

Procesos de inspección en espacios confinados para Operaciones de Perforación Petroleras

Inspection processes in confined spaces for oil drilling operations

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.16698765>

Recibido: 2025-05-01 Aceptado: 2025-06-05

Pereira Quintero, Aurimar Lorena¹

Correo: aurimar.9109@gmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-0595-1409>

Universidad del Zulia. Cabimas, Venezuela

Barreto Sánchez, Emilio Enrique²

Correo: emiliobarreto4@gmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0009-0004-7166-8259>

Universidad Alonso de Ojeda. Ciudad Ojeda, Venezuela

Perozo Harvey, Elizabeth Alexandra³

Correo: perozoelizabeth27@gmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0009-0004-5581-0884>

Universidad Alonso de Ojeda. Ciudad Ojeda, Venezuela

Resumen

La investigación estuvo centrada en desarrollar los procesos de inspección en espacios confinados para operaciones de perforación petroleras, con el objetivo de potenciar el proceso de inspección, adaptándolo a un modo en el que puedan realizar inspecciones de forma segura, minimizando los riesgos asociados. En el ámbito metodológico, el tipo de investigación es proyectiva, con un diseño no experimental, de campo y transversal. La población estuvo formada por individuos, pertenecientes a las empresas de servicio petrolero, expertos en el área de perforación. La técnica de investigación aplicada fue la entrevista y como instrumento, la guía de entrevista. La validación del instrumento la realizaron expertos en el área, mientras que las guías se les hizo la revisión metodológica y de contenido. Las fases de la técnica de procesamiento de datos fueron: la organización, clasificación, análisis e interpretación de los datos obtenidos. Esta técnica garantiza que la información sea manejada de manera eficiente y precisa, lo que facilita la extracción de conclusiones sólidas y confiables.

Palabras clave: Gases tóxicos, espacios confinados, capacitación, detector de gases tóxicos, evaluación de riesgos.

¹ Mg. en Gerencia de Operaciones. Mg. en Docencia para la Educación Superior. Universidad del Zulia, Cabimas, Venezuela.

² Dr. en Ciencias de la Educación. M.Sc. en Geología. Universidad Alonso de Ojeda, Ciudad Ojeda, Venezuela.

³ Investigadora novel. Universidad Alonso de Ojeda, Ciudad Ojeda, Venezuela.

Abstract

The research focused on developing confined space inspection processes for oil drilling operations, with the goal of enhancing the inspection process by adapting it to a mode that allows inspections to be performed safely, minimizing associated risks. Methodologically, the research was projective, with a non-experimental, field-based, and cross-sectional design. The sample consisted of individuals from oilfield service companies and experts in the drilling field. The research technique used was the interview, and the interview guide was used as the instrument. The instrument was validated by experts in the field, while the guides were subject to methodological and content review. The data processing phases included organization, classification, analysis, and interpretation of the data obtained. This technique ensures that the information is handled efficiently and accurately, facilitating the extraction of solid and reliable conclusions.

Keywords: Toxic gases, confined spaces, training, toxic gas detector, risk assessment.

Introducción

En los años 80 en Norteamérica revoluciono la reingeniería de procesos, la cual surgió efectivamente como una metodología innovadora desarrollada por Hammer y Champy (1994, citado por Morales de la Vega, 2021). Esta estrategia nació como una respuesta a los desafíos empresariales de la época, caracterizados por mercados cada vez más competitivos y rápidos cambios tecnológicos. La evolución de la reingeniería de procesos pasó por diferentes fases críticas después de su inicial desarrollo. En 1993, se inició una segunda fase caracterizada por la publicación de casos de éxito empresarial. Durante este período, se documentaron las experiencias de organizaciones que habían implementado exitosamente el rediseño de procesos, mostrando los métodos específicos que utilizaron para transformar sus estructuras organizacionales.

El desarrollo de Hammer y Champy entre 1993 y 1995, representa la reingeniería de procesos la cual es una metodología radical de transformación organizacional con características fundamentales, en sus principios centrales, como; Comenzar desde cero en el diseño de procesos. Replantear completamente la forma de realizar el trabajo. Redefinir la interacción entre tecnología y personas. Reestructurar integralmente las organizaciones. La reingeniería de tipo cero (0) es un enfoque radical que implica: Eliminar completamente los procesos existentes, comenzar desde cero y centrarse en las necesidades reales de los clientes. Para la consideración de clientes, el método distingue dos tipos de clientes: Clientes externos: Estos determinan el

valor agregado de productos y servicios, y guían la satisfacción final. Clientes internos: Participan en la transformación organizacional, y contribuyen al rediseño de procesos.

Los cambios abordados de manera prioritaria en los procesos críticos de una función, de un departamento, de una unidad productiva, sin esperar y aspirar al cambio total de la organización, a través de cinco etapas: Preparación, Identificación, Visión, Solución y Transformación (Gouillart y Kelly, 1995). Luego, Guerra et al. (2018), entienden la Reingeniería como la planeación fundamental y rediseño radical de los procesos de las empresas para alcanzar mejoras significativas en costos, calidad, servicio y velocidad. Lefcovich (2006), citado por Ospina (2006), retoma el desarrollo histórico de la reingeniería y define la Reingeniería de Procesos de Negocios (BPR, en su sigla en inglés) como:

el proceso destinado a remover los paradigmas existentes, generando de manera creativa nuevas y radicales formas de realizar las actividades con la participación plena de todos los estratos de la organización, logrando con ello una ventaja competitiva en los mercados (p. 95).

El método se puede aplicar a nivel de procesos individuales o a toda la organización, ya que la reingeniería constituye una recreación y reconfiguración de las actividades y procesos de la empresa, lo cual implica volver a crear y configurar de manera radical él o los sistemas de la compañía a efecto de lograr incrementos significativos y en un corto periodo de tiempo, en materia de rentabilidad, productividad, tiempo de respuesta y calidad, lo cual implica la obtención de ventajas competitivas. La BPR es una especie de reinención, más que un mejoramiento gradual. Se trata de una medicina fuerte que no siempre resulta necesaria o exitosa. No es suficiente el cambio para la mejora, pues mientras la mejora continua puede ser concebida como un proceso de cambios cuantitativos, la reingeniería es, al tratarse de una transformación radical, un cambio de carácter cualitativo.

Aspecto importante es la distinción que hace entre la Reingeniería de procesos, la cual implica cambios radicales en el "cómo se hacen las cosas", en contraposición a la Reingeniería de negocios, la cual tiende a un cambio radical y total en la estrategia, yendo mucho más allá del "como" para implicarse también en "que se produce" (u ofrece), y en "a quién se ofrece". Además, implica mayores riesgos y altos costos. Sin embargo, en la reingeniería de procesos (o sistemas) si bien hay riesgos, éstos pueden ser más fácilmente controlados y superados, como así también en cuanto a los costos no necesariamente deben insumir altas sumas monetarias. Una cuestión fundamental subraya Lefcovich (2006), citado por Ospina (2006), en la mira puesta en la

simplificación de los procesos, volviéndolos más eficaces y eficientes en la generación de valor agregado para los clientes y consumidores, definiendo las diversas actividades en función de si agregan o no valor para el cliente final o la empresa.

Asimismo, la reingeniería de procesos es una nueva visión administrativa que se enfoca en administrar de la mejor forma los procesos y no las funciones. Para llevarla a la práctica, la organización debe rediseñar todos los procesos, lo que implica un cambio radical en la forma de concebir las organizaciones, ya que éstas dejan de observarse como funciones, divisiones, tareas o productos, para ser visualizadas en términos de procesos. Para lograrlo, la reingeniería regresa a la esencia del proceso, cuestionando sus principios fundamentales y la forma en que éste opera.

En el panorama empresarial contemporáneo, las organizaciones se enfrentan a desafíos complejos que demandan una administración estratégica, innovadora y altamente adaptable. La gestión administrativa moderna se ha transformado en el eje central del éxito empresarial, trascendiendo el tamaño de la empresa y concentrándose en una planificación, organización, dirección y control verdaderamente efectivos. Las habilidades blandas y la capacidad de adaptación se han convertido en herramientas fundamentales para navegar en un mercado cada vez más competitivo y dinámico, donde la eficiencia y eficacia marcan la diferencia entre el crecimiento sostenible y el estancamiento organizacional. La comprensión profunda de estos elementos permite a las empresas desarrollar estrategias que les permitan no solo sobrevivir, sino prosperar en entornos empresariales cambiantes y altamente desafiantes.

La mejora continua se ha establecido como un imperativo estratégico para las organizaciones modernas, impulsando la capacitación permanente y el desarrollo profesional de los equipos de trabajo. Herramientas innovadoras como la reingeniería de procesos han emergido como soluciones transformadoras para rediseñar integralmente los sistemas administrativos, buscando optimizar el rendimiento, reducir costos operativos y aumentar significativamente la productividad. Esta metodología no representa simplemente cambios estructurales, sino que requiere un compromiso holístico de todas las áreas de la organización, promoviendo una transformación que permita responder ágilmente a los desafíos del entorno global. La implementación efectiva de estas estrategias implica una visión sistémica, donde la innovación, la flexibilidad y el aprendizaje continuo se convierten en los pilares fundamentales para mantener la competitividad empresarial en un mundo cada vez más complejo e interconectado.

Las inspecciones en espacios confinados por lo general suelen tratarse de labores peligrosas, por motivos como la altura, poco espacio de maniobra, derrumbes, ambiente toxico, temperaturas elevadas o bajas, entre otros; además de ser un riesgo a la integridad física, son labores que demandan tiempo, logística y equipos de seguridad, por esas razones ya se empiezan a utilizar equipos robóticos que tienen como ventaja principal la eliminación del riesgo físico en las personas que realizan la inspección y como ventajas secundarias el ahorro económico, ahorro de tiempo y simplificación generalizada de la labor (Barriga & Quishper, 2022).

Los Robots Móviles Autónomos (AMR, siglas en inglés) asistidos a distancia son idóneos para la realización de las inspecciones de alto riesgo, los cuales pueden ser de morfología terrestre, acuática, submarina o área, según sean las necesidades. Cualquier espacio confinado a inspeccionar donde existan variables de riesgo a la seguridad humana, valida la implementación de equipos robóticos, sin embargo, ya existen sectores acostumbrados a este tipo de inspecciones, los cuales son: petróleo y gas, generación de energía, industria química, minería y seguridad pública. Debido a que los espacios que poseen ventilación desfavorable y accesos reducidos ponen en riesgo la vida de los operarios que los ocupan, identificar la trazabilidad y estabilidad del trabajador en el interior de estos es un asunto pertinente en ingeniería en higiene y salud ocupacional (Salamanca, 2018).

Los sistemas de monitorización representan una tecnología avanzada para garantizar la seguridad laboral, midiendo variables críticas como temperatura, pulso cardíaco y aceleración mediante dispositivos digitales. Estos equipos filtran y transmiten datos en tiempo real a servidores web utilizando conexiones wifi, permitiendo una evaluación continua del estado de los trabajadores. La metodología innovadora facilita la prevención de anomalías y riesgos potenciales en diversos entornos laborales, especialmente en sectores de alta peligrosidad como la industria marítima. La capacidad de visualizar remotamente indicadores representa un avance significativo en la gestión de la seguridad ocupacional, posibilitando intervenciones preventivas antes de que se materialicen situaciones de riesgo. Estos sistemas tecnológicos han demostrado ser fundamentales para reducir accidentes que pueden generar consecuencias devastadoras como pérdida de vidas humanas, daños ambientales y económicos.

Los accidentes marítimos, que incluyen varadas, colisiones, incendios y naufragios, tienen en los espacios confinados su principal causa de muertes ocupacionales. La implementación de sistemas tecnológicos avanzados ha permitido reducir significativamente estos riesgos mediante supervisión preventiva. El modelo de negocios en industrias como hidrocarburos ha evolucionado

hacia un ecosistema complejo de servicios especializados, involucrando propietarios de yacimientos, empresas energéticas y proveedores de servicios. Las empresas operadoras buscan optimizar operaciones mediante contratación de servicios estratégicos, reduciendo costos y transfiriendo riesgos. Esta tendencia se expande hacia energías renovables, siguiendo las directrices del Acuerdo de París, lo que demuestra una transformación hacia modelos empresariales más sostenibles y tecnológicamente innovadores.

1. Fundamentos teóricos

1.1. Situación actual del procedimiento de inspección en espacios confinados

El manual de espacios confinados de Petróleos De Venezuela S.A. (PDVSA, 1997), establece directrices para la identificación, evaluación y control de riesgos asociados con el trabajo en estos entornos. Define un espacio confinado como un área no diseñada para la ocupación continua que puede presentar peligros como deficiencia de oxígeno, gases tóxicos, riesgo de atrapamiento y accidentes físicos. Se enfatiza la importancia de realizar evaluaciones previas, obtener permisos de trabajo, utilizar equipos de protección personal adecuados, proporcionar capacitación a los trabajadores, establecer procedimientos de rescate, y monitorear continuamente las condiciones atmosféricas. Además, se definen responsabilidades claras para el personal involucrado y se recomienda la revisión periódica de los procedimientos para asegurar su efectividad y cumplimiento normativo. En conjunto, estas medidas buscan garantizar la seguridad y salud de los trabajadores en entornos potencialmente peligrosos.

Autorización: El Permiso de Entrada proporciona autorización escrita para entrar y trabajar en los espacios confinados; estipula claramente los peligros conocidos o potenciales; identifica el equipo de seguridad requerido para garantizar la seguridad de los trabajadores; certifica que una Persona Competente entrenada ha evaluado todos los peligros existentes y se han tomado todas las medidas de protección necesarias para garantizar la seguridad de los trabajadores. El certificado del espacio confinado consta de dos partes: el Formulario de Planificación Preliminar que ha preparado el supervisor del trabajo y verificado por la Persona Competente y el Permiso de Entrada, preparado por la Persona Competente y firmado ambos, el supervisor y la Persona Competente del trabajo (EST-Causadias, 2020).

Evaluación del área: La evaluación de los riesgos específicos por atmósferas peligrosas requiere de mediciones ambientales con el empleo de instrumental adecuado, por lo general de lectura directa. Las mediciones se deben efectuar en forma previa a la realización de los trabajos,

y también mientras éstos se realicen, de forma de monitorear posibles variaciones de la atmósfera interior (Guillén, 2016).

Riesgos asociados: Los riesgos laborales como peligros en el entorno de trabajo que pueden causar accidentes o daños físicos y psicológicos a los trabajadores. Se clasifican en categorías como ergonómicos, físicos, psicosociales, químicos y biológicos. Aunque se ha prestado más atención a los riesgos físicos, actualmente hay un creciente interés en los riesgos psicosociales debido a la expansión del sector servicios y la globalización (Almada y Medina, 2022)

Explosimetría: La explosimetría estudia el rendimiento y los efectos de los explosivos en diversas aplicaciones. Los explosivos ANFO y de emulsión, ambos a base de nitrato de amonio, se utilizan comúnmente en la construcción civil y en la minería. Los parámetros clave para evaluar el rendimiento explosivo incluyen la velocidad y presión de detonación, el calor de la explosión y el volumen de gas producido (Vieira & Braga, 2023).

Capacitación del personal: Este factor es fundamental en lo que se refiere al manejo de los riesgos. Para potenciar el conocimiento de la seguridad en los espacios confinados, es recomendable que en aquellas empresas que trabajen ocasionalmente en esos espacios, se seleccione un grupo de personas que participe siempre en tales trabajos, de forma tal que vaya enriqueciendo su experiencia con cada actuación. En el caso de empresas que desarrollen habitualmente su trabajo en espacios confinados, esta capacitación es recomendable que se haga extensiva a todas las personas de la empresa (Guillén, 2016).

1.2. Tecnologías de inspección en espacios confinados

El trabajo en espacios confinados es una actividad de alto riesgo que supone un grave peligro para la vida de los trabajadores que la realizan. Los accidentes en espacios confinados suelen dar lugar a múltiples muertes. La causa de los accidentes y las muertes debidas al trabajo en espacios confinados está relacionada con la falta de concienciación sobre la presencia y los riesgos de estos lugares de trabajo peligrosos. Este artículo presenta una metodología para la identificación de espacios confinados en la industria. El objetivo es proporcionar una herramienta útil para ayudar a los investigadores y profesionales a reconocer los espacios confinados en la industria (Mora & Ferrari, 2017).

Sistemas de monitoreo remoto: Los sistemas de monitoreo remoto permiten la adquisición y digitalización de datos en tiempo real para el mantenimiento predictivo de máquinas, utilizando

tecnologías como el Internet de las Cosas (IoT) e Inteligencia Artificial (AI). Estos sistemas combinan sensores inalámbricos, como los de Identificación por Radio Frecuencia (RFID), para medir variables físicas como la temperatura en entornos de difícil acceso, permitiendo el análisis de grandes cantidades de datos y anticipando fallas antes de que se produzcan paradas imprevistas (Garrone, 2023).

Sensores de inteligencia: Destacan la importancia de los sensores inteligentes en la optimización de procesos industriales y sistemas autónomos. Estos sensores, aliviando la carga de control, mejoran el rendimiento en aplicaciones como vehículos no tripulados y robótica. La integración de algoritmos de aprendizaje automático permite un análisis avanzado de datos. Además, la fabricación de estos sensores, especialmente los basados en nano estructuras amorfas, requiere atención a factores como geometría, composición y condiciones ambientales, particularmente en entornos desafiantes como las montañas andinas (Zhang y Bin, 2020).

Robots: Los robots inteligentes son sistemas tecnológicos avanzados que tienen la capacidad de operar en múltiples disciplinas. Estos robots están diseñados para sustituir a las personas en diversas tareas, tanto industriales como domésticas, incluyendo funciones de vigilancia, inspecciones, seguridad, transporte y cuidado personal. Su versatilidad les permite mejorar la eficiencia y efectividad en estas áreas, contribuyendo así a la optimización de procesos (Alonso, 2019).

Drones: Los drones son plataformas de armas no tripuladas y dirigidas a distancia que se utilizan para realizar diferentes funciones, entre ellas reconocimiento, vigilancia y también para llevar a cabo ataques; cada vez se emplean más en conflictos armados y operaciones antiterroristas para llevar a cabo asesinatos selectivos (Fish, 2020).

1.3. Elementos del sistema de inspección en espacios confinados.

En el ámbito empresarial, en general se disponen de muchos protocolos de manejo en relación a las actividades propias del negocio y del entorno, junto con estándares generales en el mantenimiento industrial, sincrónicos completamente a la plataforma estratégica de la organización, los cuales deben estar alineados con el Sistema General de Seguridad y Salud en el Trabajo; es el caso del manejo adecuado de un área de calderas en relación a los procesos de mantenimiento preventivo y correctivo de los tanques de almacenamiento de agua de una IPS de alto nivel de complejidad en la Ciudad de Bogotá, actividad que se debe llevar a cabo para el abastecimiento de agua a toda la planta física (Acevedo y Caraballo, 2019).

Cumplimiento normativo: El cumplimiento normativo, también conocido como cumplimiento regulatorio o compliance, es una parte fundamental de la gestión empresarial en la actualidad. Se refiere al conjunto de prácticas y procedimientos adoptados por una empresa para asegurarse de que cumple con todas las leyes, regulaciones y normativas aplicables a su actividad (González, 2023).

Tecnologías: La innovación tecnológica como un proceso clave para que las organizaciones industriales se adapten a un entorno competitivo y cambiante. Permite responder a las nuevas necesidades del mercado mediante la introducción o mejora de productos y procesos, lo que contribuye a aumentar la competitividad de las empresas (Espinoza, 2020).

Frecuencia de inspección: La frecuencia de inspección de maquinaria pesada se define como el intervalo de tiempo o número de operaciones en el que se llevan a cabo revisiones y evaluaciones del estado de los equipos. Esta frecuencia debe establecerse con base en criterios matemáticos y estadísticos que consideren la tasa de fallas observadas y los costos asociados al mantenimiento y las inspecciones. Una planificación adecuada y sistemática de la frecuencia de inspección permite a las empresas optimizar sus recursos, reducir gastos operativos y mejorar la eficiencia del mantenimiento, equilibrando así el costo de las inspecciones con el riesgo de fallas. Esto facilita una gestión más efectiva de la maquinaria, asegurando su disponibilidad y prolongando su vida útil (Vásquez, 2019).

Inspecciones periódicas: “Las Inspecciones Periódicas, también conocidas como Inspecciones Ocupadas de Rutina, están diseñadas para documentar el estado de una unidad durante la ocupación y ayudar a garantizar que la unidad esté siendo mantenida por el residente” (Stallard, 2024, p. 1).

Mantenimiento preventivo: Característica común a todos los tipos de detectores es que debido al desgaste que se produce en ellos, tanto en los electrodos como en los electrolitos utilizados, es necesario calibrar los sensores periódicamente y hasta el final de su vida útil, cuando deberán ser sustituidos por unos nuevos. La calibración consiste en ajustar las lecturas de los sensores con la realidad (Altube, 2015).

Reingeniería de procesos: La reingeniería de procesos es una herramienta administrativa la cual consiste en estudiar los procesos productivos de organizaciones de cualquier sector, y a través del cual se pueden rediseñar procesos productivos realizando modificaciones en dichos procesos, los cuales van a repercutir en el rendimiento medio de costes, tiempo de ciclo, calidad del servicio y calidad del producto (Pérez, Soler y Bernabéu, 2017).

Costos de inversión: Costos de inversión, llamados también costos pre-operativos, corresponden a aquellos que se incurren en la adquisición de los activos necesarios para poner el proyecto en funcionamiento, ponerlo "en marcha" u operativo. Para decirlo de una forma sencilla son todos aquellos costos que se dan desde la concepción de la idea que da origen al proyecto hasta poco antes de la producción del primer producto o servicio (Instituto de estudios superiores de Tamaulipas, 2021).

Costos operativos: Los costos operativos son aquellos en los que se incurre por realizar la principal actividad productiva del negocio y que permiten mantenerlo en funcionamiento. En líneas generales existen 2 tipos de costos operativos: Los costos operativos fijos son aquellos que no cambian sin importar el nivel de producción de la empresa. Los costos operativos variables, como su nombre lo indica, cambian en función de la producción de la empresa (Richter y Mendoza, 2022).

Costos de tecnología: Los costos de tecnología como aquellos gastos que las organizaciones incurren para implementar y mantener servicios de TI que son fundamentales para sus operaciones (Sánchez, Villamizar y Rojas, 2016).

2. Metodología

El estudio es una investigación proyectiva, ya que consiste en precisar propuestas o planes procedimentales como posible solución a un problema o necesidades encontradas de forma empírica. De acuerdo con Arias (2021), este tipo de investigación está más allá de ser básica o pura porque ya se conocen las bases teóricas, aún no llega a ser una investigación aplicada debido a que no se sabrá efectivamente, si el plan propuesto funciona o no debido que no se ejecuta. Asimismo, Arispe et al. (2020), dicen que el tipo de investigación se refiere a la clase de estudio que se va a realizar. Orienta sobre la finalidad general del estudio y sobre la manera de recoger las informaciones o datos necesarios. Se enfoca en identificar a través del conocimiento científico, los medios (metodologías, tecnologías y protocolos) por los cuales se puede contribuir a solucionar una necesidad reconocida, práctica y específica.

En el mismo orden de ideas, el estudio se cataloga con un diseño no experimental, de campo y transversal, siguiendo los criterios de Hernández y Mendoza (2018), quienes establecen que en este tipo de investigaciones no existe manipulación deliberada de variables. La recolección de datos se realiza directamente desde las circunstancias que fundamentan la investigación, sin modificación alguna, capturando la información en un momento único y

específico del tiempo. Bajo esta premisa metodológica, la investigación se caracteriza por observar situaciones existentes sin control directo de variables, recopilando información directamente de la realidad donde se desarrolla el fenómeno estudiado. El proceso de recolección de datos presenta una única aplicación temporal, lo que permite obtener una fotografía precisa del objeto de investigación en su contexto natural, sin intervenir o alterar sus condiciones originales.

Para el estudio, se usó un censo poblacional, conformado por cuatro (4) trabajadores, que según Arias (2021) es el proceso total de recolectar, compilar, evaluar, analizar y publicar o disseminar en cualquier otra forma, los datos (o la información) demográficos, económicos y sociales que pertenecen en un momento determinado, a todas las personas de un país o de una parte bien delimitada del mismo.

En concordancia con los objetivos propuestos en la investigación, se empleó una guía de entrevista con el propósito de identificar los procesos de reingeniería para la inspección de espacios confinados en operaciones de perforación en empresas de servicio petrolero para el desarrollo del sistema. La guía de entrevista quedó estructurada por un total de veinte (20) preguntas abiertas, considerando la tecnologías y elementos de inspección en espacios confinados.

Respecto a la validación de los instrumentos de investigación se llevó a cabo mediante un proceso de revisión integral que consideró aspectos metodológicos y de contenido, realizado por expertos que evaluaron cuidadosamente la coherencia de cada elemento. Reconociendo la naturaleza inherentemente subjetiva de las técnicas de recolección de datos, donde intervienen emociones, percepciones e intereses personales, se implementó un análisis riguroso. Siguiendo la perspectiva, se garantizó que cada pregunta o ítem mantuviera una vinculación directa y significativa con los objetivos centrales de la investigación, asegurando así la validez y confiabilidad del instrumento mediante una alineación precisa entre los componentes de recolección de información y los propósitos investigativos.

En relación a las técnicas de recolección de datos, son las distintas formas o maneras de obtener la información mediante la observación directa, la encuesta oral o escrita, el cuestionario, la entrevista, el análisis documental y el análisis de contenido entre otros. Para esta investigación, se seleccionó como técnica la entrevista, que de acuerdo con Arias (2016), más que un simple interrogatorio, es una técnica basada en un diálogo o conversación “cara a cara”, entre el entrevistador y el entrevistado acerca de un tema previamente determinado, de tal manera que

el entrevistador pueda obtener la información requerida. Ésta se caracteriza por su profundidad, por tener un menor alcance en cuanto a la cantidad de personas que pueden ser entrevistadas en un período determinado y por ocupar un tiempo significativo en un solo entrevistado. Asimismo, dicho autor menciona tres tipos de entrevista: estructurada, no estructurada y semi-estructurada.

3. Resultados

La integración de sistemas de inspección en espacios confinados permite identificar riesgos como la acumulación de gases peligrosos o el deterioro estructural, lo que facilita la implementación de medidas preventivas antes de incidentes. Además, asegura el monitoreo continuo de las condiciones ambientales y físicas, mejorando la seguridad de los trabajadores y el cumplimiento de normativas. Este enfoque proactivo reduce la probabilidad de accidentes, optimiza la planificación de operaciones y fomenta una cultura de prevención en las organizaciones. La tecnología avanzada juega un papel clave en este proceso, ofreciendo soluciones eficientes y confiables.

El nuevo sistema implica una actualización tecnológica significativa, incorporando procesos automatizados a través de conexiones como *Bluetooth*, *WiFi* y *LTE-5G* (Ver figura 1). Esto permite gestionar registros, calibraciones y pruebas de *bump test* de manera eficiente, reduciendo errores y tiempo de inactividad. Los dispositivos permiten la sustitución rápida de sensores y calibración automatizada, mejorando la operatividad. La comunicación mejorada facilita el intercambio de alarmas y alertas en tiempo real, optimizando la respuesta en emergencias. La tecnología de sensores avanzada, como infrarrojos y electroquímicos, garantiza mayor precisión y adaptabilidad a diferentes gases y condiciones ambientales.

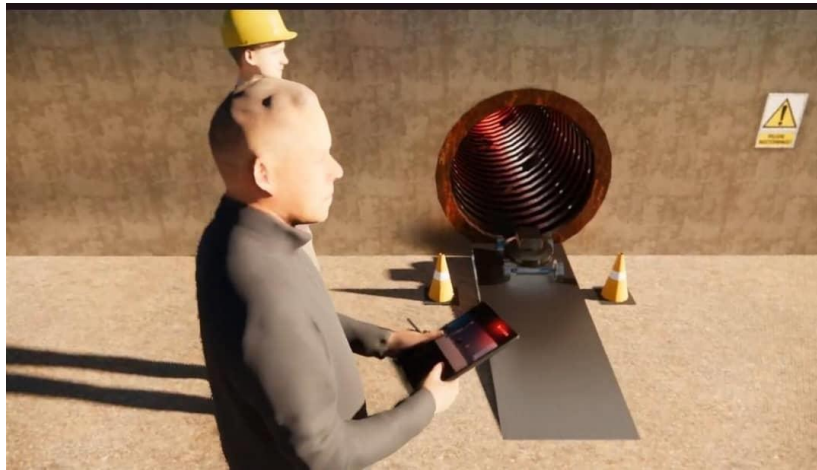
En el entorno operativo, se observa la interacción entre el supervisor y el operador, quien manipula el dispositivo de inspección mediante una interfaz tecnológica, como una Tablet, laptop o teléfono. Desde la interfaz del dispositivo, se pueden visualizar alertas, como un botón rojo que indica la presencia de peligro en el espacio confinado. Además, se observa la rampa utilizada para ingresar el dispositivo de inspección al área confinada, como una tubería, y la estructura interna de esta desde la perspectiva del dispositivo. Esta tecnología no solo mejora la eficiencia, sino que también proporciona una visión detallada del entorno.

El sistema de inspección en espacios confinados representa una solución integral que combina tecnología avanzada, monitoreo en tiempo real y operatividad eficiente.

Al facilitar la identificación temprana de riesgos y mejorar la comunicación entre

dispositivos y operadores, se optimiza la seguridad y se reduce el tiempo de respuesta en emergencias. Además, la versatilidad de los dispositivos tecnológicos utilizados permite adaptarse a diferentes necesidades y condiciones, asegurando un enfoque proactivo y sostenible para la gestión de espacios confinados. Este avance tecnológico no solo protege a los trabajadores, sino que también fortalece la cultura de prevención en las organizaciones.

Figura 1: Procesos de inspección en espacios confinados para operaciones de perforación petroleras.



Fuente: diseñado por los autores (2025).

3.1. Análisis y discusión de los resultados

La sustentación de los resultados del estudio sobre inspección en espacios confinados exige un enfoque riguroso y sistemático, regulado por normas como HO-H-06 e IR-S-04, que incluye identificación de peligros físicos, aislamiento del área, señalización, medición atmosférica, ventilación si es necesario, y uso de equipos de protección personal. Las pruebas de gas continuas y la autorización de entrada solo tras confirmar seguridad son críticas. La capacitación y certificación del personal, junto al control de fuentes de energía y planes de emergencia, son fundamentales. Los riesgos incluyen sofocación, caídas, inhalación de sustancias peligrosas, incendios y explosiones, lo que demanda seguimiento estricto de protocolos. La frecuencia de simulacros de rescate varía según tipo de edificio y riesgo de incendio, recomendándose al menos uno anual. La formación integral y certificación específica en atmósferas peligrosas son esenciales para garantizar seguridad en estos entornos.

Para las tecnologías de inspección en espacios confinados, los sistemas de monitoreo

remoto emplean explosímetros para detectar gases inflamables (hidrocarburos) en ppm y detectores de H₂S para sulfuro de hidrógeno, complementados con pruebas atmosféricas y protocolos de seguridad. Aunque no existen dispositivos electrónicos especializados, se utilizan sensores electroquímicos y semiconductores para medir oxígeno y gases combustibles. La industria integra drones y robots como el *RoboGasInspector*, que inspeccionan áreas confinadas y detectan fugas sin exponer al personal. Estas tecnologías proporcionan imágenes detalladas de zonas inaccesibles, mejorando seguridad y eficiencia operativa. Si bien su implementación es limitada en ciertos contextos, su potencial para reducir riesgos y optimizar procesos es ampliamente reconocido, destacándose como herramientas clave en entornos de alto riesgo.

Por otra parte, los elementos del sistema de inspección en espacios confinados, la normativa exige supervisión rigurosa de personal y equipos, con procedimientos de entrada segura, capacitación especializada en riesgos (gases tóxicos/inflamables), simulacros anuales y equipos certificados. Las inspecciones diarias y pruebas atmosféricas (oxígeno, combustibles) son obligatorias, especialmente en zonas de alto riesgo. La gestión incluye evaluaciones técnicas, auditorías y planes de emergencia actualizados. La legislación prioriza tecnologías innovadoras (sensores, drones) y formación adaptada a riesgos, equilibrando costos de inversión y ROI. Para trabajos en caliente, se verifica ausencia de inflamabilidad atmosférica. Factores económicos y legales influyen en protocolos, mientras la capacitación práctica en equipos e incidentes refuerza seguridad operativa. La supervisión continua y documentación de cumplimiento son clave para minimizar accidentes y alinearse con estándares internacionales.

Conclusión

El estudio realizado ha permitido explorar la problemática de la inspección de espacios confinados en operaciones de perforación, proponiendo un sistema de inspección que busca minimizar los riesgos y optimizar los procesos. Basado en los principios de reingeniería y apoyado por una sólida base teórica y metodológica, este estudio ofrece una perspectiva valiosa para las empresas de servicio petrolero que buscan mejorar sus prácticas de seguridad y eficiencia.

El estudio estableció que es crucial comprender a fondo los procedimientos de inspección actuales en espacios confinados dentro de las operaciones de perforación de empresas de servicio petrolero. Esto implica analizar las prácticas existentes, identificar sus deficiencias y áreas de mejora.

Además, se identificaron y se establecieron las tecnologías disponibles para la inspección de espacios confinados en operaciones de perforación. Esto incluye equipos robóticos, drones, sensores de gases y otras herramientas que puedan mejorar la seguridad y eficiencia de las inspecciones. Y es por ellos que a los operarios deben recibir formación especializada en la utilización y manejo de un dispositivo tecnológico, autónomo diseñado para llevar a cabo inspecciones en entornos confinados. Es esencial considerar diversos aspectos críticos que garanticen una capacitación eficaz y segura. Los elementos que deben integrarse en el programa de formación, además de las respectivas capacitaciones en el manejo del dispositivo tecnológico, sus sistemas de navegación y los sensores que incorpora.

Posteriormente, se determinaron los elementos que conforman un sistema de inspección integral para espacios confinados. Esto abarca desde los protocolos de seguridad y los procedimientos de entrada y salida hasta la capacitación del personal, el uso de equipos de protección personal y la gestión de riesgos.

Finalmente, para diseñar e implementar el sistema de inspección de espacios confinados que sea seguro, confiable y eficiente para las operaciones de perforación en empresas de servicio petrolero. Este sistema debe abordar las deficiencias identificadas en las prácticas actuales, incorporar las tecnologías adecuadas y garantizar la protección de los trabajadores.

Referencias

- Acevedo, C. y Caraballo, Y. (2019). Herramienta para el ingreso seguro en espacios confinados en tanques de almacenamiento de agua para una IPS de alto nivel de complejidad en la Ciudad de Bogotá. *Revistas Académicas. Corporación Universitaria Minuto de Dios – UNIMINUTO*. <https://repository.uniminuto.edu/items/c922dedb-6289-4dcb-8705-fe2db318ee56>
- Almada, M., Reyes, M. López, L., Medina, M. y Almada, A. (2022). Riesgos asociados con el trabajo y sus efectos en la salud, responsabilidad social empresarial. Ordenamiento jurídico mexicano. *Revista de Investigación Académica Sin Fronteras*. Núm. 38 (15). <https://doi.org/10.46589/rdiasf.vi38.481>
- Alonso, M. (2019). Robots, inteligencia artificial y realidad virtual: una aproximación en el sector del turismo. *Cuadernos de turismo*, núm. 44. <http://dx.doi.org/10.6018/turismo.44.404711>
- Altube, I. (2015). *Trabajos en recintos confinados*. Aitor Goikoetxea Urtaran- Instituto de Formación Práctica de Riesgos Laborales. Edición Aitor Goikoetxea Urtaran. <https://www.ifprl.com/wp-content/uploads/2021/04/GUI%CC%81A-ESPACIOS-CONFINADOS.pdf>
- Arias, F. (2016). *El Proyecto de Investigación. Introducción a la Metodología Científica*. Caracas, Venezuela: Editorial Episteme.

- Arias, J. (2021). *Diseño y metodología de la investigación*. Primera edición. https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w26022w/Arias_S2.pdf
- Arispe, C., Yangali, J., Guerrero, M., Lozada, O., Acuña, L. y Arellano, C. (2020). *La investigación científica. Una aproximación a los estudios de posgrado*. Universidad Internacional del Ecuador. Guayaquil. <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/4310/1/LA%20INVESTIGACI%c3%93N%20CIENT%c3%8dFICA.pdf>
- Barriga, L. & Quishpe, L. (2022). La utilización de robótica en la inspección de espacios confinados. *E- IDEA Journal of Engineering Science*, 4 (10). <https://doi.org/10.53734/esci.vol4.id236>
- Espinoza, J. (2020). La innovación tecnológica como fuente de competitividad industrial. *Revista Gestión en el Tercer Milenio*, vol. 24 núm. 48. <https://doi.org/10.15381/gtm.v24i48.21821>
- EST-Causadias, (2020), Manual de prácticas seguras en espacio confinados. *Revista Canal de Panamá*. <https://pancanal.com/wp-content/uploads/2020/07/1410SAL290.pdf>
- Fish, A. (2020). Manual internacional de cine y video etnográfico de Routledge. *Revista Routledge Taylor & Francis Group*. <https://doi.org/10.4324/9780429196997>
- Garrone, P. (2023). Monitoreo remoto de condición de elementos de máquinas parte I: sistema de monitoreo de temperatura en cojinetes de biela. *Revista Mecánica Computacional*. Asociación Argentina de Mecánica Computacional. <https://amcaonline.org.ar/caim-caife/index.php/caim-caife2023/caim-caife2023/paper/viewFile/186/165>
- González, R. (2023) *¿Qué es el cumplimiento normativo de una empresa y cómo se implanta?* Territorio Pyme. Bloc cincodías. Ediciones el País. Artículo 67.3 del Real Decreto - ley 24/2021, de 2 de noviembre. Madrid – España.
- Guerra, G., López, A., Rodríguez, N., Subero, E. y Torres, S. *Reingeniería*. Universidad Central de Venezuela. <https://catedraalimentacioninstitucional2.wordpress.com/wp-content/uploads/2018/05/reingenieria-grupo-5.pdf>
- Guillén, O. (2016). *Guía para los trabajos en espacios confinados*. Instituto de Salud Pública de Chile. <https://multimedia.3m.com/mws/media/1571801O/guia-trabajos-espacios-confinados.pdf>
- Hammer, M. y Champy, J. (1994), citado por Morales de la Vega, (2021). *Procesos de reiConfemetal*. Universidad autónoma del noreste campus piedras negras – Coahuila.
- Hernández, R. y Mendoza, C. (2018). *Metodología de la Investigación: Las Rutas Cuantitativa, Cualitativa y Mixta*. Ciudad de México, México: Editorial McGraw-Hill Interamericana Editores, S.A. de C.V.
- Mora, C. & Ferrari, E. (2017). Automated entry technologies for confined space work activities: A survey. *Journal of occupational and environmental hygiene*, 14(4), 271–284. <https://doi.org/10.1080/15459624.2016.1250003>
- Ospina, R. (2006). *La reingeniería de procesos: una herramienta gerencial para la innovación y mejora de la calidad en las organizaciones*. Cuadernos Latinoamericanos de Administración, vol. II, núm. 2. Universidad El Bosque Bogotá, Colombia.
- Pérez, A., Soler, V. & Bernabéu, E. (2017). Reingeniería de procesos. *Revista 3c Empresa*. <https://3ciencias.com/articulos/articulo/reingenieria-de-procesos/>

- Petróleos de Venezuela S.A. (PDVSA, 1997). Manual de higiene y seguridad para trabajadores en espacios confinados. Caracas: PDVSA.
- Richter, A. y Mendoza, J. (2022). Análisis de los costos operativos y su impacto financiero en una empresa de la industria alimentaria, sector comida rápida de Perú. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/669943/Richter_GA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Salamanca, T. (2018). Prototipo para monitorización de signos vitales en espacios confinados. *Visión electrónica*, 12(1), 83-88. <https://doi.org/10.14483/22484728.13401>
- Sánchez, M., Villamizar, A. y Rojas, W. (2016). *Modelo de Costos de Servicios de Tecnologías de información en Instituciones de Educación Superior*. Universidad de Pamplona, Facultad de Ingenierías y Arquitectura. <https://goo.su/WS2lQ1v>
- Stallard, J. (2024) *Inspecciones Periódicas*. <https://help.getrentcheck.com/es/articles/6446317-inspecciones-periodicas>
- Vásquez, Y. (2019). *Reducción de los costos de mantenimiento mediante la modificación de la frecuencia de inspección, en el componente y equipo crítico de la empresa C&M Vizcarra*, Moquegua, 2018. <https://hdl.handle.net/20.500.12819/773>
- Vieira, F. & Braga, J. (2023). *Caracterización de parámetros de desarrollo explosivos: ANFO e emulsión explosiva*. International Seven Multidisciplinary Journal (ISMJ). <https://doi.org/10.56238/isevmjv1n2-008>
- Zhang, D. y Wei, B. (2020). Sensores y dispositivos inteligentes en inteligencia artificial. *Revista MDPI*, vol. 20, núm. 20. <https://doi.org/10.3390/s20205945>

Declaración de conflicto de interés y originalidad

Conforme a lo estipulado en el *Código de ética y buenas prácticas* publicado en **PetroRenova Indexed, Revista Científica de la Energía**, los autores **Pereira Quintero, Aurimar Lorena; Barreto Sánchez, Emilio Enrique y Perozo Harvey, Elizabeth Alexandra**, declaran al Comité Editorial que no tienen situaciones que representen conflicto de interés real, potencial o evidente, de carácter académico, financiero, intelectual o con derechos de propiedad intelectual relacionados con el contenido del artículo: **Procesos de inspección en espacios confinados para Operaciones de Perforación Petroleras**, en relación con su publicación. De igual manera, declaran que el trabajo es original, no ha sido publicado parcial ni totalmente en otro medio de difusión, no se utilizaron ideas, formulaciones, citas o ilustraciones diversas, extraídas de distintas fuentes, sin mencionar de forma clara y estricta su origen y sin ser referenciadas debidamente en la bibliografía correspondiente. Consienten que el Comité Editorial aplique cualquier sistema de detección de plagio para verificar su originalidad.

Para citar este artículo:

Pereira, A., Barreto, E. y Perozo, E. (2025). Procesos de inspección en espacios confinados para Operaciones de Perforación Petroleras. *PetroRenova Indexed, Revista Científica de la Energía*. Vol. 1, núm. 2, julio-septiembre, 2025. <https://doi.org/10.5281/zenodo.16698765>