

**Apoyo a la inspección mediante ensayos no destructivos desarrollado por los ingenieros
nivel II END en módulos de tratamiento de crudo.**

Efrén Junnior Suarez Caamaño



**Práctica presentada para optar al título de
Ingeniero Mecánico**

Universidad Pontificia Bolivariana

Escuela de Ingenierías

Ingeniería Mecánica

Bucaramanga

2025

**Apoyo a la inspección mediante ensayos no destructivos desarrollado por los ingenieros
nivel II END módulos de tratamiento de crudo.**

Efrén Junnior Suarez Caamaño

**Práctica presentada para optar al título de
Ingenieros Mecánicos**

Director

Ing. Juan Carlos Ramírez Beltrán

Universidad Pontificia Bolivariana

Escuela de Ingenierías

Ingeniería Mecánica

Bucaramanga

2025

Contenido

Introducción	8
Generalidades de la empresa.....	10
Presentación de la empresa	10
Caracterización de la empresa.....	10
Alianzas estratégicas	11
Valores y principios de la empresa	11
Diagnóstico de la empresa	13
Delimitación del problema.....	14
Justificación	16
Objetivos	17
Objetivo general	17
Objetivos específicos.....	17
Marco teórico	18
Ultrasonido convencional (Equipo Olympus).....	18
Medición de espesores con DMS Go+	19
EMAT (Electromagnetic Acoustic Transducer)	19
Metodología	20
Definición de objetivos	20
Investigación teórica y capacitación técnica	20
Ejecución de inspecciones técnicas.....	20
Análisis e interpretación de datos.....	20
Reflexión y retroalimentación.....	21

Resultados y discusión.....	22
Objetivo 1: Brindar apoyo a los Ingenieros Inspectores.	22
Abscisado de la línea.....	22
Planos isométricos (solo adentro de estación):.....	22
Ensayo por ultrasonido de ondas guiadas de corto y medio alcance (MRUT) con transductores de tipo EMAT:	24
Ensayo Ultrasonido de Espesores Scan A/B:	26
Inspección visual y registro fotográfico	27
Objetivo 2: Apoyar en la identificación del estado visual externo e interno de las tuberías dentro de los módulos de tratamiento,	29
Objetivo 3: Apoyar en la organización, clasificación y consolidación de la información.....	31
Conclusiones.....	34
Referencias.....	35

Tabla de figuras

Figura 1 Módulo de tratamiento	8
Figura 2 Abscisado de la línea	22
Figura 3 Planos isométricos	23
Figura 4 Planos isométricos (AutoCAD).....	24
Figura 5 EMAT	25
Figura 6 DMS GO +	26
Figura 7 OLYMPUS.....	27
Figura 8 Inspección visual	28
Figura 9 Registro Fotográfico (Inspección visual)	28
Figura 10 Inspección visual	29
Figura 11 Caracterización de corrosión Interna.....	30
Figura 12 Caracterización de corrosión Externa.....	31
Figura 13 Informe general	32



RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

TITULO:	Apoyo a la inspección mediante ensayos no destructivos desarrollado por los ingenieros nivel II END en módulos de tratamiento de crudo.
AUTOR(ES):	Efrén Junnior Suarez Caamaño
PROGRAMA:	Facultad de Ingeniería Mecánica
DIRECTOR(A):	Juan Carlos Ramírez

RESUMEN

La práctica empresarial se desarrolla en el área de tratamiento de oleoductos, con el objetivo principal de aplicar y optimizar técnicas de ensayos no destructivos (END) en la evaluación de la integridad estructural de equipos estáticos, tales como tuberías, tanques de almacenamiento y vasijas a presión. Durante la práctica, se realizan inspecciones y análisis utilizando métodos como ultrasonido, partículas magnéticas y líquidos penetrantes, entre otros, para detectar defectos superficiales y subsuperficiales, así como evaluar el espesor de componentes y posibles zonas de corrosión o fisuras. Este trabajo contribuye a garantizar la seguridad operativa, prolongar la vida útil de los equipos y prevenir fallas que puedan generar riesgos ambientales, económicos o de seguridad. Asimismo, permite al estudiante aplicar conocimientos teóricos en un entorno industrial real, fortaleciendo sus competencias en integridad mecánica, análisis de fallas y mantenimiento predictivo. La práctica está alineada con los objetivos de formación del Ingeniero Mecánico, integrando habilidades técnicas, analíticas y de gestión en el contexto de la industria petrolera.

PALABRAS CLAVE:

Integridad, Ensayos No Destructivos, Ultrasonido, Seguridad operativa, Equipo Estático, Corrosión

Vº Bº DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO



GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE

TITLE: Support for inspection through non-destructive testing developed by level II NDT engineers in oil treatment modules.

AUTHOR(S): Efren Junnior Suarez Caamaño

FACULTY: Facultad de Ingeniería Mecánica

DIRECTOR: Juan Carlos Ramírez

ABSTRACT

The business internship is developed in the area of oil pipeline treatment, with the main objective of applying and optimizing non-destructive testing (NDT) techniques in the evaluation of the structural integrity of static equipment, such as pipelines, storage tanks, and pressure vessels. During the internship, inspections and analyses are performed using methods such as ultrasound, magnetic particles, and penetrant liquids, among others, to detect surface and subsurface defects, as well as to evaluate component thickness and potential areas of corrosion or cracks. This work contributes to ensuring operational safety, extending the life of equipment, and preventing failures that could generate environmental, economic, or safety risks. It also allows students to apply theoretical knowledge in a real industrial environment, strengthening their skills in mechanical integrity, failure analysis, and predictive maintenance. The internship is aligned with the training objectives of the Mechanical Engineer, integrating technical, analytical, and management skills in the context of the petroleum industry.

KEYWORDS:

Integrity, Non-Destructive Testing, Ultrasonics, Operational Safety, Static Equipment, Corrosion

Vº Bº DIRECTOR OF GRADUATE WORK

Introducción

La práctica universitaria se desarrolla en los activos de uno de los clientes de Corporación CIMA dedicada, específicamente en los campos de producción de crudo y gas, así como en sus Módulos de Tratamiento y Bombeo de Crudo (MTB) en Puerto Boyacá.

Figura 1

Módulo de tratamiento



En estos campos, los hidrocarburos son extraídos del subsuelo a través de pozos, los cuales suelen agruparse en unidades llamadas clusters. La producción de estos pozos, compuesta por una mezcla de crudo, gas, agua y sedimentos, es transportada mediante líneas de flujo hasta el Módulo de Tratamiento de Crudo (MTB). Allí, el fluido pasa por separadores bifásicos o trifásicos, scrubbers, tanques de lavado y/o tratadores térmicos electrostáticos, donde se separan el petróleo, el gas y el agua. El gas separado puede ser reutilizado dentro del proceso, quemado en Teas o comercializado. El crudo tratado se almacena en tanques y es transportado a terminales mediante oleoductos o camiones, mientras que el agua extraída es sometida a tratamiento para su disposición final o reinyección en algunos campos.

Para la ejecución de estos procesos, el módulo de tratamiento cuenta con sistemas de tuberías que transportan crudo sucio, crudo tratado, gas y agua entre los diferentes recipientes a presión y tanques. Estas tuberías incluyen accesorios (codos, tees, reducciones), válvulas de

distintos tipos (compuerta, bola, globo) para regulación de flujo y presión, así como válvulas de seguridad, discos de ruptura e instrumentación. Dado que la continuidad operativa es fundamental y cualquier pérdida de contención o fuga puede afectar a las personas, el medio ambiente y la infraestructura, es imprescindible realizar inspecciones mediante ensayos no destructivos (END). Estas inspecciones permiten evaluar la integridad de los sistemas de tuberías, detectar posibles fallas y reparar daños asociados a los distintos mecanismos de deterioro según el servicio y las condiciones de operación.

Generalidades de la empresa

Presentación de la empresa

La CORPORACIÓN CIMA es una empresa creada hace más de 25 años que brinda Soluciones integrales y de Consultoría para el Manejo de la Gestión integral de activos, Inspección Basada en Riesgo de plantas industriales, estructuras y equipos, Confiabilidad de plantas, Protección Catódica, Monitoreo de Corrosión Interior, Levantamientos topográficos y Geotecnia, con aplicación de nuevas tecnologías, para satisfacer integralmente las necesidades del sector energético e industrial. El personal que integra la Corporación CIMA está conformado por profesionales y especialistas de diferentes disciplinas, apoyados por expertos internacionales con una amplia trayectoria y experiencia en los sectores industrial y Oil&Gas en las líneas de servicio que se ofrecen, con una constante y sistemática capacitación y certificación con entidades reconocidas a nivel nacional e internacional como ASNT, ASME, API, NACE y AWS.

Caracterización de la empresa

La Corporación para la Investigación y Desarrollo en Ciencia de Materiales – CIMA, es una entidad sin ánimo de lucro, cuya misión es realizar investigación, desarrollo y aplicación de nuevas tecnologías, para satisfacer integralmente las necesidades en las áreas de ingeniería de materiales, inspección de equipos, corrosión e integridad de activos, mejorando las posibilidades competitivas del sector energético e industrial dentro de un marco de control y equilibrio con el entorno. Con oficinas en Bucaramanga, Barrancabermeja, Acacias (META), Cartagena, y Bogotá DC. Operando en Castilla Chichimene en Acacias-Meta, en el Distrito el Centro (SOM) Barrancabermeja, Puerto Boyacá, Rubiales, Neiva, Sabaneta, entre otros. La empresa cuenta con mas de 25 años de experiencia, alrededor de 300 ingenieros certificados, 60 publicaciones técnicas y cuenta con 7 sedes nacionales.

Misión: La Corporación para la Investigación y Desarrollo en Ciencia de Materiales – CIMA, es una entidad sin ánimo de lucro, cuya misión es realizar investigación, desarrollo y aplicación de nuevas tecnologías, para satisfacer integralmente las necesidades en las áreas de ingeniería de materiales, inspección de equipos, corrosión e integridad de activos, mejorando las posibilidades competitivas del sector energético e industrial dentro de un marco de control y equilibrio con el entorno.

Visión: La Corporación para la Investigación y Desarrollo en Ciencia de Materiales – CIMA, será una organización de reconocimiento Nacional y de proyección Internacional, capaz de generar y entregar soluciones tecnológicas en las áreas de Ciencia de Materiales, inspección, corrosión e integridad de activos al sector energético e industrial, convirtiéndose en una ventaja competitiva para el desarrollo del país.

Alianzas estratégicas

La Corporación CIMA ha consolidado alianzas estratégicas y convenios con prestigiosas instituciones del sector académico, permitiendo unir fortalezas para el desarrollo de proyectos de investigación y la prestación conjunta de servicios al sector petrolero.

- Universidad Industrial de Santander (UIS)
- Universidad Pedagógica y Tecnológica de Tunja (UPTC)
- Unidades Tecnológicas de Santander (UTS)

Valores y principios de la empresa

En todas sus decisiones y actividades sus integrantes y los miembros de la Corporación actuarán bajo los siguientes principios y valores:

- Con ÉTICA a los derechos de los demás, a la diversidad, a la Ley y a los principios sociales establecidos.

- Con HONESTIDAD en todas las decisiones y desarrollo de las actividades.
- Respetando la LIBERTAD de pensamiento y expresión de otros y la propia, dentro de los parámetros morales y legales establecidos.
- Promoviendo la JUSTICIA en todas las acciones y decisiones y observando la equidad social y la no discriminación por razón alguna.
- Con alto nivel de RESPONSABILIDAD ante los deberes y objetivos de la Corporación y de la sociedad de la cual hacemos parte.
- Con LEALTAD entre los diferentes estamentos de la CORPORACIÓN y sus integrantes.
- Con COMPROMISO con la VISIÓN y MISIÓN, así como con los objetivos que se planteen.
- Con SOLIDARIDAD en las relaciones humanas entre todos los miembros y con la sociedad de la cual somos parte.
- Con LIDERAZGO como valor que hace parte de los objetivos estratégicos de la CORPORACIÓN, tanto para lograr y mantener el liderazgo institucional, como en todos los campos de la actividad humana y social.
- Con INTEGRIDAD en el acontecer diario, en las comunicaciones.

Diagnóstico de la empresa

Actualmente, la empresa presenta un modelo de operación consolidado, respaldado por un equipo de profesionales altamente capacitados y certificados por organismos reconocidos a nivel nacional e internacional. Esto asegura la calidad técnica de sus servicios, alineados con los estándares globales exigidos por la industria Oil & Gas y otras ramas industriales.

La CORPORACIÓN CIMA ha demostrado una capacidad sostenida de adaptación e innovación, incorporando nuevas tecnologías en sus procesos y metodologías de trabajo, lo cual le permite mantenerse competitiva en un entorno técnico exigente. A través de alianzas estratégicas con expertos internacionales y una política de formación continua, la empresa fortalece permanentemente su capital humano y su capacidad de respuesta ante retos técnicos complejos.

No obstante, el crecimiento y la diversificación del sector energético imponen desafíos adicionales, como la necesidad de automatizar procesos de inspección, mejorar la gestión de datos técnicos y robustecer los sistemas de análisis predictivo. En este sentido, la incorporación de estudiantes en práctica, especialmente en áreas técnicas como los ensayos no destructivos (END), representa una oportunidad para reforzar las capacidades internas de la empresa y actualizar metodologías con base en nuevas perspectivas académicas y tecnológicas.

La CORPORACIÓN CIMA se encuentra en una posición sólida, con amplia experiencia, reconocimiento técnico y una oferta de servicios integral, aunque enfrenta el reto permanente de seguir innovando y optimizando sus procesos para atender de manera eficiente las crecientes exigencias del sector energético e industrial.

Delimitación del problema

En el sector de transporte y tratamiento de hidrocarburos, la integridad de los equipos estáticos —particularmente las tuberías, tanques y vasijas— es fundamental para garantizar la continuidad operativa, la seguridad industrial y la protección del medio ambiente. Uno de los principales desafíos que enfrentan estas instalaciones es la degradación progresiva de sus componentes debido a fenómenos como la corrosión interna y externa, la erosión y la fatiga de materiales, lo cual puede comprometer seriamente la resistencia mecánica de las estructuras y derivar en fugas, fallas o accidentes.

Mantener la integridad de las líneas de oleoductos se vuelve prioritario. La detección temprana de zonas con bajos espesores, producto de la pérdida de material, es esencial para tomar decisiones oportunas de mantenimiento. Para ello, se hace uso de técnicas de ensayos no destructivos (END), que permiten evaluar el estado de los equipos sin necesidad de intervenirlos físicamente ni interrumpir su operación.

Durante el desarrollo de las prácticas profesionales, la participación se centró en apoyar activamente los procesos de inspección mediante END. Esto incluyó la recopilación, organización y análisis preliminar de datos obtenidos durante las inspecciones. La labor como practicante también abarcó el aprendizaje sobre la identificación de puntos críticos con pérdida significativa de espesor, lo que permite alertar a la empresa operadora sobre posibles riesgos y contribuir a la planificación de mantenimientos preventivos.

La problemática central radica en la necesidad de identificar proactivamente estos puntos críticos mediante inspecciones periódicas, y notificar a la empresa operadora sobre las condiciones encontradas. Como practicante, el trabajo aportó valor al proceso al generar insumos técnicos que respaldan la toma de decisiones y fortalecen la gestión de integridad de los activos.

Esto, a su vez, permite reducir el riesgo de emergencias que podrían requerir intervenciones correctivas costosas, peligrosas y no programadas.

La implementación efectiva de END como herramienta de diagnóstico, junto con la participación técnica del personal en formación contribuye directamente a optimizar los planes de mantenimiento, minimizar los tiempos de inactividad y reforzar la seguridad y sostenibilidad de la infraestructura en el área de tratamiento de oleoductos.

Justificación

La realización de prácticas universitarias en el área de inspección de líneas mediante ensayos no destructivos (END) representa una etapa fundamental en la formación de ingenieros mecánicos, ya que permite el desarrollo de competencias técnicas y profesionales en un campo crítico para la seguridad, eficiencia y sostenibilidad de la industria energética e industrial.

Los END son herramientas clave para evaluar la integridad de infraestructuras como tuberías, tanques y vasijas sin comprometer su funcionamiento, permitiendo la detección temprana de defectos tales como corrosión, fisuras, pérdidas de espesor y otros deterioros estructurales. Su aplicación adecuada contribuye a prevenir fallas, optimizar planes de mantenimiento y reducir riesgos operativos y ambientales.

Desde una perspectiva formativa, estas prácticas brindan al estudiante la valiosa oportunidad de aplicar conocimientos teóricos en entornos reales de trabajo, enfrentando condiciones y desafíos propios del sector. Además, permiten el manejo directo de tecnologías avanzadas, la interpretación de resultados bajo normativas internacionales (como API, ASME, NACE, entre otras), y la interacción con profesionales expertos, lo cual favorece el desarrollo de habilidades analíticas, de trabajo en equipo y toma de decisiones técnicas.

En este sentido, la participación en estas actividades no solo fortalece el perfil académico del futuro ingeniero, sino que también mejora significativamente su empleabilidad y proyección profesional, al prepararlo para responder con eficiencia a las exigencias del mercado laboral actual en sectores altamente regulados y tecnificados como el Oil & Gas.

Objetivos

Objetivo general

Apoyar en la ejecución de inspecciones técnicas orientadas a la evaluación de la integridad mecánica y el estado de corrosión de equipos estáticos —como tanques, tuberías y vasijas— ubicados en facilidades de producción y demás áreas operativas, tanto para la empresa Corporación CIMA como para sus clientes. Este objetivo se alcanzará mediante la aplicación de técnicas de Ensayos No Destructivos (END) Nivel II, con el fin de asegurar el buen estado de los equipos, prevenir fallas y contribuir a la continuidad y seguridad de las operaciones industriales.

Objetivos específicos

Objetivo 1: Brindar apoyo a los Ingenieros Inspectores con certificación Nivel II en la ejecución de ensayos no destructivos (END) para la evaluación de la integridad mecánica y el estado de corrosión de las líneas de proceso en los módulos de tratamiento. Esto permitirá al practicante desarrollar competencias técnicas en la comprensión del proceso de inspección y en la diferenciación e interpretación de las distintas técnicas utilizadas, fortaleciendo su formación profesional en el área.

Objetivo 2: Apoyar en la identificación del estado visual externo e interno de las tuberías dentro de los módulos de tratamiento, mediante la aplicación de técnicas de ensayos no destructivos (END) ejecutadas por Ingenieros Inspectores certificados Nivel II, con el fin de detectar condiciones anómalas como corrosión, pérdida de espesor o defectos estructurales.

Objetivo 3: Apoyar en la organización, clasificación y consolidación de la información obtenida durante las inspecciones realizadas mediante técnicas END por los Ingenieros Inspectores Nivel II, con el propósito de facilitar su análisis, trazabilidad y posterior incorporación en los informes técnicos.

Marco teórico

Los Ensayos No Destructivos (END) constituyen un conjunto de técnicas utilizadas para evaluar la condición e integridad de materiales, componentes y estructuras sin causarles daño alguno. Estas técnicas son ampliamente utilizadas en la industria petroquímica, energética y de transporte de hidrocarburos, dado que permiten detectar discontinuidades, medir espesores y prever fallas estructurales, contribuyendo a la seguridad operativa y a la planificación eficiente del mantenimiento.

Dentro del espectro de técnicas END, el ensayo por ultrasonido destaca por su precisión, versatilidad y capacidad de penetración en materiales metálicos, siendo particularmente útil para la inspección de tuberías, tanques y equipos estáticos expuestos a condiciones agresivas como la corrosión.

Ultrasonido convencional (Equipo Olympus)

El ultrasonido convencional se basa en la emisión de ondas sonoras de alta frecuencia (generalmente entre 1 y 10 MHz) a través de un transductor que las envía hacia el material a inspeccionar. Cuando estas ondas encuentran una discontinuidad, como una fisura o una pérdida de espesor, se reflejan hacia el transductor, generando señales que pueden ser interpretadas en un equipo especializado.

Los equipos Olympus, ampliamente reconocidos en la industria, ofrecen funciones avanzadas de inspección, como análisis A-scan, B-scan y generación de imágenes en tiempo real, que permiten caracterizar defectos y medir espesores con alta exactitud. Estos equipos se utilizan principalmente para identificar corrosión interna, laminaciones y grietas en soldaduras o materiales base.

Medición de espesores con DMS Go+

El DMS Go+ es un equipo portátil de ultrasonido diseñado específicamente para la medición precisa de espesores en componentes metálicos, incluso en condiciones de operación complejas. Funciona bajo el mismo principio del ultrasonido por pulso-eco, permitiendo una evaluación rápida y confiable del desgaste por corrosión.

Gracias a su facilidad de uso, portabilidad y almacenamiento digital de datos, el DMS Go+ es ideal para inspecciones de campo en tuberías y líneas de transporte de crudo. Su uso permite registrar tendencias de pérdida de espesor y establecer criterios para la programación de mantenimientos preventivos o correctivos.

EMAT (Electromagnetic Acoustic Transducer)

El EMAT (Transductor Acústico Electromagnético) es una técnica de ultrasonido no convencional que genera ondas ultrasónicas directamente en el material sin necesidad de acoplamiento por gel o agua, lo que lo hace ideal para superficies calientes, rugosas o recubiertas. Funciona mediante la inducción de una corriente eléctrica y un campo magnético que provocan una deformación acústica en el material, generando así la onda ultrasónica.

El EMAT es especialmente útil para la inspección de corrosión bajo aislamiento y para estructuras donde el contacto directo con el material está limitado. Aunque su resolución puede ser menor que la del ultrasonido convencional, su valor radica en su capacidad de inspección en condiciones en las que otras técnicas no son viables.

Metodología

La práctica empresarial se desarrollará en varias etapas, que integran la preparación teórica, la ejecución práctica en campo y el análisis de resultados, con el objetivo de contribuir efectivamente al proceso de inspección de equipos estáticos. Las etapas son las siguientes:

Definición de objetivos

Se iniciará con la definición de los objetivos específicos de la práctica, basados en los requerimientos técnicos de la empresa y las necesidades del sector.

Investigación teórica y capacitación técnica

Se llevará a cabo una fase de estudio sobre los principios, aplicaciones y alcances de las técnicas de ensayos no destructivos (END), con énfasis en ultrasonido convencional (Olympus), medición de espesores (DMS Go+) y EMAT. Esta etapa incluirá el reconocimiento del equipo, procedimientos operativos y criterios de aceptación.

Ejecución de inspecciones técnicas

Se participará activamente en la realización de las inspecciones en campo, bajo la supervisión de personal calificado Nivel II. Durante esta fase, se aplicarán las técnicas END estudiadas, registrando los resultados obtenidos en formatos establecidos por la empresa.

Análisis e interpretación de datos

Los datos recolectados durante la inspección serán procesados y analizados para identificar condiciones críticas, pérdida de espesor, presencia de discontinuidades o cualquier otra indicación relevante. Esta información será entregada al equipo responsable de la elaboración de los informes técnicos finales.

Reflexión y retroalimentación

Al finalizar la práctica, se realizará una reflexión crítica sobre los aprendizajes obtenidos, los desafíos enfrentados y las habilidades desarrolladas. Además, se recopilarán observaciones y sugerencias para mejorar futuras prácticas, tanto a nivel académico como empresarial.

Resultados y discusión

Objetivo 1: Brindar apoyo a los Ingenieros Inspectores.

Abcisado de la línea

Para este proceso se enumera de manera ascendente (CMI) el antes y después de una junta de soldadura, tramos medios, codos de 90°, codos de 45°, Tees, Tees reductoras, reducciones, niples y Branch Conexiones, esto siguiendo la dirección que lleva el crudo al ir por la línea; y se marca el kilometraje (PK) con un **Odómetro** que lleva la línea en cada CMI puesto. Este número CMI y PK es la guía para el resto de los procesos, ya que facilita la ubicación de los elementos o hallazgos a lo largo de la línea. Durante el tiempo de la práctica realicé las marcaciones de líneas dentro de estación, estas normalmente cortas y con muchos accesorios, y líneas fuera de estación, estas mucho más largas, hablamos de varios kilómetros de distancia.

Figura 2

Abcisado de la línea



Planos isométricos (solo adentro de estación):

Los planos isométricos se realizan con el fin de entender el sentido y posicionamiento que lleva la línea dentro de la estación, haciendo más fácil su ubicación, ya que dentro del MTB es común que estén sobrepuestas o acumuladas. Además de esto la empresa no solo entrega el plano isométrico si no la línea hecha en programas de diseño como lo es AutoCAD. Dentro del

formato del plano hay una brújula que indica la orientación de la línea. Dentro del mismo se usa simbología para cada uno de los accesorios y tipos de uniones que tenga la tubería.

Una vez entregado el isométrico hecho en campo, en oficina se encargan de digitalizarlo con software-AutoCAD licenciado. Esta técnica fue en la que mas tuve participación, ya que realicé una gran cantidad de planos isométricos por mi propia cuenta, en los últimos meses de la práctica era yo el único que los realizaba, por mi buen desempeño a la hora de llevar a cabo los trazados. A continuación, uno de mi autoría.

Figura 3

Planos isométricos

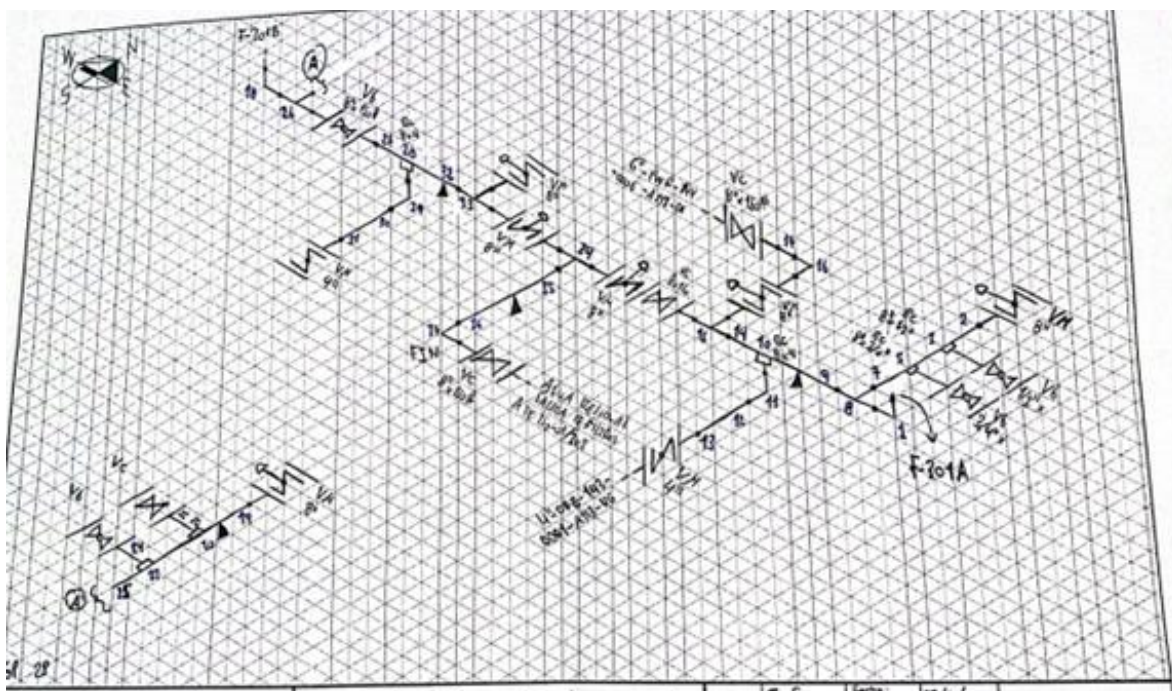
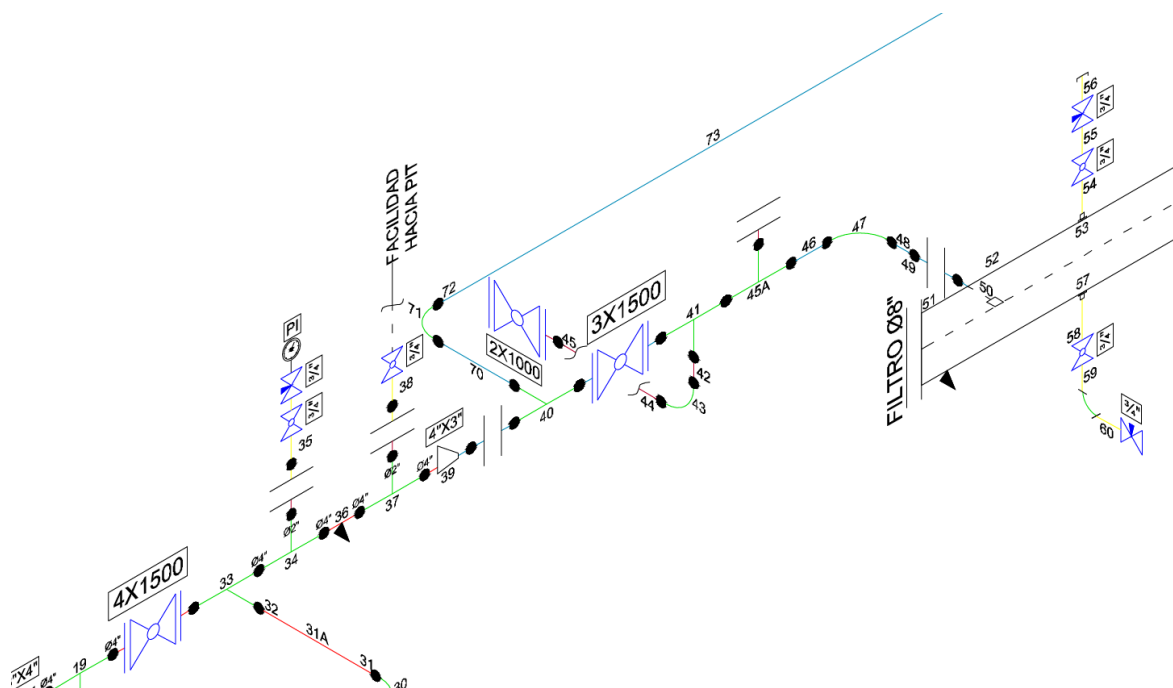


Figura 4*Planos isométricos (AutoCAD)*

Ensayo por ultrasonido de ondas guiadas de corto y medio alcance (MRUT) con transductores de tipo EMAT:

Un transductor EMAT, o transductor acústico electromagnético, está compuesto por un imán y una bobina de alambre, y se basa en la interacción entre el campo acústico y el electromagnético para generar ondas elásticas (ultrasonidos). Mediante las fuerzas de Lorentz y la magnetostricción, el EMAT interactúa con la superficie metálica del material a inspeccionar, produciendo una onda acústica dentro de él. Una de las principales ventajas del EMAT es que no es necesario conectar el transductor al material, ya que este actúa como su propio transductor (Innerspec, 2024).

El ensayo por ultrasonido de ondas guiadas de corto y medio alcance (MRUT) nos muestra una imagen cualitativa del estado de la onda, lo que se busca es encontrar aquellos puntos en donde la onda tiene atenuación de la señal a lo largo de las líneas. El que haya una

atenuación de la señal de la onda no significa que hay un bajo espesor, por lo que solo se marcan puntos de verificación, que luego serán revisados con los equipos que toman bajos espesores, y en ese punto si poder caracterizar esta corrosión interna. Además de esto hay condiciones específicas que pueden alterar la onda sin significar una atenuación, como lo es el contacto de algo del mismo material con el tubo, un ejemplo de esto es un soporte metálico.

Figura 5

EMAT



Mi participación en esta técnica se basó en ayudar con el desplazamiento del “carrito”, que es el dispositivo compuesto por el imán, la bobina y un cuerpo con ruedas que se desliza por encima de la tubería. Además de esto pude armar el dispositivo con su configuración, lo cual consta de elegir que bobinas y que PowerBox se usará.

Ensayo Ultrasonido de Espesores Scan A/B:

El ensayo ultrasónico o por ultrasonido, también conocido como ensayo no destructivo o simplemente como ensayo UT, es un método para caracterizar el espesor o las estructuras internas de una pieza bajo ensayo mediante la aplicación de ondas ultrasónicas de alta frecuencia. Las frecuencias, o emisiones, que son usadas para los ensayos por ultrasonido son superiores al límite perceptible por el oído humano, comúnmente en un rango de 500 kHz (Evident, 2024).

Los equipos que se disponen para el ensayo UT son el **DMS GO +** de la marca Krautkramer y el **38dl plus** de la marca Olympus, estos equipos a diferencia del ensayo EMAT, muestran de forma cuantitativa la medición del espesor, de modo que la señal de las ondas o ecos se representa en valores numéricos de acuerdo con la posición en los planos X-Y, esto permite identificar de manera mucho más precisa los bajos espesores. Para esto se toma como base el espesor nominal en milímetros del equipo estático que se está inspeccionando, cuando la pérdida del espesor es del 25% se considera un bajo espesor.

Figura 6

DMS GO +



Figura 7*OLYMPUS****Inspección visual y registro fotográfico***

Una vez culminados las técnicas anteriores se hace un registro del estado de la línea. Este registro se hace mediante dos aplicaciones para celular, una de ellas es SW MAPS, en la cual se toman puntos GPS que son guardados junto a una plantilla en donde se organiza toda la información del estado de la línea, desde si tiene o no recubrimiento, hasta la caracterización de corrosión interna (bajos espesores) y corrosión externa.

La información recolectada mediante SW MAPS es exportada como un archivo Excel, en donde queda el estado del equipo organizado. En esta aplicación también se ponen elementos como los soportes, Clústers de los que recoge crudo, accesorios, entre otros. La segunda aplicación lleva por nombre TimeStamp Camera, con la que se toman fotos con coordenada, con el fin de acompañar y complementar la información de cada punto GPS tomado con SW MAPS.

Figura 8

Inspección visual

	BA	BB	BC	BD	BE	BF	BG	BH	BI	BJ	BK	BL	BM	BN	BO	BP	BQ	BR	BS	BT
107																				TRAMO RECTO DESPUES DE SOLDADURA CORROSIÓN TIPO PICADURA DM 1 LxA 6100x360 DJA 0 PH 1 a 12
108																				TRAMO RECTO ANTES DE SOLDADURA CORROSIÓN TIPO PICADURA DM 1 LxA 6100x360 DJA 0 PH 1 a 12
109	MARCO H 1		PINTURA																	TRAMO RECTO DESPUES DE SOLDADURA CORROSIÓN TIPO PICADURA DM 1 LxA 5900x360 DJA 0 PH 1 a 12
110																				TRAMO RECTO ANTES DE SOLDADURA CORROSIÓN TIPO PICADURA DM 1 LxA 5900x360 DJA 0 PH 1 a 12
111	MARCO H 1		PINTURA																	TRAMO RECTO DESPUES DE SOLDADURA CORROSIÓN TIPO PICADURA DM 1.5 LxA 6200x360 DJA 0 PH 1 a 12
112																				TRAMO RECTO ANTES DE SOLDADURA CORROSIÓN TIPO PICADURA DM 1.5 LxA 6200x360 DJA 0 PH 1 a 12
113	MARCO H 1		PINTURA																	TRAMO RECTO DESPUES DE SOLDADURA CORROSIÓN TIPO PICADURA DM 1.5 LxA 1012x360 DJA 0 PH 1 a 12
114																				TRAMO RECTO ANTES DE SOLDADURA CONECCIÓN BRIDADA CORROSIÓN TIPO PICADURA DM 1.5 LxA 1012x360 DJA 0 PH 1 a 12
115																				TRAMO RECTO DESPUES DE SOLDADURA
116																				CODO 45 INICIO DE ENTERRAMIENTO

Figura 9

Registro Fotográfico (Inspección visual)



Se me permitió realizar esta técnica a mí solo, con la condición de que un Profesional en Entrenamiento revisara mi trabajo antes de ser entregado a oficina. Hice desde configurar el equipo que se requiere (Celular GPS, antena, colector GPS), hasta recorrer las líneas tomando puntos GPS, en los cuales se recopila información visual del estado de esta. A continuación, imágenes en donde realizo la técnica.

Figura 10

Inspección visual



Objetivo 2: Apoyar en la identificación del estado visual externo e interno de las tuberías dentro de los módulos de tratamiento,

Mediante la aplicación de técnicas de ensayos no destructivos (END) ejecutadas por Ingenieros Inspectores certificados Nivel II, con el fin de detectar condiciones anómalas como corrosión, pérdida de espesor o defectos estructurales.

Una vez expuestos los procesos de inspección de la tubería dentro del módulo de tratamiento de crudo, procederemos a la identificación de su estado. Como practicante, mi labor consiste en apoyar la caracterización de las anomalías detectadas por los Ingenieros Inspectores Nivel II en ensayos no destructivos. Este proceso incluye la inspección visual externa para identificar daños mecánicos, como entallas, abolladuras o deformaciones, así como la detección de corrosión externa (localizada o en forma de picaduras), evaluación del estado de las

soldaduras, y la identificación de fugas en tuberías, accesorios y válvulas. Además, se realiza la detección de daños internos mediante la técnica MRUT, con verificación a través de ultrasonido de espesores en modo Scan A/B, esto permite identificar casos de mecanismos de daños, causada por distintos fenómenos, incluyendo la presencia de corrosión microbiológica, CO₂, oxígeno, H₂S, así como fenómenos de erosión o la combinación de corrosión y erosión, entre otros mecanismos de daño presente.

Todas estas anomalías, ya sean por corrosión o daños mecánicos, se registran de manera sistemática. El proceso comienza con la medición de la profundidad del daño o la corrosión en milímetros, seguida de la determinación de su posición horaria y, finalmente, el cálculo del área total afectada (largo x ancho). Todo este procedimiento se realiza bajo la supervisión y las indicaciones del Ingeniero Inspector.

En las imágenes adjuntas se presentan ejemplos de estos daños: la primera muestra un caso de bajo espesor debido a corrosión interna, mientras que la segunda ilustra un caso de corrosión externa.

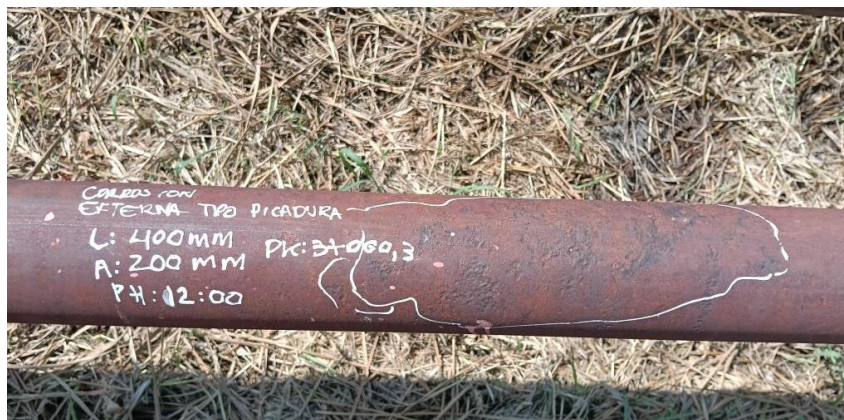
Figura 11

Caracterización de corrosión Interna



Figura 12

Caracterización de corrosión Externa



Es importante aclarar que la caracterización no es el único entregable proporcionado al cliente por la empresa. Toda la información obtenida a través de las técnicas de inspección mencionadas se organiza en carpetas incluye los isométricos digitalizado de la línea, los resultados de la inspección visual, el registro fotográfico, la cantidad de metros inspeccionados y hallazgos mediante la técnica MRUT con sensores EMAT y, finalmente, un archivo con los datos de la inspección por ultrasonido (UT) y finalmente realiza un informe final donde se muestran los hallazgos más relevantes de la inspección visual y los hallazgos relevantes encontrados por medio de las diferentes técnicas.

Toda esta información se carga progresivamente en una nube de información (drive) a medida que avanza la inspección de la línea. Una vez finalizada la inspección total, en la nube se entrega al personal encargado en la oficina, donde se elaboran los informes correspondientes.

Objetivo 3: Apoyar en la organización, clasificación y consolidación de la información

Información obtenida durante las inspecciones realizadas mediante técnicas END por los Ingenieros Inspectores Nivel II, con el propósito de facilitar su análisis, trazabilidad y posterior incorporación en los informes técnicos.

El entregable de la empresa incluye toda la información mencionada en el objetivo 2, presentada en carpetas que contienen los datos de la inspección junto con un informe general. *Es importante aclarar que, durante mi práctica, mi desempeño se enfocó exclusivamente en trabajo de campo, por lo que no tuve la oportunidad de participar en la elaboración de estos informes en oficina.* Sin embargo, se me proporcionaron informes previos elaborados por otros profesionales para mi estudio y análisis.

Por razones de confidencialidad, no puedo compartir la información específica contenida en estos documentos. No obstante, a partir de su lectura y análisis, pude comprender su estructura y propósito. El informe se organiza en ítems clave, donde se detallan los hallazgos de la inspección y se presentan recomendaciones para la ejecución de mantenimiento preventivo o correctivo, según sea necesario.

Figura 13

Informe general

SECCIÓN I	4
1. GENERALIDADES	4
1.1. OBJETIVO	4
1.2. ALCANCE	4
1.3. PERSONAL DE INSPECCIÓN	6
SECCIÓN II	7
2. LÍNEA DE INYECCIÓN YR-526	7
2.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE DISEÑO Y OPERACIÓN	7
2.2. EVALUACIÓN MECÁNICA Y DE CORROSIÓN.	11
2.3. ANÁLISIS INSPECCIÓN VISUAL DE TUBERÍA	13
2.3.1 SISTEMAS DE PROTECCIÓN CONTRA LA CORROSIÓN	13
2.3.2 TUBERÍA AÉREA CON SOPORTE	14
2.3.2.1 SOPORTES PARA MANTENIMIENTO	14
2.3.2.2 SOPORTES PARA CAMBIO	16
2.3.2.3 SOPORTES FALTANTES	17
2.3.3 TUBERÍA ENTERRADA	18
2.3.3.1 APIQUES	18
2.3.4 OBSERVACIONES GENERALES	21
2.3.4.1 TUBERÍA BAJO CÁRCAMO	21
2.3.4.2 PIERNAS MUERTAS	22
2.3.4.3 ACCESORIOS	23
2.4. ANÁLISIS INSPECCIÓN VISUAL DE DERECHO DE VÍA	28
2.4.1 DERECHO DE VÍA INUNDADO	28

En cada uno de estos ítems el proceso es el mismo, tomemos de ejemplo los soportes.

Primero se hace un conteo general de la cantidad de soportes, cuales están en buen estado,

cuales, en mal estado, donde están ubicados estos soportes en mal estado y que recomendaciones se dan para corregirlo, en este caso puede ser desde hacer un arreglo al soporte, hasta tener que cambiarlo por uno nuevo. Para cambios se habla de manera muy específica respecto al mismo, en caso digamos de una válvula, se indica el tipo de válvula, la marca, el diámetro y el rating de esta.

En el apartado de corrosión se indica el tipo de corrosión, ya sea interna o externa, que se presenta y la manera más adecuada en la que se recomienda tratarla, manejando niveles de riesgo, para hacer entender si es posible hacerle un mantenimiento o si se requiere un cambio lo más pronto posible.

Conclusiones

Relevancia del mantenimiento preventivo: A lo largo del ciclo de vida de los equipos estáticos, la implementación de programas de mantenimiento resulta fundamental. Si bien el mantenimiento correctivo cumple un rol importante en la respuesta a fallas, es el mantenimiento preventivo el que permite anticiparse a ellas, favoreciendo la detección temprana de anomalías y la aplicación oportuna de medidas correctivas. Esta estrategia es clave para evitar pérdidas de contención y preservar la seguridad operacional.

Importancia de los Ensayos No Destructivos (END): Las técnicas de inspección mediante ensayos no destructivos, junto con el análisis de integridad estructural, constituyen herramientas esenciales para la evaluación del estado de equipos estáticos. En este contexto, la labor realizada por Corporación CIMA, en la cual tuve la oportunidad de participar, contribuye de manera significativa a la confiabilidad de instalaciones industriales, especialmente en componentes como sistemas de tuberías, recipientes a presión y tanques de almacenamiento.

Aprendizaje técnico y participación activa: Durante mi estancia en Corporación CIMA, participé activamente en diversas actividades técnicas relacionadas con END. Entre ellas, destaco mi apoyo en la técnica EMAT, donde asistí en la manipulación y desplazamiento del equipo. Además, la elaboración de planos isométricos me brindó la oportunidad de desarrollar competencias en el registro y análisis de datos técnicos.

Contribución a la formación profesional: La experiencia adquirida durante esta práctica profesional ha fortalecido significativamente mis conocimientos en el área de ensayos no destructivos y ha contribuido a mi formación como futuro profesional de la ingeniería. La exposición directa al entorno laboral y la aplicación de técnicas especializadas constituyen un aporte valioso para mi desarrollo académico y técnico.

Referencias

Evident. (2024). *Preguntas frecuentes acerca de los ensayos ultrasónicos*. Obtenido de

<https://ims.evidentscientific.com/es/learn/ultrasonic-testing-faqs>

GE Inspection Technologies. (2015). *DMS Go+ Series Ultrasonic Thickness Gauges – User Manual*.

Innerspec. (2024). Tecnología EMAT. *Preguntas frecuentes sobre EMAT*. Obtenido de

<https://www.innerspec.com/es-es/emat-technology>

Manual técnico del equipo DMS Go+ con especificaciones, métodos de operación y recomendaciones prácticas.

Olympus Corporation. (2020). *Ultrasonic Testing Solutions Catalog*.