

INSPECCIÓN EN EL COMISIONADO DE EQUIPOS ESTÁTICOS: LECCIONES CLAVE PARA UNA PUESTA EN MARCHA CONFIABLE EN UNA PLANTA TOPPING

Pablo Di Mauro - GIE Group - dimauro@giegroup.net

Guillermina Toro - GIE Group - toro@giegroup.net

Agostina Santucho - GIE Group - santucho@giegroup.net

Federico Valdebenito – RefiPampa - f.valdebenito@grupokalpa.com.ar

Esteban Rubertis – GIE Group – rubertis@giegroup.net

Sinopsis

El comisionado de activos es una etapa estratégica que garantiza la integridad y confiabilidad de una planta desde su arranque. Las estadísticas muestran una mayor tasa de fallas en los primeros ciclos operativos, donde se evidencian defectos que no fueron detectados en la etapa de construcción. En ese contexto, la inspección detallada de equipos estáticos se vuelve crucial para validar la calidad constructiva y anticipar desviaciones que puedan comprometer la operación futura.

Durante la primera parada programada de una planta Topping operada por RefiPampa, se detectaron múltiples anomalías en equipos estáticos: soldaduras incompletas, discontinuidades de fabricación, porosidad en soldaduras (colonias de poros) y deficiencias de montaje. Estos defectos no habían sido identificados en el comisionado inicial, y representaban riesgos para la seguridad y continuidad operativa.

Este trabajo presenta las principales lecciones aprendidas y propone un enfoque práctico para integrar la inspección como parte esencial del proceso de comisionado. Se plantea la necesidad de evaluar cuidadosamente la documentación de fabricación y diseñar un plan de inspección de “línea base”, que sea técnicamente efectivo y económicamente equilibrado. Este enfoque también permite sentar las bases para la futura gestión de integridad de los activos industriales.

Finalmente, se destaca la importancia del involucramiento del equipo de integridad desde fases tempranas de diseño y fabricación, asegurando una transición fluida desde la etapa constructiva hacia la puesta en servicio y posterior operación.

Introducción

La vida útil de un activo industrial se extiende desde su diseño y fabricación hasta su retiro de servicio. Durante ese período, atraviesa distintas fases operativas en las que pueden aparecer modos de falla con diversas causas y frecuencias. Modelos como la curva de la bañera permiten representar esta evolución del riesgo de falla a lo largo del ciclo de vida. Comprender estas etapas resulta clave para definir estrategias de mantenimiento que aseguren confiabilidad y disponibilidad operativa.

En la actualidad, la etapa de comisionado suele centrarse en la habilitación operativa de los sistemas, priorizando los cronogramas de arranque (puesta en servicio). Esto conlleva a una reducción en los controles de calidad finales, particularmente en equipos estáticos, lo cual puede derivar en fallas tempranas no previstas.

Este trabajo aborda la relevancia de incorporar inspecciones técnicas programadas como parte integral del comisionado, con el objetivo de detectar desviaciones críticas antes del inicio de la operación y fortalecer la confiabilidad desde las primeras etapas del ciclo de vida del activo.

Desarrollo

El ciclo de vida de un activo industrial puede dividirse en varias etapas claramente diferenciadas: diseño, fabricación, puesta en marcha, operación y decomisionado. Durante la fase de diseño y fabricación se seleccionan materiales, procesos constructivos y normas de referencia que definirán los límites operativos y las tolerancias del equipo. Una correcta puesta en marcha permite validar estos parámetros en condiciones reales y corregir posibles desviaciones.

La etapa operativa representa la mayor parte de la vida útil del activo, e implica la exposición continua a esfuerzos mecánicos, químicos, térmicos o ambientales que pueden generar diversos mecanismos de degradación, tales como corrosión, fatiga, erosión o envejecimiento térmico, según el tipo de equipo y su contexto operativo. Esta etapa requiere de una gestión activa mediante programas de mantenimiento correctivo, preventivo y/o predictivo, cuyo objetivo es minimizar el riesgo de falla y maximizar la disponibilidad.

Finalmente, el activo entra en una fase de retiro cuando deja de cumplir con las condiciones técnicas, económicas o normativas requeridas. El decomisionado incluye tanto el cese seguro de operaciones como el desmontaje, descontaminación y disposición o reciclaje de sus partes.

La curva de la bañera es una herramienta conceptual ampliamente utilizada para representar la evolución de la tasa de fallas a lo largo del ciclo de vida de un activo. Permite distinguir tres etapas principales:

- En la fase inicial (fallas de infancia/prematuras), se registra una mayor frecuencia de fallas asociadas a errores de diseño, fabricación, instalación o condiciones de arranque no controladas. Estas pueden mitigarse mediante inspecciones iniciales, pruebas de aceptación y protocolos de puesta en marcha robustos.
- En la fase estable, la tasa de fallas se mantiene relativamente constante y responde a causas aleatorias. Aquí es donde cobran mayor relevancia los planes de mantenimiento predictivo o basados en condición.
- En la fase de desgaste, la tasa de fallas aumenta progresivamente debido al agotamiento de materiales, acumulación de daño o pérdida de propiedades. En este período, las estrategias de mantenimiento correctivo o los análisis de reemplazo se vuelven claves.



Figura 1 – Curva de la bañera

La identificación precisa de estas etapas permite optimizar recursos y extender la vida útil efectiva del activo.

Durante las inspecciones realizadas en la parada de planta de una unidad Topping, se detectaron múltiples anomalías en equipos estáticos: soldaduras incompletas, discontinuidades de fabricación, porosidad en soldaduras (colonias de poros) y deficiencias de montaje. Estas anomalías, relevadas a tan solo dos años de la puesta en marcha, evidencian necesidades de mejora en el proceso de comisionado original.

En las siguientes figuras pueden observarse algunas de las anomalías detectadas:



Figura 2 – Indicación en finalización de soldadura longitudinal de envoltente

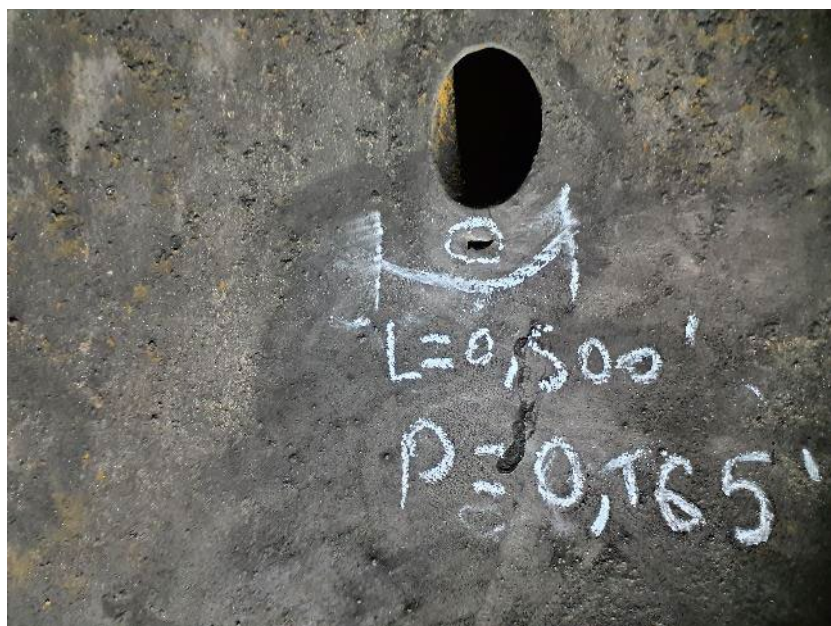


Figura 3 – Falta de fusión en soldadura interna de acometida de 2"

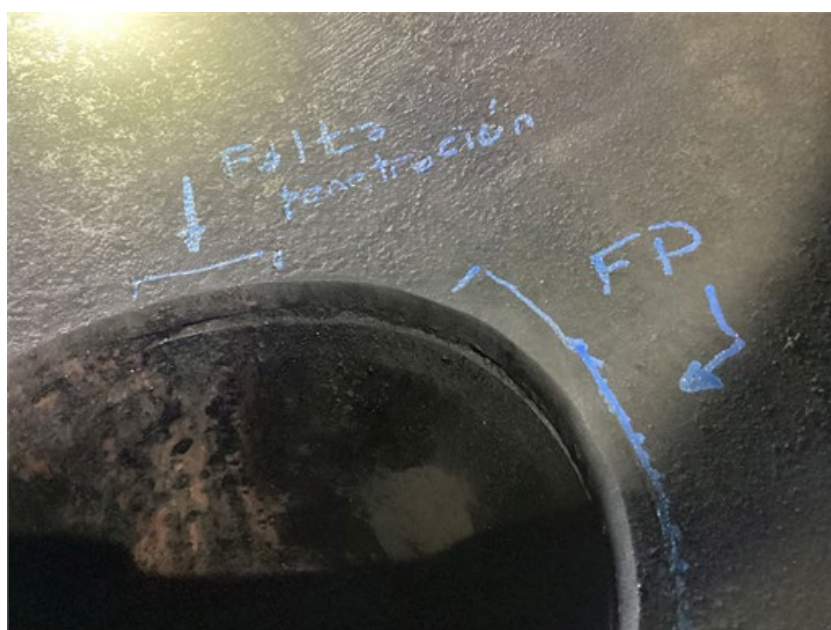


Figura 4 – Falta de penetración en soldadura interna de acometida

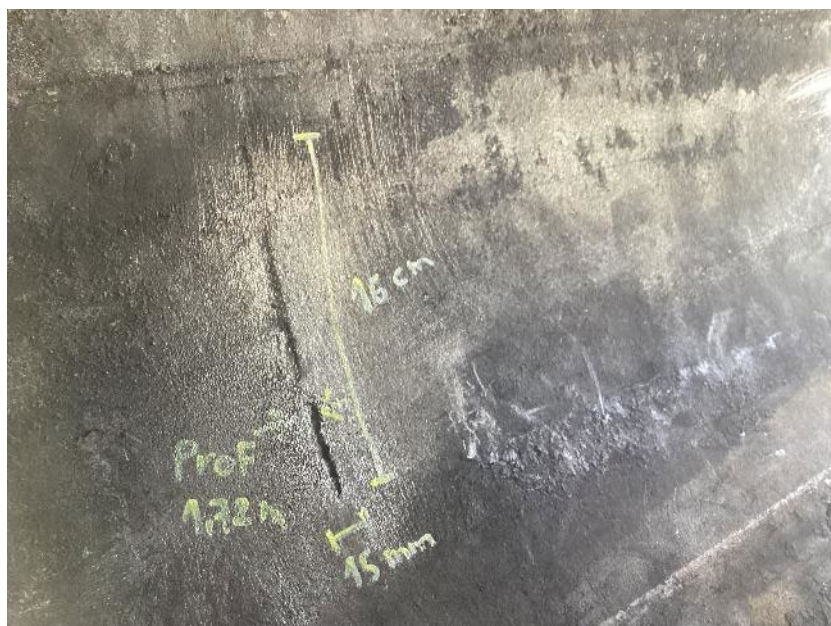
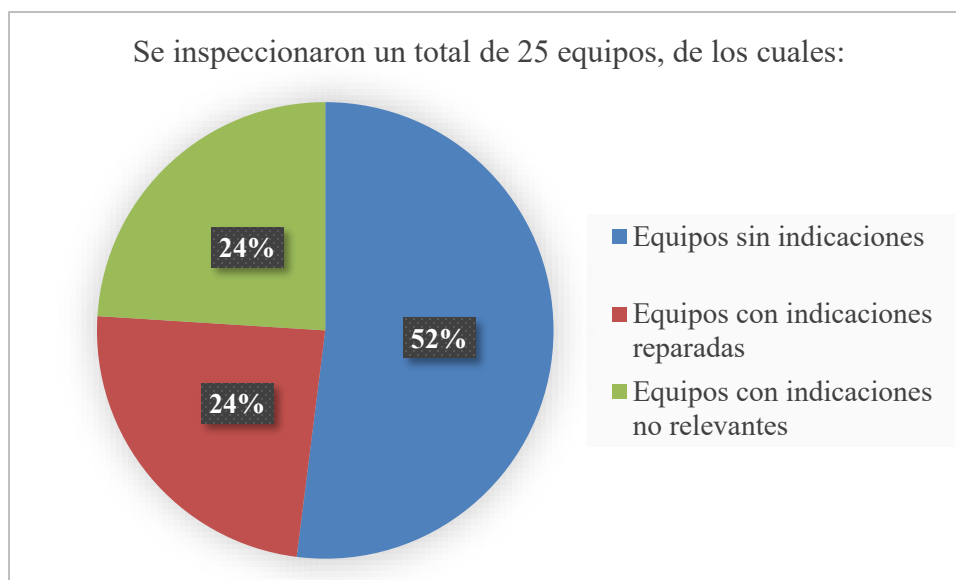


Figura 5 – Marcas mecánicas profundas en envoltente a causa del montaje del mazo de tubos

Tanto las indicaciones expuestas anteriormente como el resto de los defectos encontrados fueron advertidas al momento de la inspección, reparadas (por el área de mantenimiento) en todos los casos y posteriormente evaluadas como aptas para el servicio, previo a la finalización de la campaña de la inspección.

A continuación, se detallan las indicaciones encontradas durante la parada de planta



Estos hallazgos evidencian la importancia de incorporar criterios de integridad desde las etapas tempranas del ciclo de vida. Una adecuada gestión en el diseño, la fabricación e instalación permite anticipar riesgos, reducir retrabajos y mejorar la disponibilidad operativa futura.

Para ello, es fundamental:

- Que el diseño contemple accesos para inspección (manholes, handholes) y facilite la evaluación estructural.
- Que durante la fabricación e instalación se recopile documentación completa de calidad, conforme a lo establecido por códigos como API 510 (sección 6.2.1.2), incluyendo certificados de materiales, procedimientos de soldadura y registros de END (Ensayos No Destructivos).
- Que se incorpore la figura del API Source Inspector, que asegura el cumplimiento de especificaciones durante la fabricación.

A su vez, un elemento clave para evitar fallas prematuras, es la elaboración de un plan de inspección inicial o línea base, a ejecutar antes de la puesta en marcha. Este plan permite establecer el estado inicial del activo, facilitando evaluaciones futuras y decisiones basadas en datos reales, tales como la velocidad o tasa de corrosión. Su implementación temprana reduce incertidumbres técnicas durante paradas programadas y optimiza los costos de integridad a lo largo de la vida útil.

Este plan debe encontrar un equilibrio entre profundidad técnica y viabilidad económica. No todos los activos requieren el mismo nivel de atención, por lo que se recomienda aplicar criterios de priorización basados en criticidad. Herramientas como el análisis de riesgo (RBI - “Risk Based Inspection”) permiten definir qué equipos requieren inspecciones exhaustivas y cuáles pueden evaluarse con metodologías estándar. Este balance mejora el uso de los recursos y focaliza los esfuerzos en los puntos más sensibles para la integridad del sistema.

La inspección inicial no debe entenderse como una acción puntual, sino como el primer paso de una estrategia continua de gestión de activos. Documentar adecuadamente los resultados del plan de línea base permite establecer condiciones de referencia que servirán como punto de comparación en futuras intervenciones. Este enfoque facilita el seguimiento de la evolución de defectos, la planificación del mantenimiento y la toma de decisiones informadas.

Además, fomenta una cultura de integridad alineada con estándares internacionales, en la que cada etapa del ciclo de vida del activo está orientada a prevenir fallas, optimizar costos y extender la vida útil. El plan de línea base actúa como el punto de partida para una gestión técnica integral desde el diseño hasta el fin de vida del equipo.

Conclusiones

Los hallazgos observados durante la parada de planta de la unidad topping, evidencian que el proceso de comisionado inicial tiene varias oportunidades de mejoras en las que se debe trabajar para evitar fallas tempranas de alto impacto, tanto en términos operativos como de seguridad. Este caso deja en evidencia que el comisionado no debe limitarse únicamente a la habilitación funcional de los sistemas, sino que debe considerar a su vez inspecciones técnicas rigurosas, especialmente

en equipos estáticos, que por su naturaleza operan bajo condiciones severas y son más susceptibles a fallas asociadas a defectos constructivos o de montaje.

Incorporar un plan de inspección de línea base desde el inicio del ciclo de vida permite establecer condiciones técnicas de referencia claras y objetivas, facilitando el seguimiento de la integridad estructural a lo largo del tiempo. Este enfoque posibilita detectar y corregir desviaciones antes del arranque, optimizar recursos de mantenimiento, reducir incertidumbres durante paradas programadas y extender la vida útil de los activos.

Asimismo, se destaca la importancia de integrar criterios de integridad desde las etapas tempranas del diseño, la fabricación y la instalación. La participación activa de equipos técnicos y de confiabilidad en estas fases permite anticipar riesgos, prever requerimientos de inspección y asegurar la trazabilidad documental, sentando las bases para una gestión de integridad eficaz y sostenible.

Adoptar una visión integral del comisionado, con énfasis en la inspección técnica y la prevención de fallas, constituye una práctica esencial para garantizar la confiabilidad y disponibilidad de los activos industriales desde su puesta en servicio.

Principales conceptos:

- El comisionado debe incluir inspecciones rigurosas como parte esencial del proceso.
- La inspección de equipos estáticos (recipientes y sistemas de tuberías) es clave para prevenir fallas operativas.
- Un plan de inspección inicial o línea base permite gestionar la integridad estructural a largo plazo.
- La participación temprana del equipo de integridad en las etapas de diseño y fabricación de activos permite anticipar riesgos y mejorar la gestión de los mismos.

Bibliografía

- API 510. (Ed. 2022). Pressure Vessel Inspection Code: In-Service Inspection, Rating, Repair, and Alteration.
- Moubray, J. (1997). Reliability-centered maintenance (2nd ed.). Industrial Press Inc.

CV breve de autores

Pablo Di Mauro

Título y lugar de estudio: Ingeniero Mecánico – Universidad Nacional de Mar del Plata

Cargo actual en la empresa: Tecnólogo en integridad e inspección – Inspector API 510 –

Inspector Nivel II UT, LP y PM (ASNT)

Trayectoria: GIE Group (2014 – actualidad)

Federico Valdebenito

Título y lugar de estudio: Técnico Superior en Mantenimiento Industrial - Instituto Superior de Formación Técnica N°190

Cargo actual en la empresa: Responsable de Integridad Mecánica

Trayectoria: Refipampa - Coordinador de Mantenimiento (2022-2023) - Responsable de Integridad Mecánica (2024 - Actualidad)

Guillermina Toro

Título y lugar de estudio: Ingeniera Química – Universidad Nacional de Mar del Plata

Cargo actual en la empresa: Analista de Integridad e Inspección – Inspectora Nivel I UT (ASNT)

Trayectoria: GIE Group (2022 – actualidad)

Agostina Santucho

Título y lugar de estudio: Ingeniera Química – Universidad Nacional de Mar del Plata

Cargo actual en la empresa: Ingeniera de Integridad y Riesgo – Inspectora Nivel II UT (ASNT)

Trayectoria: GIE Group (2021 – actualidad)

Federico Valdebenito

Título y lugar de estudio: Técnico Superior en Mantenimiento Industrial - Instituto Superior de Formación Técnica N°190

Cargo actual en la empresa: Responsable de Integridad Mecánica

Trayectoria: Refipampa - Coordinador de Mantenimiento (2022-2023) - Responsable de Integridad Mecánica (2024 - Actualidad)

Esteban Rubertis

Ingeniero Mecánico de la Universidad Nacional de Mar del Plata, con más de 25 años de experiencia en implementación de sistemas de gestión de integridad mecánica de plantas de proceso de la industria del gas y petróleo.

- Certificado en API 580 - RBI (CN 42117),
- Inspector Autorizado de Cañerías API 570, (CN 36400),
- Inspector Autorizado de Recipientes API 510 (CN 40784).
- Profesor titular de la Universidad Nacional de Mar del Plata,
- Autor del libro “Diseño de Cañerías y Recipientes de Presión” (EUDEM 2008).

Cargo en GIEGROUP – Responsable de Cotizaciones – Consultor