

**REVISIÓN, ACTUALIZACIÓN Y ELABORACIÓN DE PROCEDIMIENTOS DE  
ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS EN LA EMPRESA C.I METAL MARINE  
INSPECCIÓN C.I.M.I PARA ESTAR ACORDE CON LOS AVANCES  
TECNOLÓGICOS Y CAMBIOS A LAS NORMAS INTERNACIONALES**



**PRESENTADO POR:**

**LIBARDO ANDRÉS MADARIAGA GUERRERO**

**UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS**

**INGENIERÍA MECÁNICA**

**MONTERIA – CÓRDOBA**

**ABRIL DE 2020**

**REVISIÓN, ACTUALIZACIÓN Y ELABORACIÓN DE PROCEDIMIENTOS DE  
ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS EN LA EMPRESA C.I METAL MARINE  
INSPECCIÓN C.I.M.I PARA ESTAR ACORDE CON LOS AVANCES  
TECNOLÓGICOS Y CAMBIOS A LAS NORMAS INTERNACIONALES**

**LIBARDO ANDRÉS MADARIAGA GUERRERO**

**EMPRESA:**

**C.I. METAL MARINE INSPECCION S.A.S**

**Trabajo de grado presentado, en la modalidad de práctica empresarial, como  
requisito para optar al título de Ingeniero Mecánico**

**TUTOR DOCENTE:**

**JIMY UNFRIED SILGADO, PhD**

**TUTOR EMPRESA:**

**YENY CÁRDENAS CASTELLANOS, ING. CIVIL**

**UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS**

**INGENIERÍA MECÁNICA**

**ABRIL DE 2020**

**Nota de aceptación**

---

---

---

---

---

**JIMY UNFRIED SILGADO, PhD**

**Director.**

---

**Jurado.**

---

**Jurado.**

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo de grado a mis padres, Libardo Antonio Madariaga y Lesky Guerrero por todo el apoyo incondicional que me brindaron en el transcurso de mi formación académica y como persona enseñándome siempre la importancia de los valores y la fidelidad a los seres amados.

A quien se convirtió en un pilar fundamental y me ayudo a encontrar fuerzas en los momentos que sentí que no tenía, a esta persona que es hoy la madre de mi hijo y compañera Aura Martínez

A mi hijo lían Andrés Madariaga Martínez, ya que tu llegada impulso el deseo de crecer como persona y profesionalmente para de esta forma brindarte todo lo que en tu vida necesites.

A todos mis compañeros de estudio con quienes compartí momentos de tristeza y felicidad en especial a aquellos que formaron vínculos de estrecha amistad conmigo y con esto lograron que el paso por la vida universitaria fuese más agradable a ustedes Marlon Castro, Juan Sotter, Mauricio Martínez, Juan Hernández muchas gracias por su amistad.

A los docentes que con su compromiso y dedicación lograron transmitir sus conocimientos y con ello se logró la formación de un profesional en ingeniería mecánica.

También a la empresa CI METAL MARINE INSPECCIÓN por darme la oportunidad de desarrollar esta práctica empresarial con ustedes y otorgar en mi la confianza para desempeñar correctamente los compromisos que se adquirieron.

# TABLA DE CONTENIDO

<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2. INFORMACIÓN DE LA EMPRESA .....</b>	<b>2</b>
<b>2.1 Presentación de la empresa .....</b>	<b>2</b>
<b>2.2 Historia.....</b>	<b>2</b>
<b>2.3 Misión.....</b>	<b>3</b>
<b>2.4 Visión.....</b>	<b>3</b>
<b>2.5 Estructura orgánica de la empresa MMI.....</b>	<b>3</b>
<b>2.6 Servicios ofrecidos por la empresa MMI .....</b>	<b>4</b>
<b>2.6.1 Líquidos penetrantes.....</b>	<b>4</b>
<b>2.6.2 Partículas magnéticas .....</b>	<b>5</b>
<b>2.6.3 Prueba hidrostática de tanques y líneas de hidrocarburos .....</b>	<b>5</b>
<b>2.6.4 Inspección por cámara de vacío.....</b>	<b>6</b>
<b>2.6.5 Prueba neumática de Manhole.....</b>	<b>7</b>
<b>2.6.6 Ultrasonido industrial.....</b>	<b>7</b>
<b>2.7 Instalación física .....</b>	<b>8</b>
<b>3. DIAGNÓSTICO .....</b>	<b>9</b>
<b>4. OBJETIVOS.....</b>	<b>11</b>
<b>4.1 Objetivo general .....</b>	<b>11</b>
<b>4.2 Objetivos específicos .....</b>	<b>11</b>
<b>5. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>12</b>
<b>5.1 Los ensayos de materiales.....</b>	<b>12</b>
<b>5.2 Ensayos Destructivos.....</b>	<b>13</b>
<b>5.3 Ensayos no Destructivos .....</b>	<b>13</b>
<b>5.3.1 Ventajas de los END.....</b>	<b>13</b>
<b>5.3.2 Limitaciones de los END.....</b>	<b>14</b>
<b>5.4 Métodos de END.....</b>	<b>15</b>
<b>5.4.1 Inspección superficial.....</b>	<b>15</b>
<b>5.4.2 Inspección volumétrica .....</b>	<b>15</b>
<b>5.4.3 Inspección de la integridad o hermeticidad .....</b>	<b>16</b>
<b>5.5 Tipos de ensayos no destructivos .....</b>	<b>16</b>
<b>5.5.1 Líquidos penetrantes.....</b>	<b>16</b>

5.5.2	<b>Ultrasonido Industrial</b> .....	18
5.5.3	<b>Cámara de Vacío</b> .....	24
<b>6</b>	<b>ACTIVIDADES PROGRAMADAS</b> .....	<b>25</b>
6.1	<b>Certificar al practicante en el área de los END</b> .....	25
6.2	<b>Revisión bibliográfica sobre los métodos de END</b> .....	25
6.3	<b>Diagnostico a los procedimientos de PT, CV y UT realizados por MMI</b> .....	25
6.4	<b>Elaborar procedimientos de END para los métodos PT, CV y UT</b> .....	26
6.5	<b>Calificación de los procedimientos por parte del personal dispuesto por MMI</b> .....	27
<b>7</b>	<b>ACTIVIDADES DESARROLLADAS</b> .....	<b>28</b>
7.1	<b>Certificación del practicante en END</b> .....	28
7.2	<b>Revisión bibliográfica</b> .....	28
7.2.1	<b>ASME sección V articulo 6</b> .....	29
7.2.2	<b>API 650</b> .....	30
7.2.3	<b>CÓDIGO AWS D1.1/D1.1M</b> .....	33
7.3	<b>DIAGNÓSTICO</b> .....	34
7.4	<b>Elaboración de procedimientos para los métodos de PT, CV y UT</b> .....	37
7.5	<b>Evaluación</b> .....	38
<b>8.</b>	<b>APORTES DEL ESTUDIANTE A LA EMPRESA</b> .....	<b>39</b>
8.1	<b>Diseño de estantería para equipos de PT, CV Y UT</b> .....	39
8.2	<b>Organización cronológica de los procedimientos realizados con anterioridad por MMI</b> 40	
8.3	<b>Participación en mantenimiento a bombas de combustible en el hotel islas (Cartagena, bolívar)</b> .....	40
<b>9.</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>43</b>
<b>10.</b>	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>45</b>
<b>11.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>46</b>
<b>12.</b>	<b>ANEXOS</b> .....	<b>48</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1. Métodos de inspección de la integridad o hermeticidad .....</b>	<b>16</b>
<b>Tabla 2. Etapas en la inspección por líquidos penetrantes (Alba, 2010) .....</b>	<b>17</b>
<b>Tabla 3. Métodos de aplicación de los líquidos penetrantes (Escalona, 2002).....</b>	<b>18</b>
<b>Tabla 4. Partes del palpador (olympus, 2011).....</b>	<b>21</b>
<b>Tabla 5. Pasos en la inspección por ultrasonido (Alfonzo R, 2007). .....</b>	<b>22</b>
<b>Tabla 6. Requerimientos para procedimientos de líquidos penetrantes (ASME, 2015).....</b>	<b>30</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

figura 1. Logo CI METAL MARINE INSPECCION .....	2
figura 2. Organigrama MMI .....	4
figura 3. Set de líquidos penetrantes.....	5
figura 4. Yunque magnético .....	5
figura 5. Prueba hidrostática a tanque almacenador horizontal.....	6
figura 6. Procedimiento cámara de vacío en tanque cilíndrico vertical.....	6
figura 7. Prueba neumática de manhole en tanque cilíndrico vertical .....	7
figura 8. Epoch 600 y escaneo con palpadores en eje .....	8
figura 9. Equipo ultrasonico Olympus epoch 600 .....	20
figura 10. Palpadores olympus .....	22
figura 11. Bloques de calibración .....	23
figura 12. Acoplantes para ultrasonido.....	24
figura 13. Prueba con cámara de vacío.....	24
figura 14. Listado de procedimientos revisados por el practicante .....	36
figura 15. Estantería para equipos de PT, CV y UT .....	39
figura 16. Mantenimiento a bombas surtidoras de combustible.....	41
figura 17. Realización de prueba hidrostática .....	42



## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1. Certificado "Introducción a los Ensayos No Destructivos" .....</b>	<b>48</b>
<b>Anexo 2. Libreta de notas .....</b>	<b>49</b>
<b>Anexo 3. Resultados comparativos del curso.....</b>	<b>50</b>
<b>Anexo 4. Encuesta para la recolección de información sobre el estado de los procedimientos en MMI.....</b>	<b>51</b>
<b>Anexo 5. Carta de recibo y aprobación de procedimientos .....</b>	<b>53</b>

## 1. INTRODUCCIÓN

Es de suma importancia para todo estudiante universitario poner en práctica lo aprendido durante el transcurso de su carrera, por tal razón el programa de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Córdoba ofrece entre sus opciones de grado la realización de práctica empresarial para aspirar al título de ingeniero mecánico. En esta modalidad de trabajo de grado el estudiante tiene la posibilidad de aplicar todo el conjunto de conocimientos adquiridos durante su formación académica lo que resulta beneficioso tanto para el estudiante como para la empresa sede de dicha práctica.

Teniendo en cuenta lo anteriormente mencionado el presente informe trata sobre el desarrollo de las prácticas empresariales realizadas en el área de ensayos no destructivos de la empresa C.I. METAL MARINE INSPECCION S.A.S en donde el objetivo principal fue la elaboración de procedimientos de ensayos no destructivos para los métodos de líquidos penetrantes, cámara de vacío y ultrasonido industrial.

Para alcanzar dicho objetivo el estudiante usó los conocimientos teóricos adquiridos en el transcurso de su carrera y los acoplo a las necesidades originadas en la práctica, además fue necesaria la certificación del practicante en ensayos no destructivos en los métodos solicitados para complementar sus conocimientos teóricos y de esta forma lograr un correcto desempeño de las obligaciones adquiridas con la empresa y con el programa de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Córdoba.

## 2. INFORMACIÓN DE LA EMPRESA

### 2.1 Presentación de la empresa

La empresa CI METAL MARINE INSPECCIÓN (MMI) está conformada por un grupo de profesionales con experiencia en la industria metalmecánica, naval y del petróleo, especializada en la realización de ensayos no destructivos y la asesoría en temas de construcción civil.



figura 1. Logo CI METAL MARINE INSPECCION (cardenas, 2014)

### 2.2 Historia

MMI fue fundada en el año 2011 y desde entonces se ha propuesto brindar un servicio de excelente calidad y confianza, es por esto que al día de hoy cuenta con personal técnico calificado y experimentado con varios años de servicios en las industrias metalmecánica, naval y del petróleo. MMI tiene a su disposición equipos modernos y apropiados para ejecutar trabajos con calidad y confiabilidad en las áreas de ensayos no destructivos (END), entre los que se encuentran los ensayos de líquidos penetrantes (PT), partículas magnéticas (PM), cámara de vacío (CV), prueba neumática de manhole (PN) y ultrasonido industrial (UT) (Castellanos, 2019).

Esta empresa ofrece servicios de inspección y evaluación ultrasónica en instalaciones petroleras, tanques almacenadores de combustibles, estructuras soldadas, tuberías de carga y

descarga e inspección a piezas soldadas a buques en diques. Así mismo en MMI se realizan aforos a tanques almacenadores de gases licuados del petróleo (GLP) (cardenas, 2014).

### **2.3 Misión**

Atender las necesidades de nuestros clientes en la industria en general, ofreciendo nuestros servicios de ensayos no destructivos, supervisión de proyectos y asesorías técnicas afines a nuestro objeto social teniendo como base equipo especializado operado por personal capacitado con los que se logre satisfacer las necesidades de los clientes.

### **2.4 Visión**

Fiel a su política de compromiso con sus clientes tiene como visión ser una de las entidades con mayor respaldo técnico en el país. De esta forma estar preparados para satisfacer las demandas y requerimientos que los clientes soliciten, finalmente resultando en un servicio de gran calidad y confianza.

### **2.5 Estructura orgánica de la empresa MMI**

La empresa **CI METAL MARINE INSPECCIÓN** tiene una estructura administrativa de orden jerárquico, donde el representante legal es la máxima autoridad de la empresa a este le rinden cuentas el gerente de operaciones de obras civiles y el gerente de servicios de inspección.

Es de suma importancia mencionar que esta empresa fue creada por la unión de los hermanos Cárdenas Castellanos y que la distribución de los cargos no delimita la autoridad que ejercen cada uno de ellos en diferentes sectores. En la siguiente figura se muestra el organigrama correspondiente a la empresa MMI.

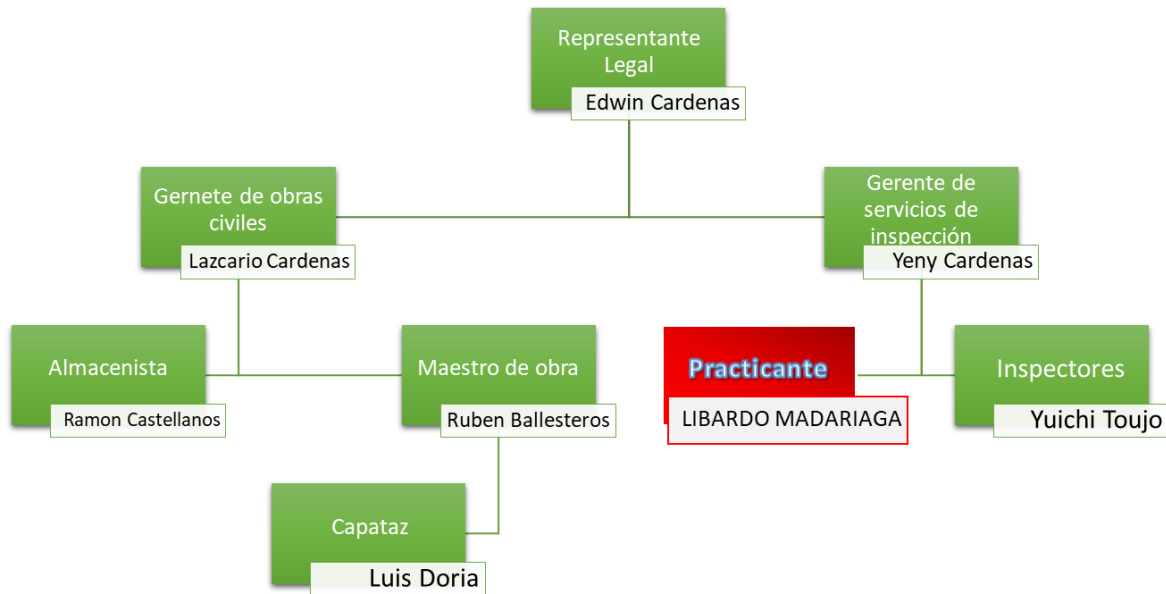


figura 2. Organigrama MMI (autores, 2019)

## 2.6 Servicios ofrecidos por la empresa MMI

La especialidad de la empresa MMI es la realización de END entre los que encontramos los siguientes.

### 2.6.1 Líquidos penetrantes

Con el objetivo de identificar discontinuidades de material a nivel superficial, se dispone de un set de líquidos penetrantes para su aplicación en soldaduras y materiales de interés. Este es el método más versátil y de mayor utilización en la industria, posee un gran poder de detección de discontinuidades abiertas a la superficie tales como: grietas, poros, corrosión, fatiga, falta de fusión, etc. Este método puede ser empleado con sistema visible o fluorescente dependiendo del tipo de discontinuidad esperada y las condiciones ambientales del área de trabajo.



figura 3. Set de líquidos penetrantes (ultrasound, 2014)

### 2.6.2 Partículas magnéticas

Este es un método de ensayo no destructivo utilizado en materiales con características ferro magnéticas. En este se emplea la inducción electromagnética en las piezas bajo inspección y al esparcir un polvo de alta permeabilidad que además posee propiedades magnéticas este se acumula en la discontinuidad para su detección. Puede ser utilizado con un sistema de luz natural visible o con luz negra ultravioleta.



figura 4. Yunque magnético (Cárdenas, 2014)

### 2.6.3 Prueba hidrostática de tanques y líneas de hidrocarburos

La empresa MMI realiza todo tipo de pruebas hidrostáticas en tanques y líneas de hidrocarburos manejando rangos de presión variados, para la longitud solicitada por el cliente y calibración de líneas bajo las normas y estándar de construcción requerido por los códigos del servicio de la línea; la empresa MMI suministra la instrumentación de los equipos de

llenado, se brinda asesoría y se elabora la prueba hidrostática de acuerdo con las especificaciones técnicas y ambientales pertinentes.



**figura 5. Prueba hidrostática a tanque almacenador horizontal. (autores, 2019)**

#### **2.6.4 Inspección por cámara de vacío**

La prueba con cámara de vacío se realiza para detectar fugas a través de la soldadura o por picaduras en las láminas del piso del tanque. La cámara de vacío es un ensayo que permite detectar si las uniones soldadas muestran estanqueidad, esto quiere decir que no deben existir discontinuidades que permitan que el sistema filtre.



**figura 6. Procedimiento cámara de vacío en tanque cilíndrico vertical. (Cárdenas, 2014)**

### 2.6.5 Prueba neumática de Manhole

Es una prueba de resistencia y hermeticidad con aire, se realiza de forma segura y protegiendo al medio ambiente donde se verifica las uniones soldadas efectuadas para empalmar secciones del Manhole.

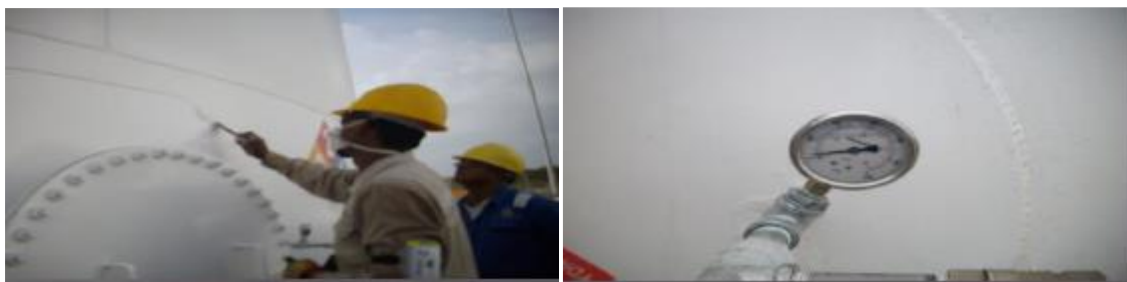


figura 7. Prueba neumática de manhole en tanque cilíndrico vertical. (cardenas, 2014)

### 2.6.6 Ultrasonido industrial

Se realiza para inspeccionar soldadura en metal base desde 8mm hasta 200mm a materiales de aceros de bajo y medio carbono, los cuales tengan características acústicas definidas y constantes. La empresa cuenta con personal fuertemente calificado en el método de ultrasonido donde se pueden realizar inspecciones a materiales para asegurar los estándares de acuerdo a la norma o especificaciones técnicas, entre otras:

- Ensayos UT Uniones Soldadura Estructuras Metálicas AWS D1.1
- Ensayos UT Uniones Soldadura Cañerías ASME, API,
- Ensayos UT Planchas ASTM
- Ensayos UT Ejes, Componentes de forja
- Ensayos UT Uniones Soldadura Estanques API 650

En el método de Ultrasonido se cuenta con equipo detector de fallas marca Olympus EPOCH 600, con representación A-Scan y Modalidad de congelamiento y captura de imágenes al



momento de realizar la Inspección siendo capaz de registrar las indicaciones encontradas en el momento y representarlas en el informe final.



**figura 8. Epoch 600 y escaneo con palpadores en eje. (cardenas, 2014)**

## **2.7 Instalación física**

La empresa CI METAL MARINE INSPECCIÓN S.A.S está ubicada en el departamento de bolívar, en la ciudad de Cartagena, localizada en el barrio los Alpes CL 31G TV 72 – 52 APTO. La planta física cuenta con un local de dos niveles en el cual se encuentra el almacén en un primer nivel donde se albergan los equipos de construcción y herramientas utilizadas para este fin, en el nivel inferior están las oficinas y equipos de END, cabe recalcar que la instalación física no es muy grande, por tal razón, se usa como punto de mando ya que las labores desempeñadas por MMI se realizan en las ubicaciones que precise el cliente.

### 3. DIAGNÓSTICO

En el transcurso de la práctica empresarial desarrollada en la empresa MMI se analizaron los procedimientos que se desarrollaron con anterioridad en esta, de este análisis se obtuvo información referente a los métodos, pasos y normas seguidas durante la ejecución de los END. En el caso de los procedimientos de interés para el presente informe se encontró que fueron realizados por personal especializado y correctamente capacitado pero que los métodos seguidos no estaban acordes con las actualizaciones que emiten las organizaciones reguladoras de los mismos, un ejemplo claro de la situación antes mencionada se encuentra en los procedimientos de END por el método de ultrasonido en estructuras soldadas bajo el estándar AWS en el cual se siguen la metodología y los lineamientos del código AWS D.1.1 de 2010, es necesario mencionar que el código citado se actualiza en lapsos de cinco años, y por este motivo los procedimientos realizados deben estar elaborados bajo la misma norma pero con la versión emitida en el 2015.

La revisión de los procedimientos de END que desarrolla MMI nos llevan a la conclusión de que en su gama de servicios los métodos que requieren atención debido a desactualización de las normas con los cuales se están realizando son los de PT, CV y UT, en gran medida la necesidad de actualizar estos procedimientos se debe a que:

Para el caso de PT no se cita explícitamente el criterio de aceptación bajo el cual se realizará el paso de examinación y/o evaluación lo que puede ser causa de análisis erróneos y emisión de informes equívocos, ya que, el criterio de aceptación varía dependiendo de si se evalúa bajo ASME B31.3, API 650 o API 1104. Estos criterios se mencionan claramente en los procedimientos realizados y entregados a MMI por el practicante.

Un caso similar se observa en el procedimiento de cámara de vacío donde en el ítem de *documentos de referencia* no se especifica cuáles serán dichos documentos, lo que provoca

perdida de repetitividad si el inspector decide utilizar un criterio u otro, caso similar ocurre si este procedimiento es desarrollado por inspectores diferentes, el criterio de aceptación cambiara a la par con el inspector que ejecute el procedimiento debido a que no se especifica cual debe seguir.

Por otra parte, en el procedimiento existente de UT se menciona que la calibración de los equipos debe ser verificada por ASTM E 2491 o por el fabricante del equipo cumpliendo con los rangos de desviación permitidos en AWS y/o ASME por lo menos cada año. Lo indicado seria contar con bloques patrones que permitan la calibración del equipo antes de realizar cada inspección, es decir, garantizar el correcto funcionamiento del equipo para así brindar un servicio de alta calidad y confiabilidad.

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1 Objetivo general**

Elaborar procedimientos de END para los métodos de líquidos penetrantes (PT), cámara de vacío (CV) y ultrasonido industrial (UT) en la empresa C.I METAL MARINE INSPECCIÓN para estar acorde con los avances tecnológicos y cambios en las normas internacionales.

### **4.2 Objetivos específicos**

1. Certificar al practicante en el área de END con el fin de que adquiriera la documentación y conocimientos necesarios para realizar sus labores.
2. Ejecutar un diagnóstico a los procedimientos de END que se llevan a cabo en la empresa MMI específicamente para los métodos de líquidos penetrantes, cámara de vacío y ultrasonido industrial.
3. Elaborar los procedimientos de END en los métodos líquidos penetrantes, cámara de vacío y ultrasonido industrial bajo las normas y estándares de ASME sección V artículo 6, API 650 y AWS D1.1/D1.1M respectivamente.

## 5. MARCO TEÓRICO

### 5.1 Los ensayos de materiales

Los ensayos de materiales son pruebas que evalúan las propiedades mecánicas, físicas y químicas de los productos que las industrias fabrican, los productos que estas consumen y los materiales que se usan. Estos ensayos sirven para determinar las características específicas de los materiales, como la composición química y las propiedades mecánicas y metalúrgicas; así mismo permiten detectar, dimensionar y evaluar discontinuidades o defectos como grietas, inclusiones de escoria y falta de penetración y fusión incompletas (Alfonzo R, 2007).

Los ensayos de materiales se usan para aplicaciones de prueba y mejora de materiales, con ellos se busca detectar y evaluar defectos en la industria del metal, para análisis de fallas y para la investigación básica de la resistencia de materiales (SGS, 2019).

Existen dos tipos de ensayos de materiales los cuales son los ensayos destructivos y los ensayos no destructivos (END), la diferencia fundamental que existe entre estos tipos de pruebas es la condición final de las propiedades físicas, químicas, mecánicas o dimensionales del material o componente sujeto a inspección una vez finalizado el ensayo. En los ensayos destructivos una o varias de las características antes mencionadas se alteran de forma permanente y la muestra queda destruida o inservible, caso contrario ocurre con los ensayos no destructivos donde no hay alteración permanente de las propiedades de la muestra y esta se puede usar o reparar (Alfonzo R, 2007).

## **5.2 Ensayos Destructivos**

Los ensayos destructivos son métodos físicos directos que alteran o dañan de forma permanente las propiedades físicas, mecánicas o dimensionales del material, parte o componente sujeto a inspección. Estos ensayos sirven para conocer las propiedades intrínsecas (mecánicas, químicas y físicas) de un material como: resistencia a la tensión, tenacidad, dureza, resistencia al desgaste o a la corrosión. Estos ensayos solo se realizan a muestras representativas obtenidas de un lote de producto (Alfonzo R, 2007).

Existe una gran variedad de ensayos no destructivos entre los cuales el más representativo es el ensayo de tensión con el cual se determina la resistencia de los materiales bajo esfuerzos de tracción, estos esfuerzos son normales perpendiculares al plano sobre el que actúan y son producto de fuerzas cuyas direcciones se apartan de tal plano.

## **5.3 Ensayos no Destructivos**

Los ensayos no destructivos son métodos físicos indirectos, que no dañan o alteran de forma permanente las propiedades del material, parte o componente sujeto a inspección. Estos métodos aprovechan fenómenos como: la capilaridad de los líquidos, la alteración de los campos magnéticos, la transmisión del sonido y la opacidad al paso de la radiación, en dichos fenómenos se basaron para elaborar las pruebas de líquidos penetrantes, partículas magnéticas, ultrasonido industrial y radiografía industrial respectivamente (SCI, 2018)

### **5.3.1 Ventajas de los END**

las principales ventajas de los END son:

- El material inspeccionado es útil después de la inspección si resulta estar sano.
- No es necesario detener la producción, ya que, no son pruebas invasivas.

- Se aplican relativamente rápido.
- Son aplicables en procesos de producción con un control automatizado.
- Los resultados son repetibles y reproducibles.
- El material ensayado es considerado como pérdida solo cuando este es diagnosticado como defectuoso.
- Aumentan la seguridad y confiabilidad de un producto.
- Se pueden emplear en cualquier parte del proceso de producción.

### **5.3.2 Limitaciones de los END**

Las principales limitaciones de los END son que:

- La adquisición de los equipos conlleva a gastos elevados; pero esto se justifica al analizar la relación costo-beneficio; en especial en lo referente a tiempos muertos en las líneas de producción.
- Sus determinaciones son solo cualitativas o semicuantitativas.
- El personal que realiza los END debe estar capacitado, calificado y certificado; además de contar con experiencia para interpretar correctamente las indicaciones y evaluar los resultados.
- Sus resultados están directamente relacionados con el patrón de referencia empleado en la calibración.
- Cuando no se cuenta con procedimientos de inspección debidamente preparados y calificados, o cuando no hay patrones de referencia o calibración adecuados, distintos inspectores pueden interpretar una misma indicación de forma diferente.

## **5.4 Métodos de END**

Los ensayos no destructivos se clasifican según el tipo de discontinuidades errores o fallas buscadas en: inspección superficial, inspección volumétrica y por último inspección de la integridad o hermeticidad.

### **5.4.1 Inspección superficial**

La inspección superficial permite detectar discontinuidades abiertas o cercanas a la superficie del material o pieza en inspección. Los métodos de inspección superficial son: inspección visual (VT), líquidos penetrantes (PT), partículas magnéticas (MT) y electromagnetismo (ET) este último dividido en corrientes de Eddy y campo remoto).

Los métodos de inspección superficial muy comúnmente se usan en combinación con el objetivo de alcanzar resultados más confiables. La inspección visual y los líquidos penetrantes detectan discontinuidades y defectos abiertos a la superficie; por otra parte, las partículas magnéticas y el electromagnetismo evalúa discontinuidades subsuperficiales, siempre y cuando estas no sean profundas (6mm).

### **5.4.2 Inspección volumétrica**

Los métodos de inspección volumétrica se usan para detectar los daños o discontinuidades dentro del material, parte o componente inspeccionado que no son visibles en la superficie de la pieza. Los métodos de inspección volumétrica son: ultrasonido industrial (UT), radiografía industrial (RT) y emisión acústica (AET).



### 5.4.3 Inspección de la integridad o hermeticidad

En este método se verifica la capacidad de un recipiente para almacenar un fluido (sólido o gaseoso) a presiones iguales o desiguales a la presión atmosférica; pero sin que existan pérdidas apreciables de presión o volumen del fluido de prueba en un lapso de tiempo estipulado. En resumen estos métodos indican si un recipiente tiene fugas o no. Los métodos de inspección de la integridad o de la hermeticidad son los mostrados en la siguiente tabla.

Métodos		Siglas en inglés
Pruebas por cambios de presión	Hidrostática	HLT
	Neumática	PLT
Pruebas por pérdidas de fluidos	Cámara de burbujas	BLT
	Detector de halógenos	SLT
	Espectrómetro de masas	---
	Detector ultrasónico	ULT

**Tabla 1. Métodos de inspección de la integridad o hermeticidad (Alfonzo R, 2007)**

### 5.5 Tipos de ensayos no destructivos

Como se ha mostrado en el desarrollo del presente informe existen diferentes y variados métodos de ensayos, por tal motivo a continuación se hará un énfasis únicamente en aquellos tipos de ensayos no destructivos que son de interés para la finalidad del presente informe.

#### 5.5.1 Líquidos penetrantes

Los líquidos penetrantes se identifican por medio de las siglas PT (*penetran testing*) son un método de inspección superficial de tipo físico-químico, este consiste en la utilización de un

líquido coloreado o fluorescente para detectar indicaciones de posibles discontinuidades. Este método se basa en la propiedad de alta capilaridad presente en algunos líquidos que les permite filtrarse a través de las discontinuidades., dicha acción capilar se combina con otras propiedades físicas para de esta forma y con la utilización de una sustancia denominada revelador el líquido que penetra en la discontinuidad emerge a la superficie y genera una indicación visible de la misma (Alba, 2010).

Los líquidos penetrantes permiten detectar y exponer discontinuidades presentes en la superficie de los materiales y detectar discontinuidades sub-superficiales siempre que estas estén abiertas a la superficie. Con los PT el inspector es capaz de evaluar grietas, porosidades, traslapes, costuras y otras discontinuidades superficiales de forma rápida y con un alto grado de confiabilidad.

La realización de la inspección por PT abarca una serie de etapas, estas se muestran en la tabla 2.

<b>Etapas</b>	<b>Descripción</b>
<b>1</b>	Preparación de la superficie
<b>2</b>	Aplicación del penetrante
<b>3</b>	Tiempo de penetración
<b>4</b>	Remoción del exceso de penetrante
<b>5</b>	Aplicación de revelador
<b>6</b>	Tiempo de revelado
<b>7</b>	Inspección, interpretación y evaluación
<b>8</b>	Limpieza final

**Tabla 2. Etapas en la inspección por líquidos penetrantes (Alba, 2010)**

Existe una gran variedad de líquidos, marcas y métodos con los cuales se puede realizar la inspección por PT. Una muestra de esta variedad se evidencia en la siguiente tabla.

<b>Método de aplicación</b>	<b>Tipo de líquido empleado</b>
TIPO I	Penetrantes fluorescentes
TIPO II	Tintas permanentes o visibles
PROCESO A	Penetrante lavable en agua
PROCESO B	Penetrante postemulsificado
PROCESO C	Penetrante removible con solvente
REVELADOR SECO	Grano fino
REVELADOR NO ACUOSO	Suspensión adsorbente aplicada por rocío
REVELADOR HÚMEDO	Suspensión adsorbente de polvo en agua aplicada por inmersión

**Tabla 3. Métodos de aplicación de los líquidos penetrantes (Escalona, 2002).**

### **5.5.2 Ultrasonido Industrial**

El ultrasonido industrial abreviado UT (*Ultrasonic Testing*) se encuentra entre los métodos de inspección volumétrica, este consiste en atravesar el material, parte o componente inspeccionado con las vibraciones mecánicas generadas por una onda ultrasónica, dichas vibraciones se propagan en el cuerpo examinado y se origina el fenómeno de reflexión cuando se encuentran con discontinuidades. La onda se refleja hasta su fuente de emisión si la discontinuidad se encuentra en una posición normal en relación al haz incidente (SCI control & inspeccion, 2018).

Cuando se somete un material al ultrasonido, sus partículas vibran a la misma frecuencia que el ultrasonido, es decir, las partículas del material reaccionan al choque de la onda ultrasónica. Ahora bien, la propagación de una onda ultrasónica se caracteriza porque en ella se transporta energía y no masa. Esto significa que cuando un material se encuentra en equilibrio elástico y se le aplica cierta cantidad de energía, las partículas superficiales comunican la energía recibida a las partículas vecinas, esta propagación continua a través de todas las partículas del material mientras este permanece prácticamente estático. El método de ultrasonido hace uso de esta característica para detectar discontinuidades internas, ya que, las vibraciones que atraviesa un material se comportan de manera distinta si el material es uniforme (está sano) o si posee discontinuidades (está dañado) (ASM , 2018)

Los equipos y consumibles empleados en la inspección por UT son: equipo ultrasónico (en el caso de MMI EPOCH 600), palpadores, bloques de calibración y acoplantes.

El equipo ultrasónico es la herramienta física fundamental de la inspección ultrasónica y aunque existe una evolución notable entre los primeros equipos ultrasónicos y los modernos, existen características y funciones que permanecen constantes como por ejemplo las partes básicas que estos equipos que son: suministro de energía, circuito de reloj, tubo de rayos catódicos, generador de barrido, circuito transmisor, circuito receptor, pantalla, cable coaxial, terminales y por ultimo un indicador de batería. En la siguiente figura se muestra un equipo ultrasónico.



**figura 9. Equipo ultrasónico Olympus epoch 600 (oceanscan, 2012)**

El palpador o transductor es el elemento que transforma la energía eléctrica en energía mecánica o vibraciones (ultrasonido) y viceversa, este elemento permite manipular un material piezoeléctrico para hacer una inspección ultrasónica. Comúnmente el palpador está compuesto por los componentes mostrados en la siguiente tabla.

<b>PARTE</b>	<b>FUNCIÓN</b>
Carcasa metálica, que es un envoltorio del cristal del material piezoeléctrico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Blindar el transductor</li> <li>• Proporciona resistencia mecánica</li> <li>• Facilita la manipulación</li> </ul>
Placa protectora	Proteger al transductor del desgaste por abrasión
Transductor, que es una pequeña placa de material piezoeléctrico	Transformar la energía eléctrica en vibraciones (ultrasonido) y viceversa

Electrodos	Conducir la energía eléctrica hasta el transductor
Material de respaldo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Soportar al transductor</li> <li>• Amortiguar las vibraciones mecánicas</li> <li>• Absorber las vibraciones generadas en el sentido opuesto al deseado</li> </ul>
Conector	Conectar el cable coaxial con los electrodos del palpador
Cable coaxial	Transmitir pulsos eléctricos del equipo al palpador y viceversa

**Tabla 4. Partes del palpador (olympus, 2011)**

Los pasos que comprende la inspección por ultrasonido se muestran en la tabla 5.

<b>Etapa</b>	<b>Descripción</b>
<b>1. Preparación de la superficie</b>	Asegurar que sobre la pieza examinada no existan contaminantes
<b>2. Generación del haz ultrasónico</b>	Conversión de energía eléctrica en energía mecánica
<b>3. Transmisión del haz ultrasónico en el material</b>	Viaje del ultrasonido en el interior del material
<b>4. Procesamiento del eco ultrasónico</b>	Conversión del eco ultrasónico en una imagen interpretable

<b>5. Interpretación de la señal</b>	Localizar las indicaciones registradas en el oscilograma
<b>6. Evaluación de la indicación</b>	Detectar las discontinuidades, determinar su tipo y tamaño
<b>7. Limpieza final</b>	Evitar que queden sustancias como el acoplante en la superficie del material que puedan interferir con el uso posterior a la inspección.

**Tabla 5. Pasos en la inspección por ultrasonido (Alfonzo R, 2007).**

En la figura 10 se muestran diversos tipos de palpadores, estos se seleccionan según sea el tipo de discontinuidad buscada y la forma geométrica de la pieza inspeccionada.



**figura 10. Palpadores Olympus (olympus, 2011)**

Continuando con los elementos que componen una máquina de ultrasonido tenemos los bloques de calibración también llamados bloques de prueba o de referencia, estos ya sean únicos o en juegos, son los patrones de referencia con los que: se calibra el equipo ultrasónico, se ajusta el sistema de inspección y por último se evalúan las discontinuidades encontradas.

Estos bloques de referencia se usan como escala de medición y como un medio para proporcionar una reflexión ultrasónica de características conocidas (ASME, 2019)



**figura 11. Bloques de calibración (conferencia mexicana de pruebas no destructivas, 2015)**

Como último elemento que conforma las máquinas de UT tenemos los acoplantes, estos son compuestos orgánicos en estado líquido más o menos viscoso, que se usan como medio acústicamente conductor interpuesto entre el palpador y el material que se inspecciona. Los acoplantes desplazan la fina capa de aire presente entre el palpador y el material inspeccionado, esto es útil debido a que, el aire y todos los gases atenúan fuertemente el sonido, entonces al eliminar el espacio de aire entre el palpado y la muestra se conserva en mayor medida la intensidad de la energía de la onda ultrasónica. Existen acoplantes con diversos grados de viscosidad, esto se debe a que cuanto mayor es la rugosidad superficial, mayor debe ser la viscosidad del acoplante. Los que se usan con mayor frecuencia son: gel de celulosa, pasta de celulosa, agua y queroseno en la figura 12 se muestran algunos tipos de acoplantes.





**figura 12. Acoplantes para ultrasonido (Olympus, 2016)**

### **5.5.3 Cámara de Vacío**

El ensayo por cámara de vacío o cámara de burbujas es un método de inspección no destructivo que se encuentra entre los métodos de inspección de la hermeticidad, la cámara de vacío es una prueba no destructiva que nos permite, inspeccionar uniones de soldadura, en los pisos de tanques, estructuras etc. Generalmente es muy útil en la detección de fugas de tanques de almacenamiento, durante su fabricación o el mantenimiento preventivo, es de gran ayuda para encontrar filtraciones de líquidos en plantas químicas o petroleras (SIC, 2013).

Para realizar esta prueba, se aplica una solución jabonosa, sobre el área a inspeccionar, se coloca una cámara de vacío perfectamente hermética y se aplica succión, lo que hace que la solución jabonosa reaccione generando burbujas, revelando las áreas con fuga.



**figura 13. Prueba con cámara de vacío (metal marine inspeccion, 2014)**

## **6 ACTIVIDADES PROGRAMADAS**

### **6.1 Certificar al practicante en el área de los END**

El practicante cursara una serie de capacitaciones con el fin de enriquecer sus conocimientos en el área de END específicamente para los métodos de PT, CV y UT. El costo de dichas capacitaciones será asumido por la empresa MMI, así mismo, MMI determinara cuáles serán los cursos necesarios y el lugar de realización de estos. Por otra parte, la capacitación del practicante se complementará con la asistencia y observación a la realización de los procedimientos de END en campo, esto le permitirá al practicante profundizar sus conocimientos teóricos y aprender a aplicarlos en campo.

### **6.2 Revisión bibliográfica sobre los métodos de END**

Se consultará literatura afín con el objeto de estudio del presente informe en las bases de datos que facilita la Universidad de Córdoba y se estudiarán aquellos manuales, documentos, archivos multimedia, etc. Que sean proporcionados por la entidad seleccionada para la capacitación del practicante. Además, la revisión bibliográfica será nutrida por fuentes externas (informes, tesis, publicaciones, conferencias, etc.) que traten los temas de interés. Para terminar la revisión bibliográfica se hará un estudio específico de las normas que se seguirán para la elaboración de los END requeridos por MMI.

### **6.3 Diagnóstico a los procedimientos de PT, CV y UT realizados por MMI**

MMI cuenta con un registro bibliográfico de los procedimientos que ha realizado a distintos clientes, estos procedimientos serán estudiados por el practicante para determinar si es necesaria una actualización o reconstrucción total de los mismos.

Si durante la estadía del practicante en MMI se solicitan procedimientos de inspección de PT, CV y UT. El practicante asistirá a la realización de estos como observador para de esta forma familiarizarse con la puesta en práctica de dichos procedimientos.

Para concluir el diagnóstico se realizan entrevista a los inspectores para obtener información primaria sobre el estado de los procedimientos de MMI. Las entrevistas contendrán tópicos como:

- métodos usados para la inspección
- cuales códigos, normas o estándares se están siguiendo
- nivel de capacitación del inspector
- herramientas usadas
- última calibración de los equipos (si lo requiere)
- quienes evalúan el trabajo realizado
- parámetros de seguridad en el campo
- control de calidad

Por otra parte, será necesaria la identificación de aspectos como: materiales utilizados, herramientas y normas.

#### **6.4 Elaborar procedimientos de END para los métodos PT, CV y UT**

Una vez el practicante este familiarizado con los procedimientos de realiza MMI, obtenga la certificación en END y emita el diagnóstico del estado de los procedimientos de la empresa este elaborará los ensayos de destructivos para los métodos solicitados por MMI, deberá tener en cuenta las actualizaciones a las normas, así como los parámetros de reglamentación y control de seguridad exigidos por la empresa.

### **6.5 Calificación de los procedimientos por parte del personal dispuesto por MMI**

Se entregarán los procedimientos elaborados por el practicante a el jefe de servicios de inspección, este emitirá su veredicto de aceptación o rechazo conforme sea el caso. Si los procedimientos son aceptados se darán por concluidos los compromisos adquiridos entre el practicante con la empresa MMI. En caso contrario este tendrá un tiempo para presentar nuevamente sus procedimientos.

## **7 ACTIVIDADES DESARROLLADAS**

### **7.1 Certificación del practicante en END**

la empresa CI METAL MARINE INSPECCION recomienda al estudiante la realización de cursos que lo certifiquen como inspector de END, para ello y por medio de la empresa CH&M (Checking & Mentoring NDT) se inscribe al practicante en el curso introducción a los ensayos no destructivos. Dicho curso tiene como finalidad dar a conocer las diferentes técnicas de END empleadas en la actualidad en la inspección, su fundamentación, aplicaciones, ventajas y desventajas, así como la normatividad aplicable. El curso tiene una duración de una a tres semanas de manera virtual y tres días de manera presencial (CH&M, 2019).

Con la realización del curso introducción a los END el practicante recibió un certificado de participación que acredita su asistencia a esta actividad. Se realizaron evaluaciones por cada uno de los capítulos tratados en el curso, la nota promedio para obtener la aprobación del curso deberá ser mayor o igual al 80%. Dicho certificado se encuentra en el anexo 1 del presente informe.

### **7.2 Revisión bibliográfica**

En el transcurso del curso antes mencionado se estudiaron las normas que aplican a los procedimientos de interés las cuales son ASME sección V artículo 6 para tintas penetrantes, API 650 para cámara de vacío y AWS D1.1/D1.1M para pruebas de ultrasonido. Estas normas se complementan con los criterios de aceptación establecidos ya sea por los clientes, o por los métodos usados en la elaboración del material, parte o componente inspeccionado. Fue necesaria además la consulta en bases de datos, manuales suministrados por CH&M, así como publicaciones externas que tratan sobre los métodos de END de interés.

la revisión bibliográfica sobre las normas aplicables a los métodos de PT, CV y UT brindo información de gran interés e importancia para la elaboración de los procedimientos. A continuación, se detallarán las normas estudiadas.

### **7.2.1 ASME sección V artículo 6**

Se estudió la norma ASME sección V de 2015, específicamente lo referente al artículo 6 de dicha norma en donde se trata sobre la examinación por líquidos penetrantes el cual es un medio efectivo para detectar discontinuidades superficiales o abiertas a la superficie de metales no porosos y otros materiales. La norma establece un procedimiento general en el cual se debe aplicar un líquido penetrante sobre la superficie a examinar, y se le permite que entre en las discontinuidades. Luego se elimina el penetrante en exceso, la parte se seca, y es aplicado un revelador, dicho revelador funciona como secante para absorber el penetrante que ha fluido en las discontinuidades, y como un contraste de fondo que aumenta la visibilidad de las indicaciones del penetrante (ASME, 2015).

Esta norma establece que los procedimientos escritos de líquidos penetrantes deberán contener como mínimo, los requerimientos listados en la tabla T-621.1 de dicha norma, lo que será en el orden de este informe la tabla 6. Además, en esta norma se encuentra información relacionada con el desarrollo de los pasos a seguir durante la ejecución del procedimiento.

Tabla T – 621.1 Requerimientos de un Procedimiento de Examinación por Líquidos Penetrantes		
Requerimientos	Variables Esencial	Variables No Esencial
Identificación de, y cualquier cambio en el tipo o grupo de familia de materiales penetrantes, emulsificadores, etc.	X	----
Preparación superficial (acabado y limpieza, incluyendo el tipo de solvente de limpieza).	X	----
Método de aplicación del penetrante	X	----
Método de remoción del exceso del penetrante de la superficie.	X	----
Concentración y tiempo de permanencia del emulsificador Hidrofilico y Lipofilico y tanques de inmersión, tiempo de agitación para emulsificadores Hidrofilicos.	X	----
Concentración del emulsificador Hidrofilico en aplicaciones por rociado.	X	----
Método de aplicación del revelador.	X	----
Periodos de tiempo mínimo y máximo entre pasos y ayudas de secado.	X	----
Disminución en el tiempo de permanencia del Penetrante.	X	----
Incremento en el tiempo de permanencia del Revelador. (Tiempo de interpretación).	X	----
Intensidad de iluminación mínima.	X	----
Temperatura superficial externa de 40°F hasta 125°F (5°C Hasta 52°C) o como fue previamente calificado.	X	----
Demostración de habilidad cuando se requiera.	X	
Requerimientos de la calificación del personal.	----	X
Materiales, formas, o tamaños a ser examinado y la extensión de la examinación.	----	X
Técnica de limpieza posterior a la examinación.	----	X

Tabla 6. Requerimientos para procedimientos de líquidos penetrantes (ASME, 2015).

### 7.2.2 API 650

Contempla el diseño, construcción y monitoreo de tanques de acero soldados para el almacenamiento de petróleo y sus derivados, dentro del alcance de este código están incluidos aquellos tanques en los cuales se almacenan fluidos líquidos y diseñados para soportar una presión atmosférica menor a 18kPa, o presiones internas que no excedan el peso del techo, con temperaturas no mayores a 93°C (hasta 260°C con ciertas restricciones contenidas en el anexo M del código mencionado). (trenti, tanques de almacenamiento API 650, 2017)

Este estándar cubre el diseño y cálculo de los elementos constitutivos del tanque. En vista de los materiales de fabricación, se sugieren secuencias en la erección del tanque, recomendación de procedimientos de soldaduras, pruebas e inspecciones, así como lineamientos para su operación.

El estándar API 650 cubre los requisitos mínimos para diseño, fabricación, instalación, materiales e inspección de tanques cilíndricos verticales, no refrigerados, con techo abierto o cerrado, construidos con chapas de acero soldadas.

El estándar API 650 sólo cubre aquellos tanques en los cuales se almacenan fluidos líquidos y están construidos de acero con el fondo uniformemente soportado por una cama de arena, grava, hormigón, asfalto, etc.; diseñados para soportar una presión de operación atmosférica (menor a 18 kPa) o presiones internas que no excedan el peso del techo por unidad de área y una temperatura de operación no mayor de 93° C. Adicionalmente, los requerimientos contenidos en éste código aplican sólo a tanques que no se usen para servicios de refrigeración. (trenti, tanques de almacenamiento, parte 1: codigos,materiales, diseño, pared, fondo, placa anular, 2017)

El código no se basa en tamaños estándar o prefijados de tanques, por el contrario, permite al diseñador mediante los distintos requerimientos seleccionar el tamaño que mejor resulte para cada aplicación.

El código se divide en diez partes y veintisiete anexos. A continuación, se listan los puntos mencionados:

***Cuerpo principal:***

- Sección 1: alcance. Indica los requerimientos generales, limitaciones, responsabilidades y los requerimientos de documentación.



- Sección 2: referencias. Menciona las normativas, códigos y especificaciones citadas en el código. La última edición disponible debe ser utilizada, a menos que se indique lo contrario.
- Sección 3: definiciones. Lista la terminología que se utiliza en el código, con la interpretación en cada caso.
- Sección 4: materiales. Esta sección señala los requisitos mínimos de chapas, barras, perfiles, tubos, bridas, pernos, consumibles de soldadura, etc.
- Sección 5: diseño. Establece las exigencias en cuanto a uniones soldadas, consideraciones de diseño, chapas del fondo, chapas anulares, envolvente, anillos intermedios y superiores, techos, efectos del viento y anclaje de tanques.
- Sección 6: fabricación. Requerimientos generales de fabricación e inspección en taller.
- Sección 7: izado. Contempla las distintas exigencias durante el izado de los tanques como son: detalles de soldadura, ensayos, inspección y reparaciones, tolerancias dimensionales.
- Sección 8: métodos de inspección de uniones. Examen radiográfico, partículas magnéticas, ultrasonido, líquidos penetrantes, examen visual y prueba de vacío.
- Sección 9: procedimientos y calificación de soldadores. Requisitos mínimos para confección y aprobación de procedimientos de soldadura y soldadores.
- Sección 10: identificación y responsabilidad. Placa de características, división de responsabilidades, certificación.

### 7.2.3 CÓDIGO AWS D1.1/D1.1M

El código AWS D1.1 contiene los requerimientos para la fabricación y el montaje de estructuras de acero soldadas, además este código cubre los requerimientos para cualquier tipo de estructura soldada realizada con acero al carbono y de baja aleación para construcción (AWS, 2015).

El código está constituido por 8 secciones las cuales son:

**Sección 1.** Requerimientos generales: Esta sección contiene información básica sobre las generalidades y las limitaciones del Código.

**Sección 2.** Diseño para las conexiones soldadas: Esta sección contiene los requerimientos para el diseño de las conexiones soldadas compuestas de piezas tubulares o no-tubulares.

**Sección 3.** Precalificación: Esta sección contiene los requerimientos sobre las excepciones de los WPS. (Welding Procedure Specification; “Procedimientos de Soldadura Especificados”) en cuanto a los requerimientos de calificación de este Código.

**Sección 4.** Calificación: Esta sección contiene los requerimientos de WPS y para el personal de soldadura (soldadores, operadores de soldaduras y pinchadores) que se necesitan para realizar el trabajo de acuerdo al Código.

**Sección 5.** Fabricación: Esta sección contiene los requerimientos, para la preparación, el armado estructural y la mano de obra para las estructuras de acero soldadas.

**Sección 6.** Inspección: Esta sección contiene los criterios para las calificaciones y responsabilidades de los Inspectores, los criterios de aceptación para la producción de soldaduras y los procedimientos oficiales para realizar la inspección visual y los ensayos no destructivos NDT (Nondestructive Testing).

**Sección 7.** Soldadura “Stud”: Esta sección contiene los requerimientos de los conectores de corte en el acero estructural.

**Sección 8.** Refuerzo y reparación de las estructuras existentes: Esta sección contiene información básica pertinente para las modificaciones de las soldaduras o la reparación de las estructuras de acero existentes.

En MMI se realiza el procedimiento de UT para inspeccionar soldadura en metal base desde 8mm hasta 200mm a materiales de aceros de bajo y medio carbono, los cuales posean características acústicas definidas y constantes. Se inspecciona soldadura a tope con geometría en V simple y en X, bajo la norma AWS D.1.1, con el estudio de dicha norma se determinan los estándares de aceptación AWS D1.1, D1.4 y D14.1. En espesores entre 6 y 8 mm se realizará la inspección bajo el anexo S del código AWS D1.1.

### **7.3 DIAGNÓSTICO**

La empresa MMI se especializa en la inspección por ensayos no destructivos, a lo largo de su trayectoria ha realizado diversos procedimientos para distintos clientes. Cada uno de estos procedimientos que cuenten con documentación fueron revisados por el practicante, en la siguiente tabla se muestran los procedimientos estudiados y revisados por el practicante en su estadía en MMI

No. CERTIFICADO	DESCRIPCION
<a href="#">001-2203-2019</a>	PROCEDIMIENTO DE TINTAS PENETRANTES EN TK 30051
<a href="#">002-2203-2019</a>	PROCEDIMIENTO DE TINTAS PENETRANTES EN TK 30051
<a href="#">003-2303-2019</a>	PROCEDIMIENTO DE TINTAS PENETRANTES EN TK 30051
<a href="#">004-2203-2019</a>	PROCEDIMIENTO DE INSPECCION VISUAL EN SOLDADURAS FONDO Y BOQUILLAS Y MANHOLES TK 30051
<a href="#">005-2903-2019</a>	PROCEDIMIENTO DE PRUEBA CON CAMARA DE VACIO EN SOLDADURAS FONDO TK 30051
<a href="#">006-2203-2019</a>	PROCEDIMIENTO DE INSPECCION PRUEBA NEUMATICA EN SOLDADURAS BOQUILLAS Y MANHOLES TK 30051
<a href="#">007-0404-2019</a>	PROCEDIMIENTO DE INSPECCION PRUEBA HIDROSTATICA TK 30051 VERIFICACION DE ACENTAMIENTO DE BORDE TANQUE
<a href="#">007-0604-2019</a>	PROCEDIMIENTO DE INSPECCION PRUEBA HIDROSTATICA TK 30051 VERIFICACION DE ACENTAMIENTO DE BORDE TANQUE
<a href="#">007-0804-2019</a>	PROCEDIMIENTO DE INSPECCION PRUEBA HIDROSTATICA TK 30051 VERIFICACION DE ACENTAMIENTO DE BORDE TANQUE
<a href="#">007-0904-2019</a>	PROCEDIMIENTO DE INSPECCION PRUEBA HIDROSTATICA TK 30051 VERIFICACION DE ACENTAMIENTO DE BORDE TANQUE
<a href="#">007-1004-2019</a>	PROCEDIMIENTO DE INSPECCION PRUEBA HIDROSTATICA TK 30051 VERIFICACION DE ACENTAMIENTO DE BORDE TANQUE
<a href="#">008-0404-2019</a>	PROCEDIMIENTO DE INSPECCION PRUEBA HIDROSTATICA TK 30051 VERIFICACION DE VERTICALIDAD EXTERNA
<a href="#">008-0604-2019</a>	PROCEDIMIENTO DE INSPECCION PRUEBA HIDROSTATICA TK 30051 VERIFICACION DE VERTICALIDAD EXTERNA
<a href="#">008-0904-2019</a>	PROCEDIMIENTO DE INSPECCION PRUEBA HIDROSTATICA TK 30051 VERIFICACION DE VERTICALIDAD EXTERNA
<a href="#">008-1004-2019</a>	PROCEDIMIENTO DE INSPECCION PRUEBA HIDROSTATICA TK 30051 VERIFICACION DE VERTICALIDAD EXTERNA
<a href="#">009-0-0904-2019</a>	PROCEDIMIENTO DE INSPECCION PRUEBA HIDROSTATICA TK 30051 VERIFICACION DE REDONDES EXTERNA TANQUE
<a href="#">009-1-0904-2019</a>	PROCEDIMIENTO DE INSPECCION PRUEBA HIDROSTATICA TK 30051 VERIFICACION DE REDONDES EXTERNA TANQUE
<a href="#">009-2-0904-2019</a>	PROCEDIMIENTO DE INSPECCION PRUEBA HIDROSTATICA TK 30051 VERIFICACION DE REDONDES EXTERNA TANQUE
<a href="#">009-3-0904-2019</a>	PROCEDIMIENTO DE INSPECCION PRUEBA HIDROSTATICA TK 30051 VERIFICACION DE REDONDES EXTERNA TANQUE
<a href="#">009-4-0904-2019</a>	PROCEDIMIENTO DE INSPECCION PRUEBA HIDROSTATICA TK 30051 VERIFICACION DE REDONDES EXTERNA TANQUE
<a href="#">009-5-0904-2019</a>	PROCEDIMIENTO DE INSPECCION PRUEBA HIDROSTATICA TK 30051 VERIFICACION DE REDONDES EXTERNA TANQUE
<a href="#">009-6-0904-2019</a>	PROCEDIMIENTO DE INSPECCION PRUEBA HIDROSTATICA TK 30051 VERIFICACION DE REDONDES EXTERNA TANQUE
<a href="#">009-7-0904-2019</a>	PROCEDIMIENTO DE INSPECCION PRUEBA HIDROSTATICA TK 30051 VERIFICACION DE REDONDES EXTERNA TANQUE
<a href="#">009-8-0904-2019</a>	PROCEDIMIENTO DE INSPECCION PRUEBA HIDROSTATICA TK 30051 VERIFICACION DE REDONDES EXTERNA TANQUE
<a href="#">010-0804-2019</a>	PROCEDIMIENTO DE INSPECCION PRUEBA HIDROSTATICA TK 30051 VERIFICACION DE PEAKING EXTERNA TANQUE

Continua en página siguiente.

<a href="#">011-0804-2019</a>	PROCEDIMIENTO DE INSPECCION PRUEBA HIDROSTATICA TK 30051 VERIFICACION DE BANDING EXTERNA TANQUE
<a href="#">016-0-1306-2019</a>	procedimiento de inspeccion prueba hidrostatica TK CS14 verificacion de acentamiento de borde de tanque
<a href="#">016-1-0307-2019</a>	procedimiento de inspeccion prueba hidrostatica TK CS14 verificacion de acentamiento de borde de tanque
<a href="#">016-2-0307-2019</a>	procedimiento de inspeccion prueba hidrostatica TK CS14 verificacion de acentamiento de borde de tanque
<a href="#">016-3-0307-2019</a>	procedimiento de inspeccion prueba hidrostatica TK CS14 verificacion de acentamiento de borde de tanque
<a href="#">017-0-1306-2019</a>	procedimiento de inspeccion prueba hidrostatica TK CS15 verificacion de acentamiento de borde de tanque
<a href="#">018-0-1306-2019</a>	procedimiento de inspeccion prueba hidrostatica TK CS16 verificacion de acentamiento de borde de tanque
<a href="#">019-0-1306-19</a>	procedimiento de inspeccion prueba hidrostatica TK CS14 verificacion de verticalidad externa
<a href="#">019-1-1306-19</a>	procedimiento de inspeccion prueba hidrostatica TK CS14 verificacion de verticalidad externa
<a href="#">020-0106-2019</a>	procedimiento de inspeccion prueba neumatica en soldadura boquillas y manholes TK CS14
<a href="#">021-0106-2019</a>	procedimiento de tintas penetrantes en TK CS14
<a href="#">022-0106-2019</a>	procedimiento de tintas penetrantes en TK CS14
<a href="#">023-0106-2019</a>	procedimiento de inspeccion visual en TK CS14
<a href="#">024-0506-2019</a>	procedimiento de pruebas con camara de vacio en soldaduras fondo TK CS14
<a href="#">025-0806-2019</a>	procedimiento de inspeccion prueba neumatica en soldadura boquillas y manholes TK CS15
<a href="#">026-0806-2019</a>	procedimiento de tintas penetrantes en TK CS15
<a href="#">027-0806-2019</a>	procedimiento de tintas penetrantes en TK CS15
<a href="#">028-0106-2019</a>	procedimiento de inspeccion visual en TK CS15
<a href="#">029-1206-2019</a>	procedimiento de pruebas con camara de vacio en soldaduras fondo TK CS15
<a href="#">030-2016-2019</a>	procedimiento de inspeccion prueba neumatica en soldaduras boquillas y manholes TK CS16
<a href="#">031-2006-2019</a>	procedimiento de tintas penetrantes en TK CS16
<a href="#">032-2006-2019</a>	procedimiento de tintas penetrantes en TK CS16
<a href="#">033-2006-2019</a>	procedimiento de inspeccion visual en TK CS16
<a href="#">034-0106-2019</a>	procedimiento de prueba con camara de vacio en soldaduras fondo TK CS16
<a href="#">038-0806-2019</a>	PROCEDIMIENTO DE TINTAS PENETRANTES EN TK CS14

**figura 14. Listado de procedimientos revisados por el practicante. (autores, 2019)**

Una vez finalizada la revisión de los procedimientos documentados se realizan entrevistas a los inspectores activos, o que tuvieron participación en los procedimientos estudiados dirigidas por el practicante con el objetivo de obtener información directa sobre los métodos y normas empleados en la realización de estos. Se encontrará en el anexo 4 el formato del cuestionario utilizado para tal fin.

Finalizados los pasos anteriores se determinan parámetros necesarios para la elaboración de los procedimientos. En los tres procedimientos a desarrollar se encontraron tópicos como:

- Desactualización de los códigos y normas empleados
- Carencia de parámetros de aceptación avalados por las organizaciones internacionales encargadas de vigilar los procedimientos de ensayos no destructivos.
- Falta de repetitividad ocasionada por la inexistencia de procedimientos de ensayos no destructivos en MMI
- Para el caso de UT se encontró que no se contaba con bloques patrón para la calibración del equipo previa a cada inspección.
- No se contaba con un lugar de almacenamiento de los equipos apropiado.

#### **7.4 Elaboración de procedimientos para los métodos de PT, CV y UT**

Se elaboran los procedimientos para los métodos solicitados por MMI. Estos procedimientos se entregan al gerente de servicios de inspección de MMI. Cada uno de los procedimientos se realizó con la última versión de las normas que en ellos se emplearon hasta la fecha de realización del presente informe.

## **7.5 Evaluación**

Una vez entregados los procedimientos realizados por el practicante estos se someten a juicio por parte del gerente de servicios de inspección y el personal calificado de MMI. Este emitirá su veredicto sobre la validez y calidad de los procedimientos desarrollados en forma de carta de aceptación la cual se encontrará en el anexo 5 del presente informe.

## **8. APORTES DEL ESTUDIANTE A LA EMPRESA**

Además de la realización de los procedimientos para los métodos de END solicitados por MMI, en el transcurso de la practica el estudiante se vinculó a diferentes sectores y labores en la empresa entre eso aportes se encuentran:

### **8.1 Diseño de estantería para equipos de PT, CV Y UT**

No se contaba con un lugar adecuado para el almacenaje de los equipos de inspección, por tal el estudiante sugiere la adecuación de un espacio especial para los diferentes equipos usados en la inspección, es así como se construye una estantería a la medida y se instala en el sótano de la empresa.



**figura 15. Estantería para equipos de PT, CV y UT (autores, 2019)**



## **8.2 Organización cronológica de los procedimientos realizados con anterioridad por MMI**

La tabla 6 del presente informe es una parte de un libro en Excel en el cual se ordena de forma cronológica todos los procedimientos documentados existentes en MMI a partir del año 2019. En dicho libro se encuentra además en forma de hipervínculos los certificados correspondientes a cada procedimiento, así como información relevante de su ejecución (lugar, fecha, producto de trabajo, ejecutor, etc.)

## **8.3 Participación en mantenimiento a bombas de combustible en el hotel islas (Cartagena, bolívar)**

El practicante asistió y colaboro en el mantenimiento de bombas surtidoras de combustible (ACPM y gasolina) en instalaciones peninsulares, estas por su ubicación geográfica presentaban deterioro por oxidación y mal manejo de los equipos. El equipo de MMI en colaboración con el practicante realizo las siguientes labores:

- LIMPIEZA DEL TANQUE. DRENAJE DEL PRODUCTO Y LAVADO DE TANQUE.
- DRENAJE DEL POZO DE MONITOREO
- PINTURA GENERAL
- MANTENIMIENTO A BOQUILLAS Y VENTEO
- SUMINISTRO VARA DE MEDICION
- SUMINISTRO TABLA DE AFORO



**figura 16. Mantenimiento a bombas surtidoras de combustible (autores, 2019)**

#### **8.4 Inspección y certificación a mangueras flexibles usadas para carga y descarga de petroquímicos**

Esta labor se realizó en pasa caballos, los propietarios de las mangueras inspeccionadas solicitaron la certificación de estas para su uso. MMI realiza prueba hidrostática a las mangueras inspeccionadas para determinar su hermeticidad, continuidad eléctrica y porcentaje de elongación al ser sometidas a presión de prueba. De presentar fallas por cualquiera de los motivos antes mencionados se detiene la prueba y la manguera inspeccionada es rechazada. Las mangueras poseían un diámetro de 6 y 8 in y una longitud promedio de 10m.

En esta labor el practicante se desempeñó como inspector bajo la atenta vigilancia del equipo de MMI, la responsabilidad del practicante era vigilar la correcta instalación de las válvulas, manómetros y llaves con las que se hizo la prueba, así como cronometrar los tiempos y tomar nota de la variación en la presión y longitud de la manguera inspeccionada.



**figura 17. Realización de prueba hidrostática (autores, 2019)**

## 9. CONCLUSIONES

- El practicante realizó el curso de introducción a los ensayos no destructivos con lo que adquirió parte de la documentación y conocimientos necesarios para ejecutar sus labores dentro de la empresa, con esta acción se cumple lo establecido en la norma ASTN-SNT-TC-1A de la ASTN que exige la capacitación del personal que realice pruebas no destructivas y la empresa se mantiene vigente con los parámetros exigidos para la contratación de personal que tenga como labor la realización de pruebas de END.
- El diagnóstico realizado por el practicante a los procedimientos de END efectuados por MMI arrojó información vital sobre el estado de estos, se logró identificar la desactualización de las normas y códigos empleados en los procedimientos, así como carencia de parámetros de aceptación vigentes y aprobados por las organizaciones internacionales. Conociendo esta información se toman las medidas correctivas necesarias y con ello la empresa consigue mejorar la repetitividad y confiabilidad en las pruebas que brinda.
- Para la elaboración de los procedimientos fue fundamental el estudio de las normas bajo las cuales dichos procedimientos se basaron, una vez conocidas las normas que se aplicarían fue necesario la determinación de los materiales y herramientas utilizados en cada procedimiento. Una vez elaborados los procedimientos la empresa adquiere competitividad en el mercado ya que actualiza los servicios brindados.
- Se evidencia la necesidad de contar con los equipos y sus accesorios calibrados especialmente para el caso de la prueba UT, en donde se debe calibrar el equipo previo a cada inspección.

- Con la realización de la práctica empresarial el estudiante tiene la posibilidad de utilizar los conocimientos teóricos adquiridos en su formación académica, además complementa estos conocimientos con técnicas y métodos utilizados en la práctica.

## **10. RECOMENDACIONES**

- El lugar de almacenamiento de los equipos debe ser adecuado para garantizar que estos no sufran desajustes ocasionados por polvo, humedad o cualquier otro factor ambiental.
- Adquirir bloques de calibración para la prueba de UT. Así como solicitar certificado de calibración del fabricante del equipo.
- Realizar inventario de los equipos de obra civil presentes en el almacén, ya que no se maneja documentación de entrada y salida de estos.
- Construir estanterías para tener al alcance de forma rápida u ordenada los equipos y herramientas que se necesiten.

## 11. BIBLIOGRAFÍA

- Alba, O. D. (2010). *Tintas penetrantes*. bogota: isotec.
- Alfonzo R, G. C. (2007). *Introduccion a los ensayos no destructivos*. México: IMENDE.
- API. (2013). *standar API 1104, Soldadura en oleoductos y gaseoductos*.
- ASM . (2018). *ASM handbook; Nondestructive evaluation of material, Vol 17*. ASM INTERNACIONAL.
- ASME. (2015). *ASME seccion V articulo 6. Examinacion por liquidos penetrantes*.
- ASME. (2019). *ASME E 1316. Standard Terminology for Nondestructive testing*.
- Autores. (2019). *Organigrama*. cartagena.
- Autores. (2019). *Registro fotografico*. cartagena.
- AWS. (2015). *AWS D1.1/D1.1M :2015, CODIGO DE SOLDADURAS EN ESTRUCTURAS DE ACERO*. AWS.
- cardenas, I. (2014). *Bruchure*. cartagena.
- Castellanos, E. C. (2019). *Certificado de existencia y representacion*. cartagena: camara de comercio de cartagena.
- CH&M. (2019). *Introduccion a los ensayos no destructivos*. barranquilla. Obtenido de <https://chym-elearning.com/course/1/about>
- Conferencia Mexicana de pruebas no destructivas. (2015). *estandares de referencia en el examen ultrasonico*. ciudad de mexico .
- Escalona, I. (2002). *Apuntes pra el laboratorio de pruebas no destructivas*. mexico: UPIICSA-IPN.
- Metal Marine Inspeccion. (2014). *Camara de vacio*. cartagena: MMI.
- Oceanscan. (2012). *Equipo ultrasonico plympus epoch 600*. Obtenido de [https://www.oceanscan.net/p-Epoch\\_600\\_249](https://www.oceanscan.net/p-Epoch_600_249)

Olympus. (2011). *Ultrasonic transducers*. canada. Obtenido de <http://www.tecsud.com/es/productos/71/27/mantenimiento-preventivo/olympus-1/ultrasonido-convencional/palpadores-detail.html>

Olympus. (2016). *Acoplantes para ultrasonido*. olympus corporation. Obtenido de <https://www.olympus-ims.com/es/applications/ultrasonic-couplant/>

SCI control & inspeccion (2018). *Tipos de ensayos no destructivos*. madrid, españa. Obtenido de <https://scisa.es/ensayo-no-destructivo/>

SCI control & inspeccion. (2018). *Qué es la inspección por ultrasonido*. madrid: scisa. Obtenido de <https://scisa.es/ensayos-no-destructivos-y-laboratorio-metalurgico/ensayos-no-destructivos/inspeccion-por-ultrasonidos/>

SGS. (2019). *Ensayo de materiales*. Obtenido de <https://www.sgs.es/-/media/local/spain/documents/brochures/ensayo-de-materiales.pdf>

SIC. (2013). *Camara de vacio*. Obtenido de <https://www.pruebasnestructivassic.com/>

Tirenti, j. (2017). *Tanques de almacenaamiento API 650*. funsafe.

Tirenti, j. (2017). *Tanques de almacenamiento, parte 1: codigos, materiales, diseño, pared, fondo, placa anular*. funsafe.

Ultrasound. (2014). *Set de liquidos penetrantes*. santiago de chile. Obtenido de <http://www.ultrasound.cl/catalogo/>



## 12. ANEXOS

### Anexo 1. Certificado "Introducción a los Ensayos No Destructivos"



The certificate features a decorative left margin with vertical orange and blue bars and horizontal orange lines. At the top center is the CH&M logo, which includes a stylized blue and white icon and the text "CH & M Checking & Mentoring NDT".

**Hace Constar que**  
**LIBARDO ANDRES MADARIAGA GUERRERO**  
**1070820799**

Cursó y aprobó satisfactoriamente la acción de formación  
**Introduccion a los Ensayos No Destructivos**

**Realizado: 01 de Agosto de 2019** **Duración: 40 HORAS**  
**Lugar: Barranquilla - Colombia**

A QR code is located in the bottom left, with the text "CH&M E-Learning" below it. In the bottom center, the text reads "Geovanny Enrique Alvarez Gomez ASNT NDT LEVEL II Director General". In the bottom right is the ASNT logo, which consists of a blue globe with the letters "ASNT" overlaid.

## Anexo 2. Libreta de notas



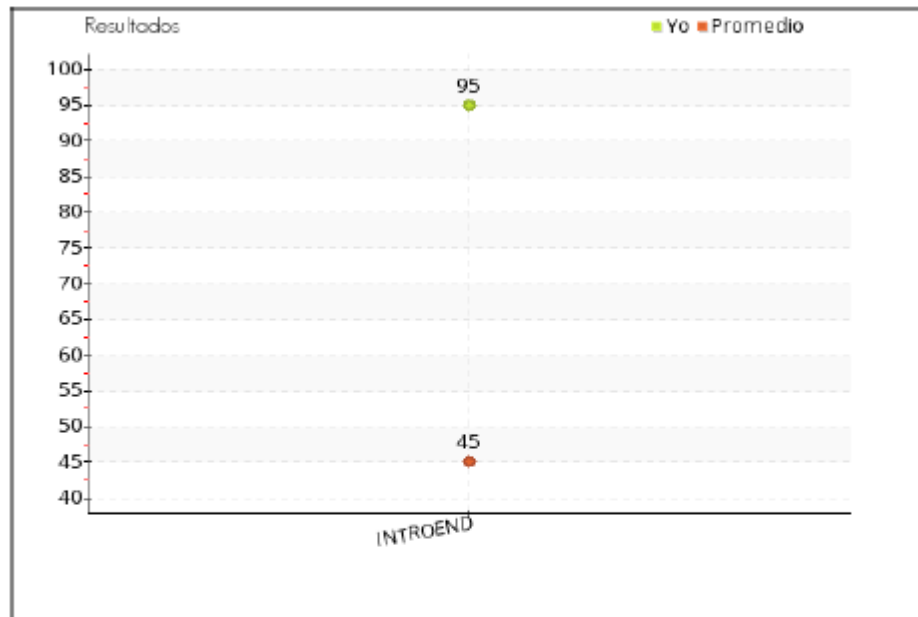
### Libreta de notas del curso: Introducción a los Ensayos No Destructivos

<b>Estudiante:</b>	MADARIAGA GUERRERO, LIBARDO ANDRES
--------------------	------------------------------------

Nota generada el 13/08/2019


Tipo	Nombre	Ponderación	Resultado		
	<b>INTROEND</b>	100	95 / 100		
	<a href="#">1. Introducción</a>	3	100 / 100 (100 %)		
	<a href="#">2. Técnicas de inspección superficial</a>	3	100 / 100 (100 %)		
	<a href="#">3. Técnicas de inspección volumétricas</a>	3	100 / 100 (100 %)		
	<a href="#">4. Capacitación, calificación y certificación</a>	3	100 / 100 (100 %)		
	<a href="#">Ensayo sobre las Técnicas de Inspección Superficial</a>	17	96 / 100 (96 %)		
	<a href="#">Evaluación 1. Introducción</a>	17	93.75 / 100		
	<a href="#">Evaluación 3. Técnicas volumétricas</a>	17	93.10 / 100		
	<a href="#">Evaluación 4. Capacitación, calificación y certificación</a>	17	89.47 / 100		
	<a href="#">Foro calificación de personal</a>	5	100 / 100 (100 %)		
	<a href="#">Foro comentarios del curso</a>	5	100 / 100 (100 %)		
	<a href="#">Foro importancia, ventajas y limitaciones</a>	5	100 / 100 (100 %)		
	<a href="#">Foro presentación</a>	5	100 / 100 (100 %)		
-	<b>Total</b>	100	95 / 100		

### Anexo 3. Resultados comparativos del curso



Comentarios

## Anexo 4. Encuesta para la recolección de información sobre el estado de los procedimientos en MMI

	ENCUESTA PARA LA	Entrevistado:
	ESTANDARIZACIÓN Y ACTUALIZACIÓN DE PROCEDIMIENTOS DE END EN MMI	Cargo:
DIRIGIDA POR: MADARIAGA GUERRERO LIBARDO ANDRÉS		Fecha: 01/12/19

En la siguiente encuesta se preguntará sobre los procedimientos de END desarrollados en la empresa MMI, se le pide por favor al entrevistado responder con la mayor sinceridad y libertad posible.

1. En el desarrollo de su trabajo como inspector en MMI ¿cuáles son los métodos de END utilizados por usted en la inspección por PT, CV, y UT?

---



---



---

2. Para los métodos antes mencionados ¿cuáles normas o códigos se están siguiendo o utilizando como guía para el desarrollo de estos?

---



---



---

3. ¿Cuál es su nivel de capacitación como inspector y en cuales pruebas se especializa?

---



---



---

4. En el desarrollo de los procedimientos que lleva a cabo en MMI ¿Qué herramientas utiliza para llevar a fin su labor?

---



---



---

5. Si el equipo así lo requiere ¿mencione la fecha de la última calibración de los equipos empleados en los procedimientos de END desarrollados?

---




---



---



	ENCUESTA PARA LA	Entrevistado:
	ESTANDARIZACIÓN Y ACTUALIZACIÓN DE PROCEDIMIENTOS DE END EN MMI	Cargo:
DIRIGIDA POR: MADARIAGA GUERRERO LIBARDO ANDRÉS		Fecha: 01/12/19

6. ¿Cuáles son los EPP necesarios para desarrollar su labor como inspector?

---



---



---



---

7. Durante el desarrollo de sus funciones ¿cuáles son los parámetros o recomendaciones de seguridad seguidas por usted?

---



---



---



---

8. Una vez finalizada la inspección ¿a quienes se les reporta sobre los resultados obtenidos en la práctica?

---



---



---



---

9. ¿Bajo qué parámetros se determina la calidad en el procedimiento desarrollado?

---



---




---



---

## Anexo 5. Carta de recibo y aprobación de procedimientos

	C.I METAL MARINE INSPECCION S.A.S	Matricula: 09-283231-12
		Nit: 900415611-7
	Santa lucia MZ E LT 8 Cartagena, Bolívar, Colombia	Fecha: 20/12/2019

### A QUIEN INTERESE

La empresa CI METAL MARINE INSPECCIÓN S.A.S y en su representación la ingeniera YENY CÁRDENAS CASTELLANOS identificada con cc: 45458532 de Cartagena-Bolívar quien se desempeña como gerente de servicios de inspección en nuestra empresa, recibió y aprobó los procedimientos para ensayos no destructivos para los métodos de tintas penetrantes (PT), cámara de vacío (CV) y ultrasonido industrial (UT) elaborados por LIBARDO ANDRÉS MADARIAGA GUERRERO identificado con cc 1070820799 de san Bernardo del Viento-Córdoba quien se desempeñaba como practicante en nuestras instalaciones.

Se hace constancia de la entrega de los procedimientos de END para PT, CV y UT por parte del practicante a los 20 días del mes de diciembre del año 2019.



YENY CÁRDENAS CASTELLANOS

CC: 45458532