



XXVIII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANTENIMIENTO Y GESTIÓN DE ACTIVOS

22 AL 24 DE ABRIL DE 2026. Bogotá - Colombia



Tecnologías habilitadoras para estudios de corrosión en activos industriales: un caso de innovación aplicada

Congreso Internacional de Mantenimiento y Gestión de Activos Físicos — CIMGA 2026

Ing. Federico Cervera B., M. Sc.
Universidad Central
Carrera. 5 # 21-38
E-mail: fcerverab@ucentral.edu.co
Bogotá, D.C. – Colombia

Ing. Luis Carlos Vanegas M.
Universidad Central
Carrera. 5 # 21-38
E-mail: lvanegasm3@ucentral.edu.co
Bogotá, D.C. – Colombia

Resumen

La corrosión interna constituye uno de los principales mecanismos de degradación en activos industriales sometidos a condiciones severas de operación, particularmente en sistemas de tuberías y líneas de alta presión. La efectividad de los estudios de corrosión depende, en gran medida, de la calidad, repetibilidad y seguridad de los procesos de inspección, los cuales continúan siendo altamente dependientes de la intervención manual, con elevados riesgos operativos y variabilidad en los resultados. Esta ponencia presenta un caso de innovación tecnológica aplicada a estudios de corrosión, analizado desde la perspectiva de la gestión de riesgos y la integridad de activos. La solución evaluada actúa como una tecnología habilitadora que permite estandarizar el acople de herramientas de inspección, reducir la exposición del personal, minimizar el error humano y disminuir los tiempos de intervención en activos críticos. Desde un enfoque de Asset Integrity Management (AIM), la innovación se evalúa como un facilitador de estrategias de inspección más confiables y consistentes, alineadas con metodologías basadas en riesgo (Risk-Based Inspection — RBI) y en el ciclo de vida del activo. Los resultados evidencian una reducción del 56% en hombre-minuto de exposición y del 34% en tiempo total de intervención, con impacto directo sobre la calidad del

dato de corrosión y la confiabilidad del programa de integridad.

Palabras clave — corrosión interna; tecnología habilitadora; cupones de corrosión; integridad de activos; Risk-Based Inspection; gestión de riesgos operacionales; Bow-Tie; hombre-minuto.

I. Introducción: Desafíos actuales de la inspección industrial

Los sistemas de transporte de hidrocarburos a alta presión, incluyendo líneas de gas natural, condensados y otros fluidos energéticos, operan bajo condiciones termodinámicas y químicas que favorecen el desarrollo de mecanismos de degradación interna. La presencia simultánea de agua libre, dióxido de carbono (CO_2) y, en menor medida, sulfuro de hidrógeno (H_2S), configura ambientes altamente agresivos donde la corrosión generalizada y localizada constituyen amenazas primarias para la integridad estructural de las tuberías [1].

La gestión efectiva de la integridad de estos activos requiere información confiable, periódica y técnicamente sólida sobre tasas de corrosión, pérdida de espesor acumulada y comportamiento del material en servicio. Esta información es insumo fundamental para la calibración de modelos de predicción de vida útil residual, la priorización de intervenciones de



XXVIII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANTENIMIENTO Y GESTIÓN DE ACTIVOS

22 AL 24 DE ABRIL DE 2026. Bogotá - Colombia



mantenimiento y el ajuste de las frecuencias de inspección en el marco de programas RBI (Risk-Based Inspection), conforme a lo establecido en API RP 580 [1] y complementado por criterios de aceptabilidad de riesgo definidos por cada organización.

Entre los métodos de monitoreo de corrosión disponibles, el uso de cupones metálicos expuestos al fluido de proceso continúa siendo una práctica ampliamente extendida en la industria de hidrocarburos, energía y manufactura. Su vigencia se sustenta en atributos operativos bien documentados: bajo costo de implementación, alta trazabilidad analítica mediante gravimetría, capacidad de identificación visual de morfología del ataque corrosivo, y correlación directa entre pérdida de masa y tasa de corrosión expresada en mils por año (mpy) o milímetros por año (mm/año), según los criterios de NACE SP0775 [4].

Sin embargo, la robustez técnica del método depende de manera crítica de la calidad de la intervención operativa en campo. Deficiencias en el proceso de instalación o recuperación del cupón —como alineación defectuosa del portacupón, acople incompleto del solid plug-retriever, o tiempos de exposición inconsistentes— introducen fuentes de error que comprometen la validez estadística del dato de corrosión y, por extensión, la confiabilidad de las decisiones de gestión basadas en dicho dato.

La presente ponencia analiza un caso de innovación tecnológica orientado a superar estas limitaciones mediante la incorporación de una tecnología habilitadora en el proceso de inserción y recuperación de cupones de corrosión en sistemas presurizados. El análisis se estructura desde la perspectiva de la gestión de riesgos operacionales y la gestión de activos físicos, con énfasis en el impacto sobre la seguridad del personal, la estandarización del proceso y la calidad del dato técnico generado.

II. Proceso tradicional y criticidad operacional

La instalación de un access fitting para monitoreo de corrosión mediante cupones es un proceso de múltiples etapas que involucra disciplinas de soldadura, pruebas hidrostáticas y operaciones bajo presión. En condiciones de operación estándar, el proceso completo de instalación del sistema base puede requerir entre 60 y 90 minutos, incluyendo las siguientes fases:

- Medición de espesores y verificación de integridad de la tubería en el punto de instalación.
- Soldadura del fitting y del cuerpo base conforme a procedimientos calificados bajo ASME B31.8 [2].
- Prueba hidrostática de la conexión soldada para verificar ausencia de fugas.
- Montaje de la válvula de servicio y accesorios de presión.
- Perforación controlada de la tubería bajo presión (hot tap), utilizando la máquina de tapping integrada al sistema.

Una vez instalado el sistema base, las operaciones recurrentes de inserción y recuperación (pesca) del cupón constituyen las intervenciones periódicas más frecuentes dentro del programa de monitoreo. Cada ciclo de intervención expone al personal a condiciones presurizadas que pueden superar los 3,000 psi (206 bar) en sistemas de alta presión, lo que clasifica estas operaciones dentro de las actividades de mayor riesgo inherente en facilidades industriales.

El proceso convencional de inserción y recuperación emplea un sistema solid plug-retriever operado manualmente. Este dispositivo requiere que el operador realice un acople preciso entre el portacupón y el mecanismo de sujeción, bajo condiciones que frecuentemente incluyen acceso restringido, exposición a temperaturas ambientales extremas, y presión de tiempo derivada de los protocolos



XXVIII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANTENIMIENTO Y GESTIÓN DE ACTIVOS

22 AL 24 DE ABRIL DE 2026. Bogotá - Colombia



operativos. La dependencia de la pericia individual del operador introduce variabilidad inherente tanto en los tiempos de ejecución como en la calidad del acople, generando una fuente de error sistemático en el proceso de monitoreo.

III. Limitaciones del método tradicional

A. Dimensión temporal y exposición humana

En el contexto operacional evaluado, los tiempos medios registrados para el proceso tradicional fueron los siguientes: la instalación del cupón requería aproximadamente 15 minutos, mientras que la operación de pesca o recuperación demandaba 20 minutos adicionales, para un tiempo total de intervención directa de 35 minutos por ciclo. Con una dotación estándar de tres (3) operadores por intervención —requerimiento justificado por los protocolos de seguridad en trabajos bajo presión que exigen un operador principal, un asistente y un vigía— la exposición total acumulada alcanzaba 105 hombre-minuto por cada ciclo de intervención.

Cuando se consideran programas de monitoreo con frecuencias trimestrales o mensuales, el volumen acumulado de exposición a lo largo de un año puede superar las 1,260 hombre-minuto solo en operaciones de inserción y recuperación de cupones, sin incluir el tiempo asociado a traslados, permisos de trabajo y procedimientos de bloqueo y etiquetado (LOTO).

B. Variabilidad del proceso y calidad del dato

Desde una perspectiva metrológica, la variabilidad inherente al proceso manual de acople del solid plug-retriever afecta directamente la calidad del dato de corrosión generado. Los factores críticos de calidad identificados incluyen: (i) posicionamiento axial inconsistente del cupón dentro del cuerpo del fitting, que puede modificar el perfil de flujo al que se expone la muestra; (ii) variaciones en el par de apriete aplicado, con riesgo de daño mecánico al cupón o al

sistema de sujeción; y (iii) contaminación del cupón por contacto con superficies externas durante la maniobra de inserción, que puede distorsionar los resultados gravimétricos.

Estas fuentes de variabilidad dificultan la comparabilidad entre ciclos de monitoreo sucesivos y entre diferentes puntos de muestreo en la red de tuberías, reduciendo la utilidad estadística de los datos para la construcción de modelos de predicción de corrosión y la calibración de inhibidores de corrosión.

C. Riesgos operacionales asociados

El análisis de riesgos del proceso tradicional identifica como evento de mayor consecuencia la fuga no controlada de fluido presurizado durante la maniobra de inserción o recuperación. Las causas raíces potenciales incluyen: acople incompleto del retriever, desgaste del sistema de sellado de la válvula de servicio, y errores de secuenciación en el procedimiento operativo. Las consecuencias asociadas comprenden desde exposición del personal a fluidos a alta temperatura y presión, hasta liberación al ambiente de hidrocarburos o gases tóxicos, con potencial de ignición en atmósferas clasificadas.

IV. Tecnología habilitadora como barrera de tratamiento del riesgo

La tecnología habilitadora evaluada en este trabajo cuenta con protección formal de propiedad intelectual mediante la patente de invención CO2021014834A1, titulada 'Dispositivo de acoplamiento de herramientas en líneas de tubería', concedida por la Superintendencia de Industria y Comercio de Colombia (SIC) con fecha de publicación del 10 de diciembre de 2021, con número de solicitud CONC2021/0014834A [8]. La invención fue desarrollada por los autores, con la Universidad Central como titular de la patente.



XXVIII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANTENIMIENTO Y GESTIÓN DE ACTIVOS

22 AL 24 DE ABRIL DE 2026. Bogotá - Colombia



El objeto de la patente es un dispositivo de acoplamiento que se ensambla sobre la válvula de servicio de una línea de tubería y permite la recepción estandarizada de la punta de herramienta del retriever para la inserción y extracción del portacupones que incorpora la placa de monitoreo de corrosión. Esta descripción funcional corresponde precisamente con el sistema de sujeción por esferas evaluado en el caso aplicado descrito en las secciones anteriores.

A. Descripción funcional del sistema

La tecnología habilitadora evaluada introduce un mecanismo de acople estandarizado basado en un sistema de sujeción por esferas (ball-lock mechanism), que sustituye la dependencia de ajustes manuales finos por un acople de enclavamiento positivo, reproducible y verificable por el operador mediante indicación táctil y/o visual. Este diseño reduce de manera significativa los grados de libertad en la maniobra de inserción, eliminando la variabilidad asociada a la interpretación individual del operador respecto al estado de acople del sistema. El sistema permite además la ejecución de la intervención con una dotación reducida de dos (2) operadores en lugar de tres, dado que el mecanismo de enclavamiento positivo elimina la necesidad de un asistente dedicado a la verificación manual del acople durante la operación. Esta reducción en la dotación operativa tiene implicaciones directas sobre la gestión del riesgo por exposición humana.

B. Marco conceptual: reducción del riesgo como producto $T \times N$

Desde el enfoque cuantitativo de la gestión de riesgos, la probabilidad de ocurrencia de un evento operacional adverso durante intervenciones manuales bajo presión puede modelarse, en primera aproximación, como función del tiempo de exposición (T) y del número de operadores expuestos (N), expresada como:

$$P_e \propto T \times N$$

Esta relación, consistente con los principios de análisis de exposición acumulada utilizados en metodologías como ALARP (As Low As Reasonably Practicable) y OSHA Process Safety Management, establece que la reducción del producto $T \times N$ constituye una estrategia de mitigación del riesgo cuantificable y directamente atribuible a la intervención tecnológica. En el caso evaluado, la reducción del 56% en hombre-minuto representa una disminución proporcional estimada en la probabilidad de evento asociado a manipulación del sistema de inspección.

C. Posicionamiento en el modelo Bow-Tie

El modelo Bow-Tie conceptual para el evento central 'falla operacional durante manipulación del sistema de inspección bajo presión' estructura las barreras de control de la siguiente manera:

Las amenazas identificadas en el lado de prevención incluyen: error de alineación en el acople del retriever, acople incompleto del mecanismo de sujeción, y manipulación indebida de la válvula de servicio fuera de la secuencia operativa. El sistema de sujeción por esferas actúa como barrera preventiva directa frente a las dos primeras amenazas, al eliminar la posibilidad de acople incompleto no detectado y garantizar la alineación correcta mediante enclavamiento positivo.

En el lado de mitigación, las barreras existentes incluyen procedimientos de respuesta a emergencias de fuga, equipos de protección personal de nivel II para trabajo bajo presión, y sistemas de aislamiento rápido. La tecnología habilitadora reduce la probabilidad de activación de estas barreras de mitigación al actuar sobre las causas raíces del evento central.



XXVIII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANTENIMIENTO Y GESTIÓN DE ACTIVOS

22 AL 24 DE ABRIL DE 2026. Bogotá - Colombia



V. Resultados del caso aplicado

A. Contexto de la evaluación

La evaluación se realizó sobre un conjunto de diez (10) intervenciones de inserción y recuperación de cupones de corrosión en un grupo de activos de la misma clase, diseñados para operar a presiones de diseño de hasta 3,000 psi (206 bar). Las condiciones de operación correspondían a un sistema de transporte de gas en ambiente dulce con presencia de CO₂, temperatura de operación en rango de 40°C a 65°C y flujos de gas en régimen de flujo de alta velocidad, condiciones representativas de los escenarios de mayor agresividad corrosiva para aceros al carbono.

Las intervenciones se registraron con cronometrado independiente realizado por observador externo, bajo condiciones operativas reales de campo, sin modificaciones al entorno de trabajo ni condiciones experimentales controladas. Cada intervención incluyó las fases de preparación del área, montaje del sistema retriever, inserción o recuperación del cupón, y desmontaje y verificación del estado del sistema de sellado.

B. Resultados de tiempos de intervención

Los tiempos medios registrados para cada fase del proceso, comparando el método tradicional y el método con sistema de sujeción por esferas, se presentan en la Tabla 1. Los resultados muestran reducciones consistentes en todas las fases del proceso, con mayor impacto relativo en la fase de instalación del cupón, donde la estandarización del acople elimina los tiempos de ajuste manual iterativo característicos del método convencional.

Tabla 1. Comparación de tiempos de intervención (minutos)

Parámetro	Método Tradicional	Con Tecnología Habilitadora	Reducción
Instalación del cupón	15	7	53%
Recuperación (pesca)	20	16	20%
Tiempo total	35	23	34%
Operadores requeridos	3	2	33%
Hombre-minuto total	105	46	56%

VI. Análisis cuantitativo de reducción de riesgo

La reducción total en hombre-minuto de exposición, del orden del 56%, constituye el indicador de mayor relevancia desde la perspectiva de la gestión del riesgo operacional. Para contextualizar su significancia práctica, se plantea el siguiente análisis de proyección anual:

Considerando un programa de monitoreo con frecuencia mensual (12 ciclos/año) y asumiendo que cada ciclo involucra una intervención de instalación seguida de una de recuperación al final del período de exposición, el número total de intervenciones anuales por punto de muestreo es de 24. La exposición acumulada anual bajo el método tradicional asciende a 2,520 hombre-minuto ($105 \text{ hombre-minuto} \times 24 \text{ intervenciones}$), equivalente a 42 hombre-hora de exposición directa en operaciones bajo presión por punto de muestreo por año.

Con la tecnología habilitadora, esta cifra se reduce a 1,104 hombre-minuto ($46 \text{ hombre-minuto} \times 24 \text{ intervenciones}$), equivalente a 18.4 hombre-hora



XXVIII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANTENIMIENTO Y GESTIÓN DE ACTIVOS

22 AL 24 DE ABRIL DE 2026. Bogotá - Colombia



anuales, representando un ahorro de 23.6 hombre-hora de exposición por punto de muestreo por año. En redes de monitoreo con múltiples puntos de muestreo —escenario habitual en instalaciones de gran escala— el impacto acumulado sobre la reducción de exposición humana y sobre la eficiencia operativa del programa de monitoreo es sustancial.

Adicionalmente, la reducción en el número de operadores por intervención (de 3 a 2) tiene implicaciones directas sobre la optimización de recursos humanos especializados y sobre la simplificación de los permisos de trabajo requeridos, reduciendo los tiempos asociados a la logística de coordinación de las intervenciones.

VII. Impacto estratégico en gestión de activos

A. Calidad del dato de corrosión y confiabilidad del programa RBI

La estandarización del proceso de inserción y recuperación del cupón, habilitada por el mecanismo de enclavamiento positivo, tiene un impacto directo sobre la calidad metrológica del dato de corrosión generado. Al eliminar la variabilidad asociada al posicionamiento manual del cupón y garantizar condiciones de exposición reproducibles entre ciclos de monitoreo, se incrementa la confiabilidad estadística de los datos de pérdida de masa y tasa de corrosión.

Esta mejora en la calidad del dato tiene consecuencias estratégicas significativas para los programas de integridad basados en riesgo (RBI). En el marco de API RP 580 [1], la incertidumbre asociada a los datos de entrada de tasas de corrosión es un factor determinante en el nivel de confianza de la evaluación de riesgo y, por tanto, en la definición de las frecuencias de inspección y los plazos máximos de operación sin inspección (Maximum Allowable

Operating Period, MAOP). Una reducción en la incertidumbre del dato de corrosión puede traducirse en la justificación técnica de extensiones del intervalo de inspección, con el consiguiente impacto positivo sobre los costos de operación y mantenimiento del programa de integridad.

B. Alineación con marcos normativos y estándares internacionales

La tecnología habilitadora evaluada se alinea con los principios rectores de los principales estándares internacionales aplicables a la gestión de integridad de activos industriales. ISO 55001 [3] establece como requisito fundamental que las organizaciones gestionen sus activos de manera sistemática para maximizar el valor generado, minimizando el riesgo y los costos asociados a lo largo del ciclo de vida. La incorporación de tecnologías que mejoran la confiabilidad del proceso de inspección y reducen la exposición operativa constituye una implementación práctica de este principio.

NACE SP0775 [4] establece los criterios técnicos para el uso de cupones de corrosión como herramienta de monitoreo, incluyendo requisitos de limpieza, instalación, exposición y análisis. La estandarización del proceso de inserción y recuperación habilitada por la tecnología evaluada contribuye directamente al cumplimiento de estos requisitos, particularmente en lo referente a la reproducibilidad de las condiciones de instalación.

C. Potencial de integración con plataformas digitales y sistemas de gestión

El impacto de la tecnología habilitadora se amplifica cuando se considera su integración con plataformas digitales de gestión de activos y sistemas de información de mantenimiento (CMMS/EAM). La estandarización del proceso de intervención permite la definición de procedimientos operativos estándar (SOP) con tiempos de ejecución predecibles, lo que



XXVIII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANTENIMIENTO Y GESTIÓN DE ACTIVOS

22 AL 24 DE ABRIL DE 2026. Bogotá - Colombia



facilita la planificación automatizada de las intervenciones y la integración de los datos de corrosión en flujos de trabajo digitales de gestión de integridad.

La trazabilidad digital del proceso —incluyendo registro de tiempos de intervención, identificación del operador, condiciones operativas del sistema al momento de la intervención y resultados gravimétricos del cupón— permite la construcción de bases de datos de corrosión con mayor coherencia interna y mayor valor analítico para la calibración de modelos predictivos basados en machine learning o en correlaciones empíricas de degradación.

Esta perspectiva de integración digital posiciona a la tecnología habilitadora no solo como una mejora operativa puntual, sino como un componente habilitante de estrategias más amplias de transformación digital en la gestión de integridad de activos industriales, alineadas con los principios del Industria 4.0 aplicados al sector de infraestructura crítica.

VIII. Discusión y lecciones aprendidas

El caso analizado ilustra un principio fundamental de la innovación aplicada en gestión de activos: las mejoras de mayor impacto sobre la confiabilidad y seguridad de los programas de integridad no siempre requieren transformaciones tecnológicas radicales, sino que con frecuencia emergen de la reingeniería sistemática de los procesos operativos existentes, con foco en la eliminación de fuentes de variabilidad y reducción de la dependencia de la pericia individual del operador.

La tecnología habilitadora evaluada no modifica el principio de funcionamiento del método de cupones de corrosión ni introduce cambios en los parámetros analíticos del proceso. Su valor reside en la mejora del proceso de ejecución, actuando sobre las variables operativas —tiempo, número de operadores,

reproducibilidad del acople— que determinan tanto el riesgo de la intervención como la calidad del dato generado.

Una lección aprendida de relevancia transversal es la importancia de cuantificar el impacto de las innovaciones en términos de indicadores operativos medibles —como hombre-minuto de exposición, tiempos de intervención y variabilidad de resultados— más allá de las percepciones cualitativas de mejora. Esta cuantificación es indispensable para justificar la inversión en la adopción de nuevas tecnologías ante las instancias de decisión organizacional y para evaluar la transferibilidad de la solución a otros contextos operativos.

La aplicabilidad transversal de la tecnología en distintos sectores —petróleo y gas, industria química, generación de energía, distribución de agua— sugiere un potencial de escalamiento significativo, condicionado por la adaptación de los diseños de fitting a las especificaciones de presión, temperatura y compatibilidad química de cada aplicación.

IX. Conclusiones

El presente trabajo ha demostrado que la incorporación de una tecnología habilitadora en el proceso de inserción y recuperación de cupones de corrosión en sistemas industriales presurizados produce beneficios cuantificables y estadísticamente significativos en tres dimensiones estratégicas: seguridad operacional, eficiencia del proceso y calidad del dato técnico generado.

Los resultados del caso aplicado evidencian una reducción del 34% en el tiempo total de intervención (de 35 a 23 minutos), una reducción del 33% en la dotación operativa requerida (de 3 a 2 operadores) y una reducción del 56% en hombre-minuto de exposición acumulada (de 105 a 46 hombre-minuto por ciclo). Estos indicadores representan mejoras concretas y medibles sobre las variables que



XXVIII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANTENIMIENTO Y GESTIÓN DE ACTIVOS

22 AL 24 DE ABRIL DE 2026. Bogotá - Colombia



determinan el riesgo operacional de las intervenciones bajo presión.

Desde la perspectiva de la gestión de activos físicos y la gestión de riesgos, la solución se posiciona como una barrera preventiva efectiva en el modelo Bow-Tie del evento central de falla operacional, alineada con los principios ALARP y con los requisitos de los estándares ISO 55001, API RP 580 y NACE SP0775. La mejora en la reproducibilidad del proceso de instalación del cupón contribuye, además, a incrementar la confiabilidad estadística de los datos de corrosión, fortaleciendo la base técnica de los programas RBI.

Finalmente, el potencial de integración de esta tecnología habilitadora con plataformas digitales de gestión de activos y sistemas CMMS/EAM la posiciona como un componente relevante en las estrategias de transformación digital de los programas de integridad industrial, con aplicabilidad transversal en múltiples sectores de infraestructura crítica.

Referencias

- [1] American Petroleum Institute, API RP 580 — Risk-Based Inspection, 3rd ed. Washington, D.C.: API, 2016.
- [2] American Society of Mechanical Engineers, ASME B31.8 — Gas Transmission and Distribution Piping Systems. New York: ASME, 2022.
- [3] International Organization for Standardization, ISO 55001:2014 — Asset Management: Management Systems — Requirements. Geneva: ISO, 2014.
- [4] NACE International, NACE SP0775 — Preparation, Installation, Analysis, and Interpretation of Corrosion Coupons in Oilfield Operations. Houston: NACE, 2018.
- [5] Center for Chemical Process Safety (CCPS), Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis, 2nd ed. New York: AIChE/Wiley, 2000.

[6] Energy Institute, Guidance on the Bow-Tie Methodology. London: Energy Institute, 2016.

[7] D. Jones, Principles and Prevention of Corrosion, 2nd ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 1996.

[8] F. Cervera Bonilla, C. E. Pastas Salamanca y L. C. Vanegas Morales, Dispositivo de acoplamiento de herramientas en líneas de tubería, Patente de invención CO2021014834A1, Superintendencia de Industria y Comercio de Colombia, dic. 2021. [En línea]. Disponible: <https://patents.google.com/patent/CO2021014834A1>

Federico Cervera Bonilla: Ingeniero con experiencia en gestión de mantenimiento, integridad de activos y confiabilidad en entornos industriales de alta criticidad, especialmente en el sector energético. Ha liderado y desarrollado programas académicos de posgrado en Gerencia de Mantenimiento y Asset Integrity Management, integrando enfoques basados en riesgo y mejores prácticas internacionales (API, ASME, ISO).

Su perfil combina experiencia técnica en inspección, RBI y análisis de criticidad con dirección académica y formulación estratégica de proyectos educativos y de ingeniería aplicada.

Ing. Federico Cervera B., M. Sc.
Universidad Central
Carrera. 5 # 21-38
Cel: 3115761690
E-mail: fcerverab@ucentral.edu.co
Bogotá, D.C. – Colombia

Luis Carlos Vanegas Morales: Ingeniero mecánico con más de 7 años de experiencia en proyectos de ingeniería en los sectores Oil &



XXVIII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANTENIMIENTO Y GESTIÓN DE ACTIVOS

22 AL 24 DE ABRIL DE 2026. Bogotá - Colombia



Gas, minería, alimentos e industria general, participando desde el diseño conceptual hasta la ejecución en campo. Cuenta con sólida experiencia en ingeniería mecánica de tuberías, análisis de esfuerzos y flexibilidad, así como en especificación de integridad mecánica bajo normativas ASME, ASTM y API.

Ha liderado equipos multidisciplinarios en fases de ingeniería y obra, con responsabilidad en planificación, control técnico, supervisión de calidad y solución de desviaciones en campo. Su perfil combina capacidad técnica, gestión de proyectos y orientación a resultados.

Ing. Luis Carlos Vanegas M.
Universidad Central
Carrera. 5 # 21-38
Cel: 3106290938
E-mail: lvanegasm3@ucentral.edu.co
Bogotá, D.C. – Colombia