dios, a mis padres y hermanos  
sin los cuales Hubiese desfilado  
en este esfuerzo por alcanzar  
el triunfo en un peldaño más  
de mi carrera hacia el éxito.*

## **AGRADECIMIENTOS**

*Agradezco a Dios por darme la oportunidad de realizar este proyecto, también a mis padres, quienes me dieron su apoyo incondicional para llevar a feliz término este sueño, con grandes sacrificios y entrega incondicional.*

*De igual manera quiero agradecer a CIMA LTDA. La oportunidad de implementar este proyecto de desarrollo tecnológico. A mis profesores y amigos que siempre me colaboraron con sus orientaciones y sugerencias.*

## CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	10
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	11
1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	11
2. JUSTIFICACION .....	12
3. OBJETIVOS.....	13
3.1 GENERAL .....	13
3.2 ESPECIFICOS .....	13
4. DELIMITACIÓN .....	14
5. MARCO DE REFERENCIA.....	15
5.1 ANTECEDENTES.....	15
6. MARCO TEORICO .....	23
7. DISEÑO METODOLÓGICO.....	28
8. RESULTADOS .....	30
8.1 MATERIALES Y DISPOSICION DE EQUIPOS NDT .....	30
8.2 VERIFICACIÓN DE EQUIPOS Y MATERIALES .....	33
8.3 PASO A PASO, ENTREGA DE INFORMES Y CERTIFICACIÓN .....	34
8.4 DOCUMENTO DE APOYO, PARA INTERPRETACIÓN DE DATOS ADQUIRIDOS DURANTE LA INSPECCION.....	41
TABLA #1 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	44
TABLA #2 PRESUPUESTO.....	45
9. CONCLUSIONES.....	46
10. INFOGRAFÍA .....	48
ANEXOS	

## LISTA DE TABLAS

Tabla No. 1. Cronograma de actividades.....44

Tabla No. 2. Presupuesto.....45

## LISTA DE CUADROS

Cuadro No. 1. Registro de calibración de equipos .....	32
Cuadro No. 2. Formato remisión de equipos.....	33
Cuadro No. 3. Formato verificación Sonates Veo 16:64.....	34
Cuadro No. 4. Procedimiento de inspección .....	39
Cuadro No. 5. Formato de redacción de informes.....	40
Cuadro No. 6. Formato de certificación de juntas soldadas .....	41

## LISTA DE FIGURAS

Figura No. 1. Sonatest Veo 16:64.....	17
Figura No. 2. Epoch 600.....	19
Figura No. 3. Sonatest Veo 16:64 .....	20
Figura No. 4. OmniScan SX.....	20
Figura No. 5. OmniScan MX2.....	21
Figura No. 6. Epoch 1000.....	21
Figura No. 7. OmniScan iX.....	22
Figura No. 8. Phased Array.....	24
Figura No. 9. Transductores de haz angular.....	25
Figura No. 10. A-SCAN.....	26
Figura No. 11. B-SCAN.....	27
Figura No. 12. C-SCAN.....	27

## INTRODUCCIÓN

Muchas personas están familiarizadas con las aplicaciones médicas de imagen ultrasónica, en el cual ondas sonoras de alta frecuencia se utilizan para crear muy detalladas imágenes transversales de los órganos internos. Ecografías médicas se hacen con transductores especializados de múltiples elementos conocidos como arreglos de fases (Phase Array PA), los cuales requieren un soporte de software y hardware especializado.

Actualmente las aplicaciones de la tecnología de ultrasonido Phased Array no se limitan al diagnóstico médico. En los últimos años, los sistemas Phased Array ha observado un uso creciente en entornos industriales para proporcionar nuevos niveles de información y visualización en pruebas de ultrasonido que incluyen la inspección de soldaduras, pruebas de dis-bonding (Despegues en materiales compuestos), medición de espesores, y en el servicio de detección de grietas.

Phased Array, consisten en un transductor que tiene desde 16 hasta 256 pequeños elementos individuales (transductores) que cada uno puede ser pulsado por separado. Estos pueden estar dispuestos en una franja (array lineal), en forma de anillo (matriz anular), en forma de matriz circular (array circular), o en formas más complejas. Un sistema de Phased Array también incluirá un sofisticado equipo basado en un instrumento capaz de conducir la sonda multi-elemento, la recepción y la digitalización de los ecos de retorno y la presentación de la información eco en varios formatos. A diferencia de los detectores de defectos convencionales, los sistemas de matriz escalonada (Phased Array) pueden barrer un haz de sonido a través de una amplia gama de ángulos de refracción a lo largo de una trayectoria lineal, o dinámicamente el foco en una serie de diferentes profundidades, lo que aumenta la flexibilidad y la capacidad en las configuraciones de inspección.

Por todo lo anterior puede decirse que “PHASE ARRAY” tiene la simplicidad de la radiografía con la exactitud del ultrasonido”.

## **1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En la actualidad la compañía internacional de mantenimiento CIMA LTDA. Es reconocida a nivel nacional e internacional por el buen servicio que ofrece en la industria aeronáutica. Se ha destacado por ofrecer diferentes servicios de mantenimiento, calibración de equipos, importación de equipo aeronáutico, inspección y certificación en diferentes estructuras metálicas de tipo industrial y aeronáutico mediante la técnica NDT (ensayos no destructivos). No obstante, dentro de los diferentes procesos de NDT se ha podido corroborar la ausencia de un procedimiento de trabajo en el reconocimiento y certificación de uniones por soldadura en estructuras metálicas, por lo cual, no es posible controlar el desarrollo del trabajo, el desempeño y funcionamiento de los equipos, ocasionando así una elevación considerable en los tiempos muertos y dificultades a la hora de realizar verificaciones simultaneas por ultrasonido.

### **1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

Uno de los servicios ofrecidos por la compañía internacional de mantenimiento CIMA LTDA es la aplicación de la técnica NDT a través de ultrasonido en estructuras metálicas, regido por la norma ASTM E 2700 en la industria, pero esta técnica se debe implementar con la ayuda de un procedimiento que permita controlar el desarrollo, el funcionamiento y desempeño del trabajo y los equipos, con el fin de disminuir tiempos muertos y prever inconvenientes a la hora de realizar una inspección simultánea de NDT por ultrasonido.

## 2. JUSTIFICACION

En la actualidad, dentro del marco de una economía globalizada, las empresas deben caracterizarse por su excelencia y competitividad, esto implica que deben ser lo suficientemente flexibles para adaptarse y mejorar sus procesos de producción. Por ello, la industria y la aviación en Colombia han venido evolucionando a pasos agigantados en los últimos años, lo que ha influenciado en la calidad del servicio que ofrecen las empresas del sector.

Con el propósito de optimizar el procedimiento de inspección y certificación de uniones por soldadura en estructuras metálicas en la industria y en la aeronáutica, la compañía internacional de mantenimiento CIMA LTDA requiere diseñar un procedimiento de trabajo asociado a la ejecución del mencionado procedimiento, mediante el cual, se optimice la productividad técnica de la compañía, brindando un servicio cada vez más eficiente y eficaz, a un costo razonable y sin disminuir la seguridad durante la ejecución de las actividades, ni la calidad del servicio prestado.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 GENERAL**

Diseñar un procedimiento para inspección y certificación por ultra sonido en estructuras de aluminio en la compañía internacional de mantenimiento CIMA LTDA bajo la norma ASTM e2700.

#### **3.2 ESPECIFICOS**

- Adquirir y traducir la norma ASTM E 2700
- Generar un formato que permita determinar, disponibilidad de uso Y estado actual del equipo SONATEST Veo 16:64.
- Establecer el procedimiento para el proceso de calibración y manipulación del equipo, durante la inspección a realizar, según la norma ASTM E 2700.
- Redactar una guía para realizar la interpretación e informe, de los datos adquiridos durante la inspección según la norma ASTM E 2700.
- Diseñar una guía para generar la respectiva certificación de la estructura inspeccionada y evaluada.
- Validar el procedimiento de inspección y certificación por ultra sonido en estructuras de aluminio en la compañía internacional de mantenimiento CIMA LTDA bajo la norma ASTM E2700, por un nivel III de la compañía descrita.

#### **4. DELIMITACIÓN**

Temporalmente este anteproyecto está planteado para realizarse durante el transcurso de la pasantía, la cual está propuesta por 6 meses, pero por ser de tiempo completo, con los primeros cuatro meses, es posible cumplir con el mínimo estipulado por la facultad de ingeniería mecánica según reglamento. Durante estos primeros cuatro meses de pasantía se dará desarrollo al anteproyecto propuesto el cual por fecha calendario inició el día 1 de agosto y tendrá como finalización el día 30 de noviembre de 2014.

Económicamente este anteproyecto no supera un valor de \$12'032.000, teniendo en cuenta que este procedimiento será exclusivamente para la compañía internacional de mantenimiento CIMA LTDA. Esta estimación estará sustentada y soportada en el presupuesto propuesto posteriormente.

Técnicamente se espera llegar a la aprobación del procedimiento para inspección y certificación de uniones por soldadura en estructuras metálicas según la norma ASTM E 2700 por un nivel III corporativo de la compañía internacional de mantenimiento CIMA LTDA.

## **5. MARCO DE REFERENCIA**

### **5.1 ANTECEDENTES**

Instrumentos de prueba ultrasónicos se han utilizado en aplicaciones industriales durante más de sesenta años. Desde la década de 1940, las leyes de la física que gobiernan la propagación de ondas sonoras de alta frecuencia a través de materiales sólidos se han utilizado para detectar grietas ocultas, vacíos, porosidad, y otras discontinuidades internas en metales, materiales compuestos, plásticos y cerámica, así como medir el espesor y analizar las propiedades del material. Las pruebas por ultrasonido son completamente destructivas y seguras, y es un método de prueba bien establecido en muchas industrias básicas de fabricación, procesos y servicios, especialmente en aplicaciones de soldaduras y metales estructurales.

El crecimiento de las pruebas de ultrasonido, es paralelo en gran medida a la evolución de la electrónica. Los primeros trabajos en Europa y Estados Unidos en la década de 1930 demostraron que las ondas sonoras de alta frecuencia reflejarían daños ocultos de los materiales en forma predecible, produciendo patrones de eco distintivos que podrían ser mostrados en las pantallas del osciloscopio.

El Desarrollo del Sonar durante la Segunda Guerra Mundial proporcionó un nuevo impulso a la investigación en los ultrasonidos. En 1945, el investigador estadounidense Floyd Firestone patentó un instrumento que llamó la Supersonicreflectoscope, que generalmente, está basada en la primera práctica de ultrasonido para la detección de fallas, comercialmente se utiliza la técnica pulso-eco empleada comúnmente hoy en día la cual, se llevaría a los muchos instrumentos comerciales que se introdujeron en los años que siguieron.

Entre las empresas que fueron líderes en el desarrollo de detectores de fallas por ultrasonido, como galgas y transductores en los años 1960 y 1970 fueron, Panametrics, Staveley, y Harisonic, todos los cuales son ahora parte de Olympus NDT.

A finales de la década de 1940, investigadores de Japón fueron pioneros en el uso de pruebas de ultrasonido en el diagnóstico médico que utilizan los equipos B-scan, que proporciona una imagen de perfil en dos dimensiones de las capas de tejido. Por la década de 1960, se utilizaban las primeras versiones de los escáneres médicos para detectar y describir los tumores, cálculos biliares, y condiciones similares. En la década de 1970, la introducción de medidores de espesor de precisión trajo pruebas de ultrasonido a una amplia variedad de operaciones de fabricación que requiere la medición del espesor de piezas en situaciones donde no había acceso a un solo lado, y por esto las galgas de corrosión entraron en amplio uso para la medición del espesor de la pared restante en tubos metálicos y tanques.

Los últimos avances en los instrumentos ultrasónicos se han basado en las técnicas de procesamiento de señales digitales y los microprocesadores de bajo costo que se pusieron a disposición de la década de 1980 en adelante. Esto ha llevado a la última generación de instrumentos portátiles miniaturizados, altamente confiables y en línea en los diferentes sistemas de inspección para la detección de defectos, la medición de espesores, y la imagen acústica.

Actualmente se encuentra en el mercado los siguientes equipos detectores de defectos por ultrasonido.

Este primer equipo que está a continuación, es con el que cuenta la compañía internacional de mantenimiento CIMA LTDA y sobre el cual se diseñara el procedimiento de inspección y certificación.

**5.1.1 SONATEST Veo 16:64 Visión general:** Este equipo de ultrasonido Phased Array, generan una rápida velocidad de inspección con imágenes de corte transversal precisas y detalladas de las estructuras internas. La tecnología de ultrasonidos Phased Array utiliza varios elementos y retardos electrónicos para crear haces que pueden ser barridos o escaneados, orientados y focalizados, y que permiten una rápida inspección, un completo almacenamiento de datos e inspecciones desde diferentes ángulos.

Esta tecnología está reemplazando a la radiografía industrial en el mundo entero porque permite mediciones precisas con resultados altamente fiables sin contaminar el medio ambiente.

La plataforma veo desbloquea un nuevo nivel de rendimiento en un instrumento portátil, ayudando a maximizar su eficiencia en el lugar. El Plan de Inspección muestra al operador en 2D y 3D, donde las ondas se colocan en la parte de prueba, lo que simplifica la configuración de la inspección y proporciona una referencia para los informes de inspección. Utilizando los últimos datos de la tecnología informática puede ser grabada de forma permanente para la generación de procesamiento e informe.



Figura. 1. SONATEST Veo 16:64

**5.1.2 EI EPOCH 600:** es un detector de defectos por ultrasonidos portátil de nivel intermedio. Su peso es de solamente 1,68 kg y su estructura horizontal está

concebida para resistir a las exigencias de entornos extremadamente rigurosos. Responde a la norma EN12668-1 e incluye funciones como un emisor de ondas cuadradas ajustable de 400 V con tecnología PerfectSquare y el filtrado digital que mejora la relación señal-ruido.

Pulso-eco: empleada comúnmente hoy en día la cual, se llevaría a los muchos instrumentos comerciales que se introdujeron en los años que siguieron. Entre las empresas que fueron líderes en el desarrollo de detectores de fallas por ultrasonido, como galgas y transductores en los años 1960 y 1970 fueron, Panametrics, Staveley, y Harisonic, todos los cuales son ahora parte de Olympus NDT.

A finales de la década de 1940, investigadores de Japón fueron pioneros en el uso de pruebas de ultrasonido en el diagnóstico médico que utilizan los equipos B-scan, que proporciona una imagen de perfil en dos dimensiones de las capas de tejido. Por la década de 1960, se utilizaban las primeras versiones de los escáneres médicos para detectar y describir los tumores, cálculos biliares, y condiciones similares. En la década de 1970, la introducción de medidores de espesor de precisión trajo pruebas de ultrasonido a una amplia variedad de operaciones de fabricación que requiere la medición del espesor de piezas en situaciones donde no había acceso a un solo lado, y por esto las galgas de corrosión entraron en amplio uso para la medición del espesor de la pared restante en tubos metálicos y tanques.

Los últimos avances en los instrumentos ultrasónicos se han basado en las técnicas de procesamiento de señales digitales y los microprocesadores de bajo costo que se pusieron a disposición de la década de 1980 en adelante. Esto ha llevado a la última generación de instrumentos portátiles miniaturizados, altamente confiables y en línea en los diferentes sistemas de inspección para la detección de defectos, la medición de espesores, y la imagen acústica.

Actualmente se encuentra en el mercado los siguientes equipos detectores de defectos por ultrasonido. Este primer equipo que está a continuación, es con el que cuenta la compañía internacional de mantenimiento CIMA LTDA y sobre el cual se diseñará el procedimiento de inspección y certificación.

**EI EPOCH 600** es un detector de defectos por ultrasonidos portátil de nivel intermedio. Su peso es de solamente 1,68 kg y su estructura horizontal está concebida para resistir a las exigencias de entornos extremadamente rigurosos. Responde a la norma EN12668-1 e incluye funciones como un emisor de ondas cuadradas ajustable de 400 V con tecnología PerfectSquare y el filtrado digital que mejora la relación señal-ruido.



Figura. 2. EPOCH 600

**5.1.3 SONATEST Veo 16:64 Visión general:** Este equipo de ultrasonido Phased Array, generan una rápida velocidad de inspección con imágenes de corte transversal precisas y detalladas de las estructuras internas. La tecnología de ultrasonidos Phased Array utiliza varios elementos y retardos electrónicos para crear haces que pueden ser barridos o escaneados, orientados y focalizados, y que permiten una rápida inspección, un completo almacenamiento de datos e inspecciones desde diferentes ángulos.

Esta tecnología está reemplazando a la radiografía industrial en el mundo entero porque permite mediciones precisas con resultados altamente fiables sin contaminar el medio ambiente.

La plataforma veo desbloquea un nuevo nivel de rendimiento en un instrumento portátil, ayudando a maximizar su eficiencia en el lugar. El Plan de Inspección muestra al operador en 2D y 3D, donde las ondas se colocan en la parte de prueba, lo que simplifica la configuración de la inspección y proporciona una referencia para los informes de inspección. Utilizando los últimos datos de la tecnología informática puede ser grabada de forma permanente para la generación de procesamiento e informe.



Figura. 3. SONATEST Veo 16:64

**5.1.4 OMNISCAN SX:** El ligero equipo de un solo grupo, que además está dotado de una pantalla táctil inteligente de 8,4 pulgadas (21,3 cm), brinda soluciones económicas y de alta capacidad. Brinda dos modelos de unidad: el SX PA y el SX UT. La unidad SX PA con capacidad de 16:64PR cuenta, al igual que la unidad SX UT, de un canal de ultrasonidos (UT) convencionales para inspecciones mediante las técnicas Pulso-Eco, Emisión-Recepción y TOFD.



Figura. 4. OmniScan SX

**5.1.5 OMNISCAN MX2:** presenta dos nuevos módulos: por ultrasonidos phasedarray (PA2) con un canal UT y por ultrasonidos convencionales (UT2) de dos canales. Estos pueden ser empleados tanto con la tecnología de difracción del tiempo de vuelo (TOFD) como con los nuevos softwares; todos ellos permiten incrementar las capacidades de la ya exitosa plataforma OmniScan MX2.



Figura.5. OmniScan MX2

**5.1.6 El EPOCH 1000:** es un detector de defectos avanzado por ultrasonidos convencionales, al que se puede optimizar adicionando la creación de imágenes phasedarray en un centro de servicio autorizado de Olympus. Sus características claves son: la conformidad a norma EN12668-1, un juego de 37 filtros digitales en el receptor y una frecuencia de repetición de impulsos de 6 kHz para inspecciones de alta velocidad.



Figura. 6. EPOCH 1000

**5.1.7 OMNISCAN iX:** es un instrumento que está diseñado para inspeccionar a gran velocidad componentes de la industria y de la fabricación aeroespacial, la industria automotriz, los componentes soldados y los sistemas integrados de inspección. Cuenta con la certificación DFO P3TF22, P3TF30, P3TF31 y P3TF35 de GE.



Figura. 7. OmniScan iX

## 6. MARCO TEORICO

En el marco teórico se expondrán algunos términos y componentes puntuales que son indispensables para la comprensión y entendimiento, del procedimiento por ultrasonido Phased Array.

**ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS:** Se denomina ensayo no destructivo (también llamado END, o en inglés NDT de nondestructive testing) a cualquier tipo de prueba practicada a un material que no altere de forma permanente sus propiedades físicas, químicas, mecánicas o dimensionales. Los ensayos no destructivos implican un daño imperceptible o nulo. Los diferentes métodos de ensayos no destructivos se basan en la aplicación de fenómenos físicos tales como ondas electromagnéticas, acústicas, elásticas, emisión de partículas subatómicas, capilaridad, absorción y cualquier tipo de prueba que no implique un daño considerable a la muestra examinada.

**PHASED ARRAY:** EL Phased Array, genera una rápida velocidad de inspección con imágenes de corte transversal precisa y detallada de las estructuras internas. La tecnología de ultrasonidos Phased Array utiliza varios elementos y retardos electrónicos para crear haces que pueden ser barridos o escaneados, orientados y focalizados, y que permiten una rápida inspección, un completo almacenamiento de datos e inspecciones desde diferentes ángulos. Esta tecnología permite mediciones precisas con resultados altamente fiables. En los U.S.A., esta técnica está remplazando la radiografía industrial, ya que es más segura para el operario y su entorno, ofreciendo un alto grado de confiabilidad permitiéndonos ver imágenes en 3D de la inspección que se está realizando.



Figura. 8. phased array

**GEL ACOPLANTE:** cada 100 g de jalea contiene 0,5 g de carbopol 940; 2 L de alcohol etílico; 10 g de propilenglicol; 0,18 g de metilparabeno; 0,02 g de hidróxido de sodio y 87,1 g de agua desionizada. No penetra por la piel.

En líquido más o menos viscoso, se utiliza para permitir el paso de las ondas del transductor a la pieza bajo examinación, ya que las frecuencias que se utilizan para materiales metálicos no se transmiten en el aire.

Características Del Líquido Acoplante:

- Humectabilidad. ( capaz de mojar la superficie y el palpador )
- Viscosidad adecuada.
- Baja atenuación. ( que el sonido se transmita al 100% )
- Bajo costo.
- Removible.
- No toxico.
- No corrosivo.
- Impedancia acústica adecuada.

**TRANSDUCTORES DE HAZ ANGULAR:** Los transductores de haz angular son transductores de elemento sencillo o doble diseñados para inspección en soldadura o detección de fallas donde las fallas tienen una orientación angular con respecto a la superficie del material. La inspección en Soldadura es realizada usando ondas de corte refractadas desde una onda longitudinal por medio de una zapata de lucita. Las zapatas de lucita son diseñadas para producir ondas de corte de un ángulo en particular en un material específico con el mínimo de ruido.

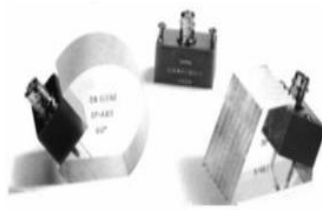


Figura. 9. transductores de haz angular

**A-Scan:** Cualquier instrumento ultrasónico típicamente registra dos parámetros fundamentales de un eco: lo grande que es (amplitud), y en el que se produce en el tiempo con respecto a un punto cero (tiempo de tránsito del pulso). El tiempo de tránsito a su vez por lo general se correlaciona con la profundidad reflector o la distancia, basado en la velocidad del sonido del material de ensayo y la simple relación

$$\text{Distancia} = \text{velocidad} \times \text{tiempo}$$

La presentación más básica de los datos de forma de onda ultrasónica es en la forma de un -scan A, o la visualización de forma de onda, en el que se hacen eco de amplitud y tiempo de tránsito se trazan en una cuadrícula sencilla con el eje vertical que representan la amplitud y el eje horizontal representa el tiempo. El siguiente ejemplo muestra una versión con una forma de onda rectificada; También se utilizan pantallas de RF no rectificadas. La barra roja en la pantalla es una puerta que selecciona una porción del tren de ondas para el análisis, típicamente la medición de la amplitud y / o la profundidad de eco.

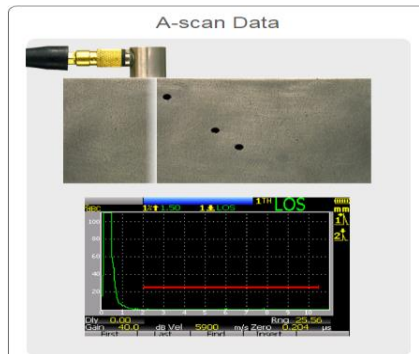
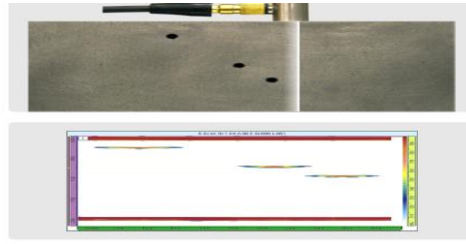


Figura 10. A SCAN.

**B-Scan:** Otra forma de presentar esta información es como un B-scan Valor Único. Un B-scan único valor es de uso general con detectores de fallas convencionales y medidores de espesor por corrosión para trazar la profundidad de los reflectores con respecto a su posición lineal. El espesor se representará gráficamente como una función del tiempo o la posición mientras que el transductor se escanea a lo largo de la parte para proporcionar su perfil de profundidad. La correlación de los datos de ultrasonidos con la posición real del transductor permite una vista proporcional a trazar y permite la posibilidad de correlacionar y seguimiento de los datos a las áreas específicas de la pieza bajo ensayo. Este seguimiento de la posición se realiza normalmente mediante el uso de dispositivos electromecánicos conocidos como codificadores. Estos codificadores se utilizan en aparatos que, o bien son escaneados manualmente o en sistemas automatizados que mueven el transductor por un escáner de motor controlado programable. En cualquier caso, el codificador registra la ubicación de cada adquisición de datos con respecto a un patrón de exploración definido por el usuario deseado y resolución de índice.

En el caso a continuación, la B-scan muestra dos reflectores profundos y un reflector superficial, correspondiente a las posiciones de la banda de agujeros perforados en el bloque de prueba.



Figuraura 11. B-SCAN.

**C-Scan:** Un C-scan de un sistema de agrupación en fase es muy similar a la de la sonda convencional visto anteriormente. Con fases sistemas de matriz sin embargo, la sonda está típicamente movido físicamente a lo largo de un eje mientras que el haz explora electrónicamente a lo largo de la otra de acuerdo a la secuencia de la ley focal. Amplitud o profundidad de la señal de datos se recogen dentro de la región cerrada de interés al igual que en C-scan convencionales. En el caso de redes en fase, los datos se representan con cada progresión ley focal, usando la abertura de haz programada.

A continuación se muestra una exploración real del mismo bloque de prueba mostró en la sección anterior utilizando un codificada 5 MHz, 64 elementos de la sonda de matriz lineal con una cuña directamente o mostrar. Cada ley focal utiliza 16 elementos para formar la abertura, y en cada pulsante los incrementos a partir de elementos por uno. Esto se traduce en cuarenta y nueve puntos de datos que se trazan (horizontalmente en la imagen de abajo) a través del transductor de 37 mm (1.5 ") de longitud. A medida que el transductor se mueve en línea recta hacia adelante, una vista plana C-scan emerge. Codificadores Normalmente se utilizará cada vez que se debe mantener correspondencia geométrica precisa de la imagen escaneada a la parte, aunque los análisis manuales no codificadas también pueden proporcionar información útil en muchos casos.

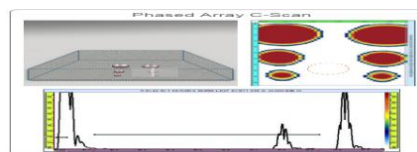


Figura 12. C-SCAN.

## 7. DISEÑO METODOLÓGICO

Para Adquirir y traducir la norma ASTM E 2700 será necesario solicitar permiso por escrito para acceder a la base de datos de la compañía internacional de mantenimiento CIMA LTDA y sustraer la norma anteriormente mencionada, con el propósito de iniciar el proceso de traducción y comprensión de la misma. Esta requiere de un tiempo aproximado de 10 días hábiles, los cuales transcurrirán entre los días 22 de septiembre y 10 de octubre del 2014.

En el diseño de un formato, que permita determinar el estado actual del equipo y la futura implementación, es necesario determinar de forma visual y técnica las condiciones en las que se encuentre el mismo, además de las labores pendientes a realizar a futuro, con el fin de redactar el modelo necesario, para esto el tiempo aproximado requerido es de 5 días hábiles los cuales transcurrirán a partir del día 13 de octubre de 2014.

En cuanto al procedimiento del proceso de graduación y manipulación del equipo, durante la inspección a realizar, según la norma ASTM E 2700. Será necesario identificar todos y cada uno de los pasos en el proceso de calibración del equipo los cuales inician desde el desempaque del equipo de su respectivo protector y finaliza con el desmonte y guardado de sus componentes después de la inspección por ultrasonido. Para esta tarea es necesario desempeñar las actividades durante un tiempo aproximado de 15 días hábiles, los cuales iniciarán a partir del día 20 de octubre y finalizará el día 7 de noviembre de 2014.

Es necesario interpretar la norma ASTM E 2700 previamente a la inspección, para generar una buena lectura de la información arrojada por el equipo de ultrasonido en el análisis de uniones metálicas por soldadura. Este proceso se efectuará durante los días 3 y 14 de noviembre de 2014.

Diseñar la guía de certificación es uno de los objetivos más importantes lo cual requiere de un formato que estará precedido por el informe final del análisis

estructural realizado, ya que de este dependerá la aprobación o rechazo de la pieza analizada. En esta guía se sustentará paso a paso el resultado de la certificación. Su diseño está proyectado elaborarse a partir del día 13 y 14 de noviembre del 2014.

Lograr que la Compañía Internacional de Mantenimiento CIMA LTDA. apruebe el procedimiento propuesto en un nivel III corporativo, deberá someterse a pruebas de aplicación en un total de tres semanas aproximadamente, de tal forma que al finalizar la etapa de prueba se genere la aprobación o rechazo del procedimiento presentado.

Este proceso de valoración iniciará el día 18 de noviembre y finalizará el día 28 de noviembre de 2014.

## 8. RESULTADOS


### 8.1 MATERIALES Y DISPOSICION DE EQUIPOS NDT

En la compañía internacional de mantenimiento se desarrollan diferentes trabajos a nivel industrial y aeronáutico, en los cuales se desempeñan las labores de calibración de equipos y ensayos no destructivos,

En el área de los ensayos no destructivos se identificaron una serie de operaciones en la aplicación de la técnica de Phased Array bajo norma E2700, los cuales no estaban sustentados mediante un procedimiento escrito que permitiera desarrollar esta actividad de manera ordenada y controlada, por este motivo surgió la necesidad de diseñar un procedimiento que estandarizara los procesos de inspección mediante la técnica de ultra sonido phased array bajo norma ASTM E2700.

Inicialmente se identificó un control que permitía determinar la disponibilidad de uso de los equipos aunque no se implementaba de forma práctica por lo que fue necesario adicionar este control en el inicio del proceso de inspección(Figura.9), donde es posible visualizar el equipo a utilizar, el certificado de calibración de funcionamiento y las fechas dispuestas para el uso de este, adicionalmente se adjuntó un formato de remisiones el cual se implementa para, prestamos de equipos, calibración e inspección(Figura.10 ), el cual contribuye con la identificación de la disponibilidad de los equipos, pero este último formato no se contemplaba de forma práctica lo cual dificultaba el proceso de ejecución de la inspección, por tal motivo se describe y se resalta el formato mencionado en el procedimiento para agilizar y mejorar los tiempos en los procesos de inspección.

**COMPañA INVERSIOnAL DE MAnTIENIMIEnTO**  
"CIMALIDA"  
OAJEAC – COF - 111



METODO	MARCA	MODELO	SERIE NUMERO	EMPRESA	FECHA CALIBRACION	FRECUENCIA CALIBRACION	VENCIMIENTO CALIBRACION	DIAS DE VIGENCIA	ESTADO	FECHA VERIFICACION	ESTADO
ET	STANLEY	NORTEC 2000	N2000D14753011984	NOTECC INC	09-abr-14	Anual	09-abr-15	17	SERVICIO	QUEDA TIEMPO	SERVICIO
ET	STANLEY	NORTEC 2000	N2000D1688N104459	NOTECC INC	10-oct-14	Anual	10-oct-15	201	SERVICIO	QUEDA TIEMPO	SERVICIO
MT	MAGNAFLUX	Y7	4350	OMA LTDA.	11-dic-14	semestral	11-jun-15	80	SERVICIO	QUEDA TIEMPO	SERVICIO
MT	SPECTROLINE	DSE-100X	1519882	OMA LTDA.	18-sep-14	Semestral	18-mar-15	0	ENCALBRACION	QUEDA TIEMPO	VENCIDO
MT	SPECTROLINE	DM385A	1519883	OMA LTDA.	24-jul-14	Semestral	24-ene-15	0	ENCALBRACION	QUEDA TIEMPO	VENCIDO
MT	SPECTROLINE	DM355A	1519884	OMA LTDA.	27-sep-14	Semestral	27-feb-15	0	ENCALBRACION	QUEDA TIEMPO	VENCIDO
MT	R.B. ANNIS	D-300P	04-905	OMA LTDA.	12-sep-14	semestral	12-feb-15	0	ENCALBRACION	QUEDA TIEMPO	VENCIDO
MT	MAGNAFLUX	anq-404-5	42536	OMA LTDA.	25-jul-14	semestral	25-ene-15	0	ENCALBRACION	QUEDA TIEMPO	VENCIDO
MT	HALLEFFECT	5180	0501047	OMA LTDA.	12-dic-14	semestral	12-jun-15	81	SERVICIO	QUEDA TIEMPO	SERVICIO
PT	REFRACTOMETER	RMB-32	0857	MAX INDUSTRIAL	14-jul-14	Anual	14-jul-15	113	SERVICIO	QUEDA TIEMPO	SERVICIO
UT	STANLEY	SONIC 1200 HR+	L102503	OMA LTDA.	22-nov-14	Anual	22-nov-15	244	SERVICIO	QUEDA TIEMPO	SERVICIO
UT	PANAMETRICS	28MG-VT	7041503	OMA LTDA.	25-oct-14	Anual	25-oct-15	216	SERVICIO	QUEDA TIEMPO	SERVICIO
UT	PANAMETRICS	MG2-DL	6222805	NOTECC INC	05-dic-14	Anual	05-dic-15	257	ENCALBRACION	QUEDA TIEMPO	VENCIDO
UT	DANATRONICS	ECH-10B	0503287	OMA LTDA.	23-oct-14	Anual	23-oct-15	214	SERVICIO	QUEDA TIEMPO	SERVICIO
UT	STANLEY	NS 42	BM134E07715	OMA LTDA.	06-sep-14	Anual	06-sep-15	136	SERVICIO	QUEDA TIEMPO	SERVICIO
UT	OLYMPUS	BONDMASTER	100B21461042836	OMA LTDA.	06-sep-14	Anual	06-sep-15	136	SERVICIO	QUEDA TIEMPO	SERVICIO
UT	UNIMEST	BOND TESTER	1104	OMA LTDA.	28-mar-13	Anual	28-mar-14	0	ENCALBRACION	QUEDA TIEMPO	VENCIDO
UT	SONATEST	VEO 160H	106554	SONATEST	29-feb-14	Anual	29-feb-15	0	ENCALBRACION	QUEDA TIEMPO	VENCIDO
UT	SONATEST	VEO 160H	1065091	OMA LTDA.	24-oct-14	Anual	24-oct-15	215	SERVICIO	QUEDA TIEMPO	SERVICIO
RT	RIGAKU INDUSTRIAL	RADOFLEX	RR011-15	INGECOMINAS	20-sep-13	Anual	20-sep-14	0	ENCALBRACION	QUEDA TIEMPO	VENCIDO
RT	INTENSIMETRO	4	38780	INGECOMINAS	13-mar-13	Anual	13-mar-14	0	ENCALBRACION	QUEDA TIEMPO	VENCIDO
RT	INTENSIMETRO	DCA 4009	F-4001	ARROWTECH	04-abr-13	Anual	04-abr-14	0	ENCALBRACION	QUEDA TIEMPO	VENCIDO
RT	TERMONETRO	GT 100R	OMA 01	OMA LTDA.	11-dic-14	semestral	11-jun-15	80	SERVICIO	QUEDA TIEMPO	SERVICIO
RT	TERMONETRO	GT 100R	OMA02	OMA LTDA.	11-dic-14	semestral	11-jun-15	80	SERVICIO	QUEDA TIEMPO	SERVICIO
RT	DENSITOMETR	SM-14	4054	OMA LTDA.	11-dic-14	trimestral	11-mar-15	0	ENCALBRACION	QUEDA TIEMPO	VENCIDO
TR	FLUOR	E40	4802821	OMA LTDA.	06-feb-14	anual	06-feb-15	0	ENCALBRACION	QUEDA TIEMPO	VENCIDO
VT	EVEREST	PLS 500 D	877-364-5688	OMA LTDA.	30-sep-13	anual	30-sep-14	0	ENCALBRACION	QUEDA TIEMPO	VENCIDO

FORMATO:OMA-IND-001

NOTA: En caso de no encontrar el equipo requerido, en su lugar de almacenamiento, remitirse a la carpeta de REMISIONES para verificar la disponibilidad de uso



*COMPANÍA INTERNACIONAL DE MANTENIMIENTO  
"CIMA LTDA"  
VAEAC - CDF - 111*

**REMISION**

**Seccion I - DATOS GENERALES**

<b>LUGAR</b>		<b>FECHA</b>	
MOTIVO:    INSPECCION: _____    PRESTAMO: _____    CALIBRACION: _____			
JUSTIFICACION		ANTECEDENTE (orden de trabajo, remision, factura, contrato No. etc.)	

**Seccion II - IDENTIFICACION DEL ORIGEN**

EMPRESA	TELEFONO	DIRECCION	CONTACTO
---------	----------	-----------	----------

**Seccion III - IDENTIFICACION DEL DESTINO**

EMPRESA	TELEFONO	DIRECCION	CONTACTO
---------	----------	-----------	----------

**RELACION GENERAL DE EQUIPOS Y ACCESORIOS**

ITEM	DESCRIPCION	P/N (MODELO)	S/N	CANT	ESTADO / OBSERVACIONES
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					

**Seccion VI - REGISTRO DE CONTROL DEL MATERIAL**




3	<b>RECIBE:</b> _____ (FECHA DD/MM/AA) _____ FIRMA FUNCIONARIO RECIBE	<b>ENTREGA:</b> _____ (FECHA DD/MM/AA) _____ FIRMA FUNCIONARIO ENTREGA
---	--	--

CIMA-MPI-VOLI-035

**Cuadro # 2: Formato remisión de equipos**

## 8.2 VERIFICACIÓN DE EQUIPOS Y MATERIALES

Posteriormente se identificó que no había un formato de verificación que permitiera hacer un chequeo al equipo antes de su puesta en operación, por lo que se diseñó un formato (Figura.11) que permite identificar las variables a controlar del equipo justo antes de una inspección por ultrasonido phased array bajo norma ASTM E2700.

 <b>COMPAÑIA INTERNACIONAL DE MANTENIMIENTO "CIMA LTDA"</b> URAC - CDF - 111		FORMATO-CIMA-IND-002
<b>VERIFICACION DE EQUIPOS Y MATERIALES</b>		
<b>Seccion I - INSPECCION VISUAL</b>		
1	<p>verificar que el nivel de carga de las dos baterias se encuentre al maximo, de no ser asi, descargar las baterias en su totalidad y posteriormente iniciar el proceso de recarga, esto con el fin de postergar la vida util de las baterias y garantizar el funcionamiento optimo del equipo.</p> <p>El proceso de recarga de las baterias se debe realizar con el cargador del equipo conectandolo a una toma de 110V, de no tener el cargador del equipo esta accion se puede realizar con el equipo SMART BATTERY CHARGER.</p>	
1.1	<p><b>EQUIPOS</b></p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  CARGADOR DE BATERIAS           </div> <div style="text-align: center;">  CABLES CONECTORES           </div> </div>	
2	verificar que los empaques de las tapas de las baterias esten en buenas condiciones, de no ser asi, reemplazar empaques dañados por nuevos para garantizar la hermeticidad, proteccion y durabilidad de las baterias	
3	verificar que la pantalla este en perfectas condiciones, de esto depende que, la lectura de la informacion y la manipulacion del equipo sea optima. La limpieza de la pantalla se debe realizar con un trapo humedecido con agua o alcohol isopropilico	
4	verificar que los conectores de los transductores y las entradas USB esten en buenas condiciones, de no ser asi, es necesario enviar el equipo a reparacion y calibracion.	
5	verificar que el keypad o teclado este en optimas condiciones de uso, de no ser asi enviar equipo a reparacion y configuracion. La limpieza del teclado se debe hacer con un trapo humedecido con agua para evitar borrar las indicaciones de funcionamiento.	
6	verificar que los transductores tengan los conectores y el cableado en buen estado, de no ser asi, no es posible usar el transductor que no cumpla esta condicion, ya que este generara lecturas erroneas en la inspeccion.	
7	verificar que el almacen NDT tenga la cantidad disponible de gel UT-X requerida para calibracion e inspecciones al igual que el frasco portable utilizado para la inspeccion, esto con el fin de evitar retrasos o imprevistos por falta del mismo. Los frascos deben ser recargados por medio de un embudo desde el galon en las cantidades requeridas.	
8	verificar que el patron de calibracion (TEST BLOCK) este sin rallones o golpes ya que de lo contrario no sera posible implementar esta herramienta, debido a que cual quier tipo de alteracion fisica en él, generara lecturas y datos incorrectos en la calibracion operativa. El patron de calibracion debe conservarse siempre envuelto en un plastico impregnado de aceite lubricante WD40 con el fin de proteger el bloque contra la corrosion, el bloque debe estar en su respectivo estuche de seguridad.	
<b>Seccion II - REGISTRO DE CONTROL</b>		
ITEM	FECHA: VERIFICO: FIRMA:	S/N: P/N: ESTADO/OBSERVACIONES:
1	FECHA: VERIFICO: FIRMA:	S/N: P/N: ESTADO/OBSERVACIONES:
2	FECHA: VERIFICO: FIRMA:	S/N: P/N: ESTADO/OBSERVACIONES:
3	FECHA: VERIFICO: FIRMA:	S/N: P/N: ESTADO/OBSERVACIONES:
4	FECHA: VERIFICO: FIRMA:	S/N: P/N: ESTADO/OBSERVACIONES:
5	FECHA: VERIFICO: FIRMA:	S/N: P/N: ESTADO/OBSERVACIONES:
6	FECHA: VERIFICO: FIRMA:	S/N: P/N: ESTADO/OBSERVACIONES:
7	FECHA: VERIFICO: FIRMA:	S/N: P/N: ESTADO/OBSERVACIONES:
8	FECHA: VERIFICO: FIRMA:	S/N: P/N: ESTADO/OBSERVACIONES:
9	FECHA: VERIFICO: FIRMA:	S/N: P/N: ESTADO/OBSERVACIONES:
10	FECHA: VERIFICO: FIRMA:	S/N: P/N: ESTADO/OBSERVACIONES:
<b>Seccion II - REGISTRO DE CONTROL</b>		
CONTROL CALIDAD		(FECHA DD/MM/AA)
FIRMA CONTROL CALIDAD		
CIMA-IND-002		

Cuadro # 3: Formato de verificación Sonatest Veo 16:64

### **8.3 PASO A PASO, ENTREGA DE INFORMES Y CERTIFICACIÓN**

Al igual que las situaciones anteriormente nombradas en el inicio de los resultados, los informes, certificaciones y paso a paso para el procedimiento de inspección por ultrasonido phased array bajo norma ASTM E2700 no estaban estandarizados por lo que fue necesario ajustar el paso a paso (Figura. 12) debido a que no se contemplaban dentro de este el tipo de lusita, el tipo de escaneo a realizar y algunos parámetros de calibración que no estaban contemplados, posteriormente se diseñó un formato para la entrega de informes(Figura.13) que permita contemplar toda la información necesaria para describir los procesos y resultados encontrados durante las inspecciones por ultrasonido phased array bajo norma ASTM E2700, al igual que con la certificación (Figura.14) de las soldaduras evaluadas por la técnica anteriormente descrita.

IDENTIFICACION DEL CLIENTE		
EMPRESA/:	DIRECCION:	TEL:
CONTACTO:	O/T (W/O)	FECHA:

IDENTIFICACION DEL COMPONENTE A INSPECCIONAR	
NOMBRE:	NUMERO DE PARTE:
NUMERO DE SERIE DEL EQUIPO O IDENTIFICACION AREA INSPECCIONADA:	

INFORMACION TECNICA EMPLEADA	
DOCUMENTO DE REFERENCIA:	ULTIMA ACTUALIZACION:

N	DESCRIPCION PROCEDIMIENTO A REALIZAR	o.k	Realizado por	Control calidad
A	<b>PREPARACIÓN PARA LA INSPECCION</b>			
1	<p>Reciba la orden de trabajo, con las respectivas indicaciones de la inspección que se va a realizar. Verifique los equipos o elementos que se va a inspeccionar ya sea en el laboratorio o directamente en las instalaciones del cliente. Tenga en cuenta el manejo de cargas adecuado 25 Kg. Hombres y 12.5 Kg. Mujeres, utilice cinturón ergonómico si es necesario, casco, chaleco, gafas, botas de seguridad y tapa oídos. Cuando trabaje en áreas confinadas o en alturas verifique equipo adicional tal como arnés de seguridad, equipo auto contenido, aire asistido u otros elementos que pueda requerir para realizar la inspección con seguridad. Cuando se trate de áreas con emanación de vapores, verifique toxicidad y volatilidad. Recuerde que los equipos</p>			

	que emplea no son intrínsecamente seguros y podrían iniciar una explosión en presencia de algunos gases.			
2	Lea cuidadosamente las instrucciones del documento editado por la fábrica, aplicable al tipo de elemento a inspeccionar; y refiérase a la práctica estándar (E2700 Y NORMAS APLICABLES). Verifique que se trata de la última edición vigente o actualizada a la fecha de éste documento.			
3	Verificación de equipos y materiales: formato CIMA-IND-002			
<b>B</b>	<b>PARAMETROS DE CALIBRACION</b>			
	<b>PALPADOR</b>			
1	<p>Seleccione el tipo de palpador a utilizar de acuerdo a la frecuencia, tamaño, clase de material y demás condiciones que recomienda el fabricante del elemento a inspeccionar.</p> <p>Marca: _____ Modelo: _____ S/N: _____  Frecuencia: ____MHz.  Tamaño _____ #Elementos: _____</p>			
	<b>LUCITA</b>			
2	<p>Tipo: Angulo: _____ Plano: _____  Ninguno: _____  Angulo de corte: _____</p>			
3	<b>TIPO DE ESCANEO</b>			
	Sectorial: _____ Lineal: _____			
	<b>PATRÓN DE REFERENCIA</b>			
4	Tenga listo el patrón de referencia que pide la norma, para realizar calibración operacional del equipo. El patrón			

	<p>de referencia debe estar certificado y encontrarse en buenas condiciones.</p> <p>Material a inspeccionar _____ aleación _____ geometría _____</p> <p>Ref Std: _____ Material : _____ S/N: _____</p> <p>Temperatura: _____</p>			
<b>C</b>	<b><i>CALIBRACIÓN</i></b>			
1	<p>Siga las instrucciones del fabricante del equipo de Ultrasonido para ajustarlo de acuerdo a su forma de trabajo. Utilice los procedimientos de calibración descritos en el manual del equipo e instrucción de norma E2700.</p> <p><b>NOTA:</b> Se deberá calibrar nuevamente el equipo en los siguientes eventos: Al inicio de cada turno, en los cambios de operario, luego de una interrupción eléctrica, una vez cada hora en ensayos muy largos o cuando el operario tenga dudas sobre la validez de la inspección.</p>			
<b>D</b>	<b>INSPECCIÓN</b>			
1	Haga la exploración en las áreas indicadas en la norma E2700 asegurándose que dicha exploración se realice en un 100%.			
2	Marque y dimensione con un lápiz de cera el área afectada si se identifica alguna inconformidad, de acuerdo al documento de referencia., tome fotografías o registre gráficamente las áreas con defectos para su posterior identificación y valoración.			
<b>F</b>	<b>VERIFICACION FINAL</b>			

1	Al terminar el trabajo, verifique la calibración del equipo, con el respectivo patrón de calibración, si la calibración se encuentra fuera de parámetros los trabajos realizados deben repetirse.			
<b>G CRITERIO DE ACEPTACIÓN O RECHAZO</b>				
1	Lea los criterios de aceptación o rechazo del documento de referencia aplicado.			
<b>H CERTIFICACIÓN</b>				
1	Diligencie el respectivo informe técnico del ensayo describiendo los resultados obtenidos, indicando ubicación y tipo de defectos encontrados. Debe ser llenado por el nivel II o III que realiza la inspección.			
<b>OBSERVACIONES Y REPORTE DE DEFECTOS ENCONTRADOS</b>				
<b>ESPECIALISTA NDT</b>			<b>FIRMA, SELLO</b>	
Nombre: _____				
<b>CONTROL CALIDAD</b>			<b>Inspeccionado Por:</b>	
			<b>FIRMA, SELLO</b>	
Nombre: _____				

**Cuadro# 4: Procedimiento de inspección.**

LOGO CIMA	<u>TÍTULO DEL DOCUMENTO</u>			LOGO DE LA EMPRESA CONTRATANTE
	BREVE DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD			
	ORDEN DE TRABAJO No	Fecha	Revisión: A	

**[TÍTULO DEL DOCUMENTO]**  
ESPECIALIDAD


REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN	ELABORÓ	REVISÓ	APROBÓ
*A, B, C*	DDMMAAAA	Descripción del Hilo	N. Apellido	N. Apellido	N. Apellido

LOGO CIMA	<u>TÍTULO DEL DOCUMENTO</u>			LOGO DE LA EMPRESA CONTRATANTE
	BREVE DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD			
	ORDEN DE TRABAJO No	Fecha	Revisión: A	

**TABLA DE CONTENIDO**

1. OBJETIVO .....		<b><u>Índice</u></b>
2. ALCANCE .....		3
3. CLOSADO .....		3
4. DOCUMENTOS DEBIDOS .....		3
5. REFERENCIAS NORMATIVAS .....		3
6. CONDICIONES GENERALES .....		3
7. DESARROLLO .....		4
7.1. TÍTULO 2 .....		4
7.1.1. Título 3 .....		4
8. CONTINGENCIAS .....		4
9. REQUISITOS .....		5
10. BIBLIOGRAFÍA .....		5
11. ANEXOS .....		5

**Cuadro # 5: Formato de redacción de informes.**

 <b>COMPAÑIA INTERNACIONAL DE MANTENIMIENTO</b> <b>"CIMA" LTDA</b> <b>UAEAC - CDF No. 111</b>	INFORME Nº:																
	Pag.: 1 de 2																
	Fecha:																
<b>1.0.-Antecedentes Generales:</b>																	
1.1.-Proyecto:	1.2.- Elemento Inspeccionado:	1.3.- Plano o Componente:															
1.4.- Parte Examinada:	1.5.- Extensión del examen:	1.6.- Material:															
1.7.- Norma o Especificación técnica:	1.8.- Procedimiento Inspección:																
<b>2.0.- Descripción de la Técnica (ASME SECCION V ARTICLE 4 ULTRASONIC EXAMINATION)</b>																	
Pulso - Eco <input checked="" type="checkbox"/> Emisor - Receptor <input type="checkbox"/> Inmersión <input type="checkbox"/> Scan "A" <input type="checkbox"/> Scan "B" <input type="checkbox"/> Scan "S" <input checked="" type="checkbox"/>																	
<b>3.0.- Descripción del Equipo y Bloque Patrón para Calibración</b>																	
3.1.- EQUIPO	Marca: SONATEST	Modelo: VEO 16:64	Número de Serie: I005091														
3.2.- PALPADOR	<table border="1"> <tr> <th>Marca:</th> <th>Tipo</th> <th>Modelo</th> <th>Diametro</th> <th>Nº Serie</th> <th>Frecuencia</th> <th>Cuña / Zapata</th> </tr> <tr> <td>SONATEST</td> <td>MULTIELEMENT</td> <td>PE-5.0M32E0.8P</td> <td>N/A</td> <td>262</td> <td>5.0 MHz</td> <td>TI-35WOD</td> </tr> </table>	Marca:	Tipo	Modelo	Diametro	Nº Serie	Frecuencia	Cuña / Zapata	SONATEST	MULTIELEMENT	PE-5.0M32E0.8P	N/A	262	5.0 MHz	TI-35WOD		
Marca:	Tipo	Modelo	Diametro	Nº Serie	Frecuencia	Cuña / Zapata											
SONATEST	MULTIELEMENT	PE-5.0M32E0.8P	N/A	262	5.0 MHz	TI-35WOD											
3.3.- BLOQUE	IIW-V - 1 <input checked="" type="checkbox"/> IIW-V - 2 <input type="checkbox"/> Otro <input checked="" type="checkbox"/> DAC CURVE REFERENCE STANDARD 1mm hole diameter																
<b>4.0.- Condición de la Inspección:</b>																	
4.1.- Proceso de fabricación: Soldado <input checked="" type="checkbox"/> Otro <input type="checkbox"/>																	
4.2.- Condición superficial:																	
4.3.- Calibración / Inspección: Rango <input type="text"/> mm Palpador Normal    Ganancia (dB) <input type="text"/>																	
4.4.- Orientación palpador: Posición A <input checked="" type="checkbox"/> Posición B <input checked="" type="checkbox"/> Posición C <input type="checkbox"/> Posición D <input type="checkbox"/>																	
4.5.- Acoplante <input type="text"/>																	
4.6.- Ganancia de barrido (dB) <input type="text"/>																	
<b>5.0.- Resultados:</b>																	
No.	Identificación de la línea - soldadura	IDENTIFICACION DE INDICACIONES															
		Longitud (Lx)	profundidad (Z)	Posicion (con respecto a punto de referencia) (Ly)	DAC	Evaluacion											
1																	
2																	
3																	
4																	
5																	
6																	
		EJECUTO		SUPERVISOR													
FIRMA																	
NOMBRE																	
FECHA		00/01/1900		00/01/1900													
FORMATO-CIMA-IND-005																	

**Cuadro # 6: Formato de certificación de juntas soldadas.**

## **8.4 DOCUMENTO DE APOYO, PARA INTERPRETACIÓN DE DATOS ADQUIRIDOS DURANTE LA INSPECCION**

Como documento de apoyo se sustrajo la información más relevante para la evaluación de soldaduras, con el fin de llevar este documento a las inspecciones a realizar y portar la información más relevante en la valoración de juntas soldadas, esto en el caso de requerir criterios de aceptación y rechazo de forma inmediata por el cliente.

### **8.4.1 INTERPRETACIÓN DE DATOS ADQUIRIDOS DURANTE LA INSPECCIÓN**

#### **Evaluación Indicación**

- ✓ El método de evaluación usado, en cierta medida, dependerá de si se utilizó la exploración manual o codificada.
- **ANÁLISIS MANUAL :**
- ✓ Para la exploración manual mediante redes en fase de personal – los que examinen deberán utilizar un tiempo real S -scan o pantalla B -scan durante el escaneo para monitorear la calidad del acoplamiento y las señales que superen el umbral de evaluación.
- ✓ Evaluación de los indicadores detectados se lleva a cabo utilizando métodos manuales de elementos en fase que requiera el operador para evaluar todas las indicaciones que superen el umbral de evaluación cuando se detecta el indicador en el proceso de escaneado. Algunos sistemas phased-array pueden incluir opciones para introducir algunos elementos en un formato de informe y la incorporación de S -scan o imágenes B-scan como parte del informe.
- ✓ Los métodos de exploración codificados se basan en la evaluación de las pantallas de datos almacenados producidos a partir de A- Scans

- ✓ sistemas codificados pueden estar equipados con pantallas en tiempo real para mostrar uno o más puntos de vista de los datos que se recogieron durante la exploración. Esta característica se utilizará únicamente para la evaluación de calidad de los datos como la exploración vaya progresando y puede permitir uno o más canales para ser monitoreados.
- ✓ Evaluación de los indicadores detectados por la exploración de elementos en fase codificada se efectuará utilizando las formas de onda digitalizadas subyacentes a los S -scan o B -scan recogidos durante el proceso de adquisición de datos.
- ✓ muestra los datos de escaneo codificados para la indicación de evaluación puede usar una variedad de proyecciones que no sean sólo los S -scan o B-scan disponibles para la búsqueda manual ( por ejemplo, los puntos de vista del lado de gama alta ) .
- ✓ Las soldaduras escanean utilizando técnicas codificadas, pueden ser escaneados en secciones , siempre que hay una superposición de los datos recogidos y el solapamiento entre las exploraciones se identifica en la posición codificada con respecto a la posición inicial de referencia de soldadura ( por ejemplo , a 2 m de largo soldadura puede ser escaneado en dos partes , uno de 0 a 1000 mm y la segunda 950-2000 mm).
- ✓ El umbral de evaluación debe estar indicado en el S -scan o visualización de B-Scan como un color bien definido para que las indicaciones de la nota se distingan fácilmente en el fondo del nivel
- ✓ S -scan o imágenes B-scan presentados con corrección angular (también conocidos como volumen corregido ) contienen señales de amplitud y profundidad de la información proyectado para el ángulo refractado del haz ultrasónico.
- ✓ ubicaciones de indicación se determinaron con relación a la superficie de inspección y un sistema de coordenadas que utiliza bien la referencia Ned Irelativa a la soldadura.

➤ **INDICACIÓN DE DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO**

- ✓ Indicador de longitud se determina generalmente la distancia entre los puntos a lo largo de la longitud de soldadura que la amplitud cae a la mitad del máximo en los extremos del reflector , o cuando la amplitud cae a la mitad de la amplitud mínima de evaluación.
- ✓ Las estimaciones de altura indican que se pueden hacer usando la caída de 6 dB determinado a partir de la S -scan o B -scan (ver Figura . 8 ) . Este método es adecuado para grandes fallas planas con extensiones superiores a la viga. Para fallas con dimensiones más pequeñas que el haz de una corrección para la divergencia de este puede usarse para mejorar las estimaciones de tamaño . Para las indicaciones orientadas de manera adversa con superficies irregulares , la amplitud en técnicas de tamaño pueden no indicar con precisión el tamaño o la gravedad de los indicadores .Para la mejora de las capacidades de tamaño técnicas descritas en la Guía E2192 pueden ser las más adecuadas y pueden ser adaptadas a las aplicaciones de phased array
- ✓ Evaluación de todas las indicaciones pertinentes se hará frente a los criterios de aceptación acordados por las partes contratantes.

**TABLA #1 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES**

MES	SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE			
SEMANAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Actividades																
Adquirir y traducir la norma ASTM E 2700				X	X											
Generar un formato que permita determinar, el estado actual del equipo y la futura implementación en las respectivas inspecciones.						X										
Establecer el procedimiento para el proceso de calibración y manipulación del equipo, durante la inspección a realizar, según la norma ASTM E 2700.							X	X	X							
Redactar una guía para realizar la interpretación e informe, de los datos adquiridos durante la inspección según la norma ASTM E 2700									X	X						
Diseñar una guía para generar la respectiva certificación de la estructura inspeccionada y evaluada									X	X						
Validar el procedimiento de inspección y certificación por ultra sonido por un nivel III corporativo de la compañía internacional de mantenimiento CIMA LTDA.											X	X				

**TABLA #2 PRESUPUESTO**

	VALOR UNITARIO	CANTIDAD	FINANCION POR:		TOTAL
			EMPRESA	ESTUDIANTE	
NORMAS	134.000,00	1	134.000,00		134.000,00
INTERNET	270.000,00	4 MESES	1.080.000,00		1.080.000,00
FOTOCOPIAS	100C/U	200		20000	20.000,00
DIGITACION					
IMPRESIONES	300C/U	100		30000	30000
EMPASTE	10000	1		10000	10000
TUTORIA Y ASESORAMIENTO	38.000,00	16		608.000,00	608.000,00
ASESORIA ESPECIALIZADA	100000	48	4800000		4800000
ALIMENTACION	20000	80		1600000	1600000
SEGUROS	400.000,00	1		400000	400000
COMPUTADOR(PC)	1.300.000,00	1		1.300.000,00	1.300.000,00
CAMARA FOTOGRAFICA	450.000,00	1		450000	450000
FIRMA NIVEL III CORPORATIVA	1600000	1	1600000		1600000
IMPREVISTOS	1.203.200,00				1.203.200,00
				<b>TOTAL</b>	<b>13.235.200,00</b>

## 9. CONCLUSIONES

- ✓ Los procedimientos para el desarrollo de inspecciones por ultrasonido Phased Array bajo norma E2700, permiten estandarizar y mejorar la ejecución de las actividades, además, facilita y permite tener un control detallado de la inspección a realizar, herramientas y equipos de trabajo, al igual esto contribuye con el cumplimiento de las normas de gestión de calidad, y los altos estándares con los cuales labora la compañía.
  
- ✓ Los formatos para verificación de equipos y materiales, son una gran ayuda para los inspectores ya que les permite minimizar errores, agilizar e identificar de manera fácil y oportuna los aspectos más relevantes justo antes de un proceso de inspección, como el estado y funcionamiento básico del equipo, los patrones de calibración, la cantidad de gel necesaria etc.
  
- ✓ Ocasionalmente se presentan errores al momento de desarrollar una inspección ya que no se contemplan todas las variables a controlar como el tipo de material, el espesor, la profundidad a analizar y diferentes aspectos que son requeridos para desempeñar una inspección de alta calidad, por esto es necesario, diseñar un paso a paso que contemple toda la información necesaria para desarrollar dicha tarea de la manera más fácil, eficiente y controlada.
  
- ✓ El diseño de un paso a paso permite detectar los errores ocasionales al momento de desarrollar una inspección ya que se contemplan todas las variables a controlar como el tipo de material, el espesor, la profundidad a

analizar y diferentes aspectos que son requeridos para desempeñar una inspección de alta calidad de una manera más fácil eficiente y controlada.

- ✓ Al momento de redactar informes y certificar uniones soldadas, se presentan diversidad de criterios y observaciones, por lo que se pueden omitir aspectos relevantes durante la redacción de los informes o certificados, por este motivo es necesario diseñar un formato que permita validar todos los ítems a sustentar durante la elaboración del informe, como el estado de la zona has, porosidades dentro del cordón de soldadura, socabadura etc. esto con el fin de presentar una información completa y detallada de todos los procedimientos ejecutados y factores importantes encontrados durante la inspección.

## 10. INFOGRAFÍA

1. Autor NR. Publicador por Olympus. Fecha de publicación NR. fecha de consulta 12/08/14. Disponible en: <http://www.olympus-ims.com/es/ndt-tutorials/intro/ut/>.
2. Autor NR. Publicador por Olympus. Fecha de publicación NR. fecha de consulta 12/08/14. Disponible en: <http://www.olympus-ims.com/es/ut-flaw/>
3. Publicado por CIMA LTDA. ULTRASONIDO PHASED ARRAY. Fecha de publicación NR. Fecha de consulta 13/08/14. Disponible en: [http://www.cima-co.com/ultrasonido\\_phased\\_array\\_.html](http://www.cima-co.com/ultrasonido_phased_array_.html)
4. Publicado en monografias.com. publicado por ING Ivan Escalona. Fecha de publicacion NR. fecha de consulta 13/08/1. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos14/ultrasonido/ultrasonido.shtml>
5. Publicado en formulario nacional de medicamentos. Publicado por NR. Fecha de publicación 2011-10-20. Fecha de consulta 13/08/14. Disponible en: <http://fnmedicamentos.sld.cu/index.php?P=FullRecord&ID=671>
6. Publicado por NR. Publicado por ILOGSA DE CV. fecha de publicacion NR. Fecha de consulta 13/08/14. Disponible en: [http://www.llogsa.mx/descarga/files\\_catalogo/transductor/transductores\\_catalogo\\_ok.pdf](http://www.llogsa.mx/descarga/files_catalogo/transductor/transductores_catalogo_ok.pdf)

7. Figura.1. extraída de CIMA LTDA.ULTRASONIDO PHASED ARRAY. Fecha de publicación NR. Fecha de consulta 13/08/14.Disponible en: [http://www.cima-co.com/ultrasonido\\_phased\\_array.html](http://www.cima-co.com/ultrasonido_phased_array.html)
8. Figura.2. publicado por OLYMPUS. Fecha de publicación NR. Fecha de consulta 13/08/14.Disponible en: <http://www.olympus-ims.com/en/omniscan-ix/>
9. Figura. 3. Publicado por OLYMPUS, pdf brochure en español. fecha de publicación NR, fecha de consulta 13/08/14. Disponible en: <http://www.olympus-ims.com/en/omniscan-sx/>
10. Figura. 4. Publicado por OLYMPUS, pdf brochure en español. fecha de publicación NR, fecha de consulta 13/08/14. Disponible en: [http://cache.olympus-ims.com/downloads/storage/276824314/OmniScan\\_MX2\\_ES\\_A4\\_201308.pdf?\\_gda\\_=1420568867\\_abed26aa2f8b5897d15c1126d0d54d1c](http://cache.olympus-ims.com/downloads/storage/276824314/OmniScan_MX2_ES_A4_201308.pdf?_gda_=1420568867_abed26aa2f8b5897d15c1126d0d54d1c)
11. Figura. 5. Publicado por OLYMPUS, fecha de publicación NR, fecha de consulta 13/08/14.Disponible en: <http://www.olympus-ims.com/es/omniscan-ix/>
12. Figura. 6. Publicado por OLYMPUS, fecha de publicación NR, fecha de consulta 13/08/14. <http://www.olympus-ims.com/es/ut-flaw/epoch1000/>
13. Figura. 7. imagen sustraída de CIMA LTDA.

14. Figura. 8. Extraída de ILOGSA DE CV, archivo pdf pag 9. fecha de publicacion NR. Fecha de consulta 13/08/14. Disponible en: [http://www.llogsa.mx/descarga/files\\_catalogo/transductor/transductores\\_catalogo\\_ok.pdf](http://www.llogsa.mx/descarga/files_catalogo/transductor/transductores_catalogo_ok.pdf)
  
15. Figura 9. Imagen sustraída de OLYMPUS, Fecha de publicación NR, fecha de consulta 13/08/14. Disponible en: <http://www.olympus-ims.com/es/ndt-tutorials/instrumentation/ascan/>
  
16. Figura 10. Imagen sustraída de OLYMPUS, Fecha de publicación NR, fecha de consulta 13/08/14. Disponible en: <http://www.olympus-ims.com/es/ndt-tutorials/instrumentation/bscan/>
  
17. Figura 11. Imagen sustraída de OLYMPUS, Fecha de publicación NR, fecha de consulta 13/08/14. <http://www.olympus-ims.com/es/ndt-tutorials/instrumentation/pa-cscan/>

## ANEXOS

### 1. CARTA SOLICITUD PASANTÍA

Tunja, agosto 14 de 2014

Señores:

COMITÉ TRABAJO DE GRADO  
UNIVERSIDAD SANTO TOMAS DE AQUINO TUNJA  
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA  
Ciudad.

Cordial Saludo.

Respetuosamente me dirijo a ustedes a fin de poner en conocimiento y solicitarles su apoyo incondicional en el desarrollo de mi pasantía, actividad que voy a realizar como prerrequisito para poder optar al título de Ingeniero Mecánico.

Esta pasantía la voy a desarrollar en la COMPAÑÍA INTERNACIONAL DE MANTENIMIENTO CIMA LTDA. En la Ciudad de Bogotá la cual requiere de mi presencia los días lunes a jueves en horarios laborables y con la venia de ellos para poder asistir a mis tutorías programadas según horario acordado con los docentes de la Universidad; estaré bajo la supervisión del Sr. Edward Reyes Gerente Técnico de la misma quien generosamente accedió al convenio con nuestra Institución.

El objetivo principal de mi pasantía es el de diseñar un procedimiento para inspeccionar y certificar uniones por soldadura mediante la técnica NDT (Ensayos no Destructivos) en estructuras metálicas según la norma ASTM E 2700.

Sin otro particular y en espera de poder cumplir con las expectativas de la universidad,

Atentamente,

JUAN CAMILO MATAMOROS CAMARGO

Código 3091050

Estudiante último Semestre.

