

**Mejoramiento e implementación de SAP en los procesos de Mantenimiento en el PSL
RES de la empresa HALLIBURTON base Cota (Cundinamarca).**

Carlos Antonio Maestre Guzmán

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniería Industrial

Directora

Edna Rocio Bravo Ibarra

Phd. Administración de empresas

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Físico-mecánicas

Escuela de Estudios Industriales y Empresariales

Bucaramanga

2024

Tabla de contenido

Introducción	10
Cumplimiento de objetivos	13
1. Generalidades del proyecto	14
1.1. Título del proyecto	14
1.2. Modalidad.....	14
1.3. Planteamiento del problema	14
1.4. Objetivos	17
1.4.1. Objetivo General	17
1.4.2. Objetivos Específicos.....	17
2. Generalidades de la empresa	18
2.1. Identificación de la empresa.....	18
2.2. Reseña histórica.....	18
2.3. Misión.....	20
2.4. Visión	20
2.5. Propuesta de valor RES	21
2.6. Valores	21
2.7. Portafolio de servicios (RES).....	22
2.8. Organigrama.....	23
3. Marco de referencia.....	23
3.1. Marco de antecedentes	23
3.1.1. Regionales.....	24
3.1.2. Nacionales.....	27
3.1.3. Internacionales	29
3.2. Marco Teórico	30
3.2.1. Plan de mejoramiento	31
3.2.2. Herramientas de Análisis de procesos	31

3.2.3.	Diagrama de flujo	32
3.2.4.	Los 5 por qué	32
3.2.5.	Metodología 5s.....	32
3.2.6.	ERP. (SAP)	34
3.2.7.	Mantenimiento preventivo	35
3.2.8.	Mantenimiento Correctivo	36
3.2.9.	RES	36
4.	Diagnóstico de la empresa.....	37
4.1.	Metodología del diagnostico	38
4.1.1.	Identificación de la empresa	38
4.1.2.	Análisis de revisión de documentos administrativos	39
4.1.3.	Aplicación y análisis de entrevistas	40
4.2.	Proceso de mantenimiento.	50
4.2.1.	Servicios de mantenimiento.....	52
4.3.	Planes de mantenimiento.....	54
4.4.	Costos adicionales	58
4.5.	Incumplimiento de estándares globales y regionales establecidos.....	58
4.6.	Tiempos muertos	63
4.7.	Evaluación Metodología 5'S	65
4.8.	Conclusión del diagnostico	67
	Diagrama causa y efecto – Ishikawa.....	69
5.	Formulación de propuestas.....	70
5.1.	Propuesta 1. Programa 5s	71
5.2.	Propuesta 2. Diseñar el software SAP conforme a los requerimientos de RES.....	73
5.3.	Propuesta 3. Evaluar viabilidad de sensores de nivel y pantallas de control. en los tanques de almacenamiento.	76
5.4.	Propuesta 4. Diseñar e implementar un sistema de indicadores que permitan evaluar los resultados del plan de mantenimiento que utiliza el software SAP.	78

6.	Implementación y resultados del plan de mejoramiento	81
6.1.	Implementación de la propuesta 5s	81
6.1.1.	Aplicación de la propuesta.....	83
6.1.2.	Resultado de la propuesta	89
6.2.	Implementación de la propuesta SAP	93
6.2.1.	Aplicación de la propuesta.....	94
6.2.2.	Resultados de la propuesta.....	99
6.3.	Evaluar viabilidad de sensores de nivel y pantallas de control	103
6.3.1.	Resultados de la Propuesta.....	108
6.3.2.	Presentar propuesta a la Gerencia	110
6.4.	Implementación de la propuesta indicadores	111
6.4.1.	Definir los objetivos y metas claras para los indicadores	111
1.1.1.	Resultados de la propuesta.....	117
	Conclusiones	119
	Recomendaciones	121
	Referencias Bibliográficas	122

Lista de Figuras

Figura 1. Valores de la empresa Halliburton.	21
Figura 2. Promedio de resultados de encuesta de mantenimientos correctivos a puentes grúas .	42
Figura 3. Mantenimientos e inspecciones a cada puente grúa en el periodo de enero a diciembre 2022.....	44
Figura 4. Mantenimientos e inspecciones a cada Compresor en el periodo de enero a diciembre 2022.....	44
Figura 5. Mantenimientos e inspecciones a cada Generador en el periodo de enero a diciembre 2022.....	45
Figura 6. Mantenimientos e inspecciones a cada Elevador en el periodo de enero a diciembre 2022.....	45
Figura 7. Mantenimientos e inspecciones a cada Hidro-lavadora en el periodo de enero a diciembre 2022.....	46
Figura 8. Barriles evacuados por servicio.....	48
Figura 9. Diagrama de flujo de procesos que llevan a mantenimientos.	55
Figura 10. Diagrama lineal de proceso de requerimiento de mantenimiento.	64
Figura 11. Resultados de la implementación de la metodología 5'S	66
Figura 12 Diagrama Causa y Efecto de la empresa Halliburton base Cota Cundinamarca.....	69
Figura 13. Cronograma para el desarrollo del programa 5S.....	81
Figura 14. Foto de la reunión para definir los responsables y las actividades de la metodología 5s	82
Figura 15. Seiri clasificar: hallazgo	84
Figura 16 Seiri clasificar: acción	85
Figura 17 Seiton ordenar: hallazgo.....	85
Figura 18 Seiton ordenar: acción.....	86
Figura 19 Foto bodega actual y canecas	86

Figura 20 Seiso limpieza: hallazgo.....	87
Figura 21 Seiso limpieza: acción.....	87
Figura 22. Resultados metodología 5's	89
Figura 23. Gráfico de la pregunta Impacto general de la metodología 5S	92
Figura 24 Ubicación técnica de maquina #10009211.....	95
Figura 25 Ubicación técnica #10013912	96
Figura 26 Ubicación técnica #10007669	97
Figura 27 Ubicación técnica #10013910	97
Figura 28 Ubicación técnica #10013306	98
Figura 29 Ubicación técnica #10014248	98
Figura 30 Ubicación técnica #10014014	99
Figura 31 Barriles evacuados por servicio.....	103
Figura 32. Sensor de nivel	109

Lista de Tablas

Tabla 1. Cumplimiento de objetivos	13
Tabla 2. Resultados de encuesta de mantenimientos correctivos a Puentes Grúas.....	41
Tabla 3. Tipos de mantenimiento y responsables según el tipo de activo	54
Tabla 4. Resultados de las 5S´s.....	66
Tabla 5. Plan de implementación 5s	72
Tabla 6. Plan de implementación propuesta SAP	75
Tabla 7. Plan de implementación propuesta viabilidad de sensores de nivel	77
Tabla 8. Plan de implementación de la propuesta indicadores	80
Tabla 9 Valores de consumo.....	104
Tabla 10. Datos de viajes y costos unitarios	105
Tabla 11. Costo de Implementación	105
Tabla 12 . Retorno de la inversion	106
Tabla 13. simulación viajes a máxima capacidad.....	107

Lista de Apéndices

Ver apéndices adjuntos

Apéndice A. Formato de inspecciones. Real state

Apéndice B. Tier 2023

Apéndice C. Organigrama de RES en la empresa

Apéndice D. Evaluación metodología 5s

Apéndice E. Encuesta de satisfacción sobre la implementación de la metodología 5S

Apéndice F. Implementación metodología

Apéndice G. Conceptos básicos del diseño de SAP

Apéndice H. Tier realizadas en lo que van del año

Apéndice I. Cotización para la instalación

Apéndice J. Informes de Mantenimiento

Apéndice K. Fichas técnica Siemens

Apéndice L. Presentación medidores de nivel

Resumen

Título: Mejoramiento e implementación de SAP en los procesos de Mantenimiento en el PSL RES de la empresa HALLIBURTON base Cota (Cundinamarca).¹

Autor: Carlos Antonio Maestre Guzmán²

Palabras Clave: Mantenimiento, SAP, indicadores, diagnostico, metodología 5s.

Descripción:

El presente proyecto se realizó bajo la modalidad de Práctica Empresarial en el área RES de la empresa Halliburton, RES (Real Estate Service) busca la mejora, construcción y mantenimiento de activos cruciales para el funcionamiento de la empresa.

Este trabajo de grado tiene como propósito examinar los procesos de mantenimientos de RES, con el fin de diseñar e implementar propuestas de mejora enfocada a los hallazgos encontrados en la práctica.

Se llevó a cabo un diagnóstico para identificar problemas y proponer soluciones de mejora, evidenciando la falta de control de costos, la dependencia de información análoga, la falta de control de indicadores de funcionamiento y cumplimiento, así como la falta de mantenimiento preventivo oportuno. Se presentaron a la gerencia cuatro recomendaciones de mejora, las cuales fueron aceptadas y ejecutadas. La principal de ellas fue la implementación de SAP. Otra recomendación fue la adopción de la metodología 5S y el diseño de indicadores para el seguimiento de los procesos de mantenimiento. Halliburton, siendo una empresa multinacional, maneja gran parte de su información de manera confidencial; este trabajo contiene información autorizada por la gerencia.

Por último, se presentan las conclusiones y recomendaciones basadas en el estudio realizado en este proyecto de grado.

Summary

¹ Trabajo de grado

² Facultad de ingeniería Fisicomecánicas. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales. Director Juan Pablo Pimiento Martínez. Magister en administración.

Title: Improvement and implementation of SAP in the Maintenance processes at the PSL RES of the company HALLIBURTON based in Cota (Cundinamarca).³

Author: Carlos Antonio Maestre Guzmán⁴

Keywords: *Maintenance, SAP, indicators, diagnosis, 5S methodology*

Description:

This project was carried out as part of an Internship in the RES area of Halliburton. RES (Real Estate Service) focuses on the improvement, construction, and maintenance of crucial assets for the company's operations.

The purpose of this thesis is to examine the maintenance processes of RES to design and implement improvement recommendations based on the findings from the internship. A diagnosis was conducted to identify problems and propose improvement solutions, revealing issues such as the lack of cost control, reliance on analog information, inadequate monitoring of performance and compliance indicators, and insufficient preventive maintenance. Four improvement recommendations were presented to management, which were accepted and executed. The primary recommendation was the implementation of SAP. Another was the adoption of the 5S methodology and the design of indicators to track maintenance processes. Halliburton, as a multinational company, manages much of its information confidentially; this project contains information authorized by management.

Finally, conclusions and recommendations based on the study conducted in this thesis are presented.

Introducción

³ Final Project

⁴ Faculty of Physical-Mechanical Engineering, School of Industrial and Business Studies. Director Juan Pablo Pimiento Martínez. Master's degree in Administration.

La industria petrolera, fundamental para el suministro energético global, enfrenta desafíos ambientales significativos, tal como señalan Villagra et al. (2008). La extracción y el transporte de petróleo pueden tener impactos negativos en el medio ambiente y la vida silvestre, lo que exige estrategias más eficientes y regulaciones más estrictas, especialmente en la gestión del mantenimiento. En este contexto, el mantenimiento se convierte en un componente crucial para garantizar la confiabilidad y eficiencia operativa en la industria del petróleo y gas, como indican Robayo et al. (2015). En empresas líderes como Halliburton, la implementación de tecnologías de mantenimiento predictivo y preventivo es esencial para optimizar recursos y reducir costos operativos.

Halliburton es uno de los proveedores de productos y servicios en el sector energético más destacados a nivel mundial, presente en más de 70 países. La organización está enfocada en maximizar el valor en todo el ciclo de vida del yacimiento, que va desde localización de hidrocarburos, hasta la optimización de la producción del yacimiento a lo largo de su vida útil.

Halliburton está compuesto por un conjunto de líneas de servicio de producción (PSL) que satisfacen necesidades específicas de diferentes áreas; una de estas líneas es RES (*Real estate service*), la cual busca el mejoramiento, construcción y mantenimiento de toda la infraestructura concerniendo a todos sus activos de uso. En concordancia a esto, la propuesta de valor de RES, se centra en la creación y desarrollo de soluciones inmobiliarias para optimizar el valor de los activos de las operaciones que ofrece Halliburton. Se puede indicar que siempre está en busca de soluciones que minimizan la huella de los activos que no generan ingresos y al mismo tiempo, proporcionan un espacio óptimo para que otras líneas de servicio de producción esenciales funcionen de manera segura, eficiente junto con el apoyo de los clientes externos de Halliburton.

Actualmente la empresa identifica hallazgos y acciones correctivas por medio de auditorías, las cuales han evidenciado la falta de control de los costos e indicadores de funcionamiento y cumplimiento en la línea de servicio de producción RES, además, evidencia la falta de mantenimiento preventivo a tiempo y oportuno, conllevando esto a la pérdida de personal, dinero y distorsión de costos.

El uso de herramientas como SAP para la gestión del mantenimiento en la industria petrolera es ampliamente discutido por Avellaneda (2021). SAP ofrece módulos que automatizan procesos de planificación y control, promoviendo eficiencia y reducción de costos. Sin embargo, su implementación exitosa requiere un análisis riguroso, claridad en objetivos y la participación de los usuarios. Por lo tanto, a raíz de lo anteriormente mencionado, se realiza un diagnóstico inicial para lograr identificar oportunidades de mejora, las cuales se llevan a cabo por una implementación del sistema informático de gestión de la producción (SAP), el cual está habilitado para desarrollar soluciones y facilitar el procedimiento de datos y flujos de información; actualmente la empresa cuenta con la disponibilidad para su respectivo uso, y es una herramienta utilizada en otras áreas de la empresa; no obstante, en la línea de servicio RES no se está utilizando; por ende, se desea realizar un mejoramiento e implementación de SAP en los procesos de mantenimiento en el PSL RES en la base Cota de Halliburton Colombia.

En consideración a este escenario, el presente proyecto tiene como objetivo diseñar un plan de mejora de los procesos de mantenimiento de la base Cota de Halliburton, utilizando SAP como herramienta principal. Los objetivos específicos son identificar oportunidades de mejora, evaluar el impacto de la implementación de SAP, desarrollar un plan de implementación y proponer una solución innovadora para la gestión del mantenimiento en esta unidad.

Cumplimiento de objetivos

El cumplimiento de los objetivos se evidencia en la siguiente tabla:

Tabla 1.

Cumplimiento de objetivos

Objetivo	Cumplimiento
Realizar un análisis diagnóstico que permita evidenciar el estado actual y las actividades críticas susceptibles a mejora en los procesos de mantenimiento del PSL RES en la base Cota de la empresa Halliburton.	Capítulo 4.
Diseñar un plan de mejoramiento soportado en el software SAP de los procesos de mantenimiento a partir de los resultados obtenidos en el diagnóstico.	Capítulo 5.2
Implementar las propuestas de mejoras en los procesos de mantenimiento diseñadas y previamente aprobadas por los directivos de la empresa.	Capítulo 5.
Diseñar e implementar un sistema de indicadores que permitan evaluar los resultados del plan de mantenimiento que utiliza el software SAP, haciendo enfoque en el desempeño, mejora continua, prevención y cumplimiento de los estándares de la empresa.	Capítulo 5.4

1. Generalidades del proyecto

1.1. Título del proyecto

Mejoramiento de los procesos de mantenimiento en el PSL RES de la empresa HALLIBURTON base Cota Cundinamarca Colombia mediante la implementación del software SAP.

1.2. Modalidad

Práctica Empresarial

1.3. Planteamiento del problema

Halliburton es una compañía multinacional prestadora de servicios dedicada al sector energético de origen estadounidense, tiene presencia en diferentes regiones del mundo como Medio oriente/Norte de África y Europa/Sur de África. Uno de los países en donde cuenta con sede es Colombia, donde actualmente tiene seis bases, las cuales se encuentran situadas en Barrancabermeja-Santander, Barranquilla-Atlántico, Neiva-Huila, Villavicencio-Meta, Yopal-Casanare y Cota-Cundinamarca, siendo esta última la base principal y la más grande en el país, y en la que se centra a implementar el presente proyecto.

Las bases tienen la responsabilidad de llevar a cabo diversas tareas fundamentales, que incluyen el mantenimiento, las pruebas, la recepción y distribución de herramientas a los distintos pozos de producción de petróleo. Además, se llevan a cabo pruebas de crudos, lodos, químicos y otros elementos en laboratorios ubicados en estas instalaciones. Estas actividades desempeñan un papel crucial al aportar valor a la empresa, abarcando desde aspectos operativos hasta funciones administrativas y de planificación RES, siendo el PSL encargado de la infraestructura, se considera como un factor crítico debido a los altos estándares de producción y servicio en Halliburton, ya

que el factor humano (trabajador) y su seguridad son primordiales para la empresa; conllevando esto a que ninguna actividad se pueda realizar sin estándares de calidad y seguridad, desde la señalización y certificación de infraestructura y herramientas de trabajo.

La base Cota, que es la base principal y la más grande en el país. En la base, la empresa gestiona una serie de activos esenciales que desempeñan un papel fundamental en la prestación de servicios y el mantenimiento de operaciones eficientes. Entre estos activos, los puentes grúas que son indispensables para el transporte de brocas y herramientas pesadas, asegurando la movilidad eficiente de equipos clave. Los generadores, actúan como respaldo ante fallos eléctricos, garantizando la continuidad de las operaciones en un entorno que requiere funcionamiento continuo. Asimismo, los compresores desempeñan un papel crucial en el mantenimiento y las pruebas de equipos utilizados en pozos, mientras que las hidrolavadoras son esenciales para la limpieza de brocas, tubulares y otras herramientas en el campo. El elevador se utiliza para ingresar químicos, materiales y herramientas al laboratorio de Baroid, ubicado en el tercer piso de la bodega 3. Por último, los tanques de almacenamiento de aguas hidrocarburadas juegan un papel vital en el compromiso ambiental de la empresa, requiriendo un tratamiento especial y un servicio tercerizado para su desecho y transporte. La gestión eficaz de estos activos no solo garantiza la operatividad, sino que también respalda el compromiso ambiental y la calidad de los servicios ofrecidos por la empresa.

La identificación de problemas en activos clave como puentes grúas, hidrolavadoras, compresores, generadores y tanques de almacenamiento de aguas hidrocarburadas en la línea de servicio RES de Halliburton, específicamente en la base de Cota, refleja una preocupación sustancial respecto al manejo y mantenimiento inadecuado de estos equipos. Estas problemáticas, como daños y saturación de capacidades, resultan en una significativa detención de actividades,

generando altos costos que afectan a todas las partes interesadas de la empresa. La insatisfacción interna y la incapacidad para cumplir con los altos estándares globales y regionales establecidos destacan la urgente necesidad de implementar un plan de acción.

Este proyecto busca optimizar los procesos de mantenimiento y el manejo de activos mediante la eficaz gestión de la información, asegurando el cumplimiento de estándares de calidad y obteniendo beneficios mejorados para la empresa. En última instancia, la realización de este proyecto tiene como objetivo mejorar los procesos de mantenimiento a través de la implementación de SAP y el uso de indicadores. Este sistema de gestión de la información se propone generar datos útiles, apropiados, oportunos y necesarios para la toma de decisiones orientadas a la prevención, lo que resultará en la reducción de costos y tiempos muertos de los activos. La implementación de estrategias de mejora respaldadas por SAP emerge como una solución integral para superar los desafíos actuales y elevar la eficiencia operativa de Halliburton en su base de Cota.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Diseñar un plan de mejoramiento de los procesos de mantenimiento en el PSL RES de la empresa HALLIBURTON base Cota Cundinamarca Colombia mediante la implementación del software SAP.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Realizar un análisis diagnóstico que permita evidenciar el estado actual y las actividades críticas susceptibles a mejora en los procesos de mantenimiento del PSL RES en la base Cota de la empresa Halliburton.
- Diseñar un plan de mejoramiento soportado en el software SAP de los procesos de mantenimiento a partir de los resultados obtenidos en el diagnóstico.
- Implementar las propuestas de mejoras en los procesos de mantenimiento diseñadas y previamente aprobadas por los directivos de la empresa.
- Diseñar e implementar un sistema de indicadores que permitan evaluar los resultados del plan de mantenimiento que utiliza el software SAP, haciendo enfoque en el desempeño, mejora continua, prevención y cumplimiento de los estándares de la empresa.

2. Generalidades de la empresa

En Halliburton, colaboramos y diseñamos soluciones para maximizar el valor de los activos para nuestros clientes.

2.1. Identificación de la empresa

Razón social: HALLIBURTON LATIN AMERICA S R L SUCURSAL COLOMBIA

Nit: 860051812-2

Representante legal: Juan David Orozco Montoya

Telefono: +57 1 7564444.

Ubicación: CL 106 57 23 OF 201 ED 106 SQUARE (Bogota – Colombia).

2.2. Reseña histórica

El enfoque de Halliburton en la innovación comenzó en 1919 con el fundador Erle P. Halliburton, pionero en la cementación de pozos de petróleo. Erle P. construyó una caja mezcladora de madera y comenzó su primer negocio de cementación de pozos de petróleo en Duncan, Oklahoma, con un carro prestado, un tiro de mulas y una bomba. Su primera innovación: una nueva técnica de cementación que rápidamente se hizo famosa en Texas y Oklahoma. A lo largo de su vida, patentó 38 servicios y herramientas para yacimientos petrolíferos, así como otros inventos.

Una historia de constante innovación y expansión

1919: Fundación de Halliburton.

1926: Halliburton dio sus primeros pasos para convertirse en una empresa mundial al vender cinco unidades de cementación a una empresa inglesa en Birmania, que inició sus operaciones en el hemisferio oriental. Los hermanos de Erle P. expandieron el negocio en Alberta, Canadá.

Década de 1930: La Compañía estableció sus primeros laboratorios de investigación para probar mezclas de cemento y ofrecer servicios de acidificación para mejorar la producción.

Halliburton también completó su primer trabajo de cementación costa afuera utilizando una unidad de cementación montada en una barcaza en una plataforma en Creole Field, Golfo de México. Este fue el comienzo de lo que se convirtió en el servicio offshore más extenso del mundo.

1940: Halliburton abre en Venezuela.

1946: La compañía se expandió a Colombia, Ecuador, Perú y Medio Oriente y comenzó a prestar servicios para Arabian-American Oil Company, la precursora de Saudi Aramco.

1951: Halliburton hizo su primera aparición en Europa como Halliburton Italiana SpA., una subsidiaria de propiedad total en Italia. En los siguientes siete años, Halliburton lanzó Halliburton Company Germany GmbH, estableció una subsidiaria en Inglaterra y estableció operaciones en Argentina.

2003. Halliburton implementó por primera vez el software SAP en 2003, utilizando las soluciones móviles SAP R/3 en su grupo de servicios inmobiliarios (Real Estate Services Group). Esta implementación inicial tuvo lugar en Estados Unidos

2011: Halliburton implementa la primera serie de bombas Q10™.

2012: La Compañía amplió sus operaciones en mercados no convencionales clave, incluidos Australia, Arabia Saudita, México y China.

2013: Halliburton abrió el centro de fabricación y tecnología de terminación en Singapur.

2014: Halliburton inauguró la primera instalación de carga y almacenamiento de arena de Argentina para respaldar la transición del país de la exploración de esquisto al desarrollo.

2015: Halliburton presentó el servicio de evaluación acústica de última generación: XaminerSM Sonic Service.

2016: Halliburton completó un trabajo de fracturación hidráulica para Eclipse Resources en el lateral terrestre horizontal más largo jamás perforado en los EE. UU.

2017: La Compañía agregó a su oferta de tecnología de Perforación y Evaluación a través de la adquisición de Ingrain.

2018: Halliburton lanza Illusion® Spire, el primer tapón de fracturación soluble eficiente en fluidos.

2019: Halliburton celebró 100 años de servicio.

2020: la implementación de SAP S/4HANA para optimizar procesos clave como Procure-to-Pay y Record-to-Report, mejorando así la transparencia

2020: La empresa presentó SmartFleet™, el primer sistema de fracturamiento automatizado inteligente.

2021. Halliburton inició una transformación digital global en su cadena de suministro y funciones de manufactura, adoptando tecnologías avanzadas y herramientas de inteligencia empresarial para mejorar la eficiencia y la toma de decisiones en tiempo real, entre esas SAP.

Presente: Halliburton es uno de los mayores proveedores mundiales de productos, servicios y soluciones integradas para la exploración, el desarrollo y la producción de petróleo y gas.

2.3. Misión

Lograr un crecimiento y una rentabilidad superiores para nuestros accionistas mediante la entrega de tecnología y servicios que mejoren la eficiencia, aumenten la recuperación y maximicen la producción para nuestros clientes.

2.4. Visión

Brindar una experiencia de cliente inigualable, como líderes de opinión globalmente competitivos, creativos y éticos.

2.5. Propuesta de valor RES

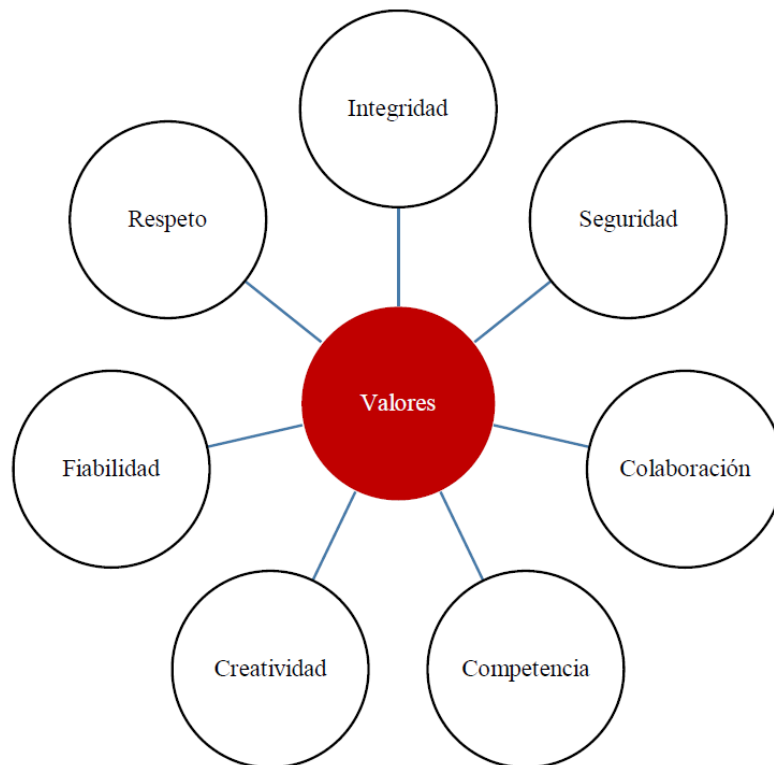
Colaboramos y desarrollamos soluciones inmobiliarias para optimizar el valor de los activos para nuestros grupos de interés.

2.6. Valores

Nuestros valores nos guían en todo lo que hacemos y sustentan cómo nos relacionamos entre nosotros y con todas las personas con quienes interactuamos.

Figura 1.

Valores de la empresa Halliburton.



Integridad: la ética y la integridad son la base de nuestra marca y los principios rectores de todo lo que hacemos.

Seguridad: Prioridad número uno. Nos centramos en nuestra propia seguridad personal y en la seguridad de los demás.

Colaboración: Trabajamos junto con los clientes y entendemos que todos tienen un papel en brindar la mejor solución.

Competencia: Competimos para ganar. Sabemos que la competencia fortalece a todos.

Creatividad: Somos ingeniosos. Somos innovadores y nos esforzamos por aplicar la tecnología y la solución adecuadas en todo momento.

Confiabilidad: Cumplimos lo que prometemos. Creemos que la calidad de nuestro servicio define quiénes somos.

Respeto: Valoramos la diversidad y la igualdad. Nos hace más fuertes, más innovadores y mejor posicionados para el éxito. Estamos comprometidos con la inclusión sin importar raza, género, nacionalidad, religión, identidad, experiencia y cualquier otro atributo único. Somos honestos con nosotros mismos, damos la bienvenida a diferentes puntos de vista y nos empoderamos mutuamente para ser auténticos.

2.7. Portafolio de servicios (RES)

RES se especializa en la infraestructura y el mantenimiento estructural, así como en el mantenimiento de activos, ofrece servicios críticos para garantizar la operatividad y seguridad de las instalaciones de una empresa.

- **Inspección y Evaluación:** Inspección regular de la infraestructura y maquinaria. Evaluación de la integridad estructural y el rendimiento de las máquinas.

- **Mantenimiento Preventivo:** Programación y ejecución de mantenimiento preventivo para prevenir fallas. Lubricación, ajustes y reemplazo de componentes según las recomendaciones del fabricante.
- **Reparación y Restauración:** Reparación de estructuras y componentes dañados. Restauración de maquinaria para mantenerla en condiciones óptimas.
- **Gestión de Activos:** Seguimiento y registro de activos de infraestructura y maquinaria. Desarrollo de programas de mantenimiento personalizados.
- **Actualización y Modernización:** Actualización de equipos y maquinaria para mejorar la eficiencia y la seguridad. Modernización de infraestructuras para cumplir con normativas y estándares actuales.

2.8. Organigrama

En el apéndice C se encuentra el organigrama de RES en la empresa HALLIBURTON LATIN AMERICA S R L SUCURSAL COLOMBIA

3. Marco de referencia

3.1. Marco de antecedentes

Las investigaciones y proyectos analizados reflejan una variedad de estudios enfocados en la gestión del mantenimiento mediante la implementación del sistema empresarial SAP, abordando diferentes aspectos y aplicaciones en diversas áreas industriales a nivel regional, nacional e internacional. Desde mejorar la calidad de la información de equipos en refinerías y plantas industriales hasta la eficacia en la gestión de repuestos para unidades de bombeo de hidrocarburos,

cada estudio destaca la relevancia y las mejoras alcanzadas al integrar el módulo PM de SAP en sus procesos de mantenimiento. Estos proyectos ponen de manifiesto cómo la implementación de SAP ha demostrado ser una herramienta valiosa para optimizar la eficiencia, reducir costos, mejorar la disponibilidad de equipos y promover un enfoque más proactivo en el mantenimiento, lo que conlleva a un impacto positivo en la productividad y competitividad de las empresas en diversos sectores industriales.

3.1.1. Regionales

La tesis realizada por Castañeda Moreno (2020), se enfoca en mejorar la eficiencia y eficacia de la gestión del mantenimiento de los equipos de instrumentación y control de la refinería de Ecopetrol S.A. Los objetivos específicos incluyen definir una taxonomía de equipos compatible con ISO 14224, implementar esta taxonomía en el módulo PM de SAP y evaluar su impacto comparando los datos de mantenimiento antes y después de la implementación. El autor realizó un análisis detallado de los equipos, considerando la función, tipo y características, lo que resultó en una taxonomía de tres niveles. La implementación de esta taxonomía en SAP permitió una mejor identificación de los equipos, planificación de actividades y seguimiento del historial de mantenimiento, lo que condujo a mejoras significativas en la eficiencia y eficacia de la gestión del mantenimiento. Castañeda Moreno concluye que esta implementación puede ser una herramienta eficaz para clasificar y gestionar equipos de instrumentación y control. La importancia de utilizar SAP en la gestión de mantenimiento radica en su capacidad para automatizar tareas, mejorar la toma de decisiones, proporcionar visibilidad sobre el estado de los activos y su integración con otras áreas de la empresa, ofreciendo así una gestión más eficiente y efectiva del mantenimiento.

A su vez, el proyecto desarrollado por Rodríguez Torres (2020), enfocado en el mantenimiento industrial, específicamente en el área de refrigeración en la empresa DISTRAVES SA., destaca la importancia del uso de SAP PM en la gestión del mantenimiento de equipos. El propósito principal de este trabajo fue la planificación y ejecución de actividades de mantenimiento preventivo a través del software SAP mantenimiento planta PM, enfocándose en mejorar el funcionamiento de la maquinaria para la producción de productos cárnicos derivados del pollo. Los objetivos se centraron en organizar y ejecutar actividades de mantenimiento preventivo, controlar y analizar los registros de temperatura, niveles de presión de refrigerante, realizar inspecciones visuales y planificar las tareas listas y pendientes mediante el uso de SAP PM. Los resultados obtenidos mostraron mejoras notables en la operatividad de los equipos, evidenciando una optimización en el control de temperaturas, funcionamiento de compresores, turbinas, evaporadores y otros componentes, así como una concientización y cuidado por parte del personal sobre el mantenimiento de los cuartos fríos. La implementación de SAP PM permitió una gestión más eficiente y programada del mantenimiento, evitando sobrecalentamientos y mejorando la operatividad de los equipos de refrigeración en la planta, lo que resalta la relevancia de esta herramienta tecnológica en el sector industrial para optimizar las actividades de mantenimiento.

En adición a lo anterior, la investigación de Morales y Wilston (2020) se enfoca en mejorar la calidad de la información de equipos en el módulo PM de SAP para el Ingenio María Luisa SA. La metodología cualitativa reveló deficiencias en la información existente, generando dificultades en la planificación del mantenimiento, aumentando costos y disminuyendo la disponibilidad de los equipos. Para resolver estos problemas, proponen recomendaciones centradas en la completitud, precisión y actualización de la información, incluyendo la creación de nuevos campos, procesos de recopilación y capacitación del personal en el uso del sistema. Estiman que estas

recomendaciones mejorarán significativamente la gestión del mantenimiento en el ingenio. Además, brindan pautas para que otras empresas que utilicen el módulo PM de SAP puedan mejorar la calidad de su información de equipos, destacando la evaluación inicial, el establecimiento de objetivos claros y el desarrollo de un plan de acción detallado. En resumen, la investigación resalta la importancia de una información precisa y actualizada para optimizar la gestión del mantenimiento en organizaciones industriales.

En el proyecto “plan de mejoramiento en el área de suministro y soporte administrativo para la adquisición de bienes y servicios de la empresa electrificadora de Santander S.A. E.S.P.” (Gutierrez, 2021) en el cual el autor se enfoca en la gestión de los procesos administrativos, destacando el proceso de contratación y abastecimiento de las necesidades en los diferentes procesos. En su desarrollo demuestra como la falta de estandarización en los procesos afecta el óptimo desarrollo de las actividades en la empresa, no obstante, aunque cumple con las metas, sus procesos presentan oportunidades de mejora, lo cual conlleva a generar mayor rentabilidad, mejores tiempos de ciclo, mejor atención al cliente, etc. A su vez, plantea la documentación, el diseño y la implementación de un plan de mejoramiento, además previamente utiliza diferentes herramientas para diagnosticar el estado actual de la organización. A dicho diagnóstico y al diseño del plan, se implementó el ERP SAP el cual integra a través de módulos las principales áreas de la empresa, como finanzas, Recurso humano, manufactura, cadena de suministro, compras, servicios, etc. Esta implementación de SAP ayuda con el propósito de contextualizar y apoyar en el desarrollo del actual proyecto ya que se implementará el mismo ERP, además de que en la empresa electrificadora de Santander S.A. E.S.P. se aplican herramientas cualitativas y cuantitativas las cuales se pueden adaptar para la investigación del proyecto en Halliburton.

3.1.2. Nacionales

La investigación de Rodríguez Chia y Leguizamon Romero (2022) se enfoca en diseñar e implementar un modelo de aprovisionamiento de repuestos para atender fallas en unidades de bombeo de hidrocarburos, buscando reducir tiempos de inactividad. La metodología cualitativa reveló deficiencias en el sistema reactivo de aprovisionamiento, generando mayores costos y reduciendo la disponibilidad de los activos. Su modelo se basa en planificación del mantenimiento, gestión de inventarios y predicción de fallas, implementado en el módulo PM de SAP. La efectividad del modelo se evidenció con una reducción del 20% en los tiempos de inactividad y un aumento del 15% en la disponibilidad de los activos. Se destacan las funcionalidades de SAP, como la gestión de activos, planificación y programación del mantenimiento, gestión de órdenes de trabajo y repuestos, que refuerzan la gestión de mantenimiento. En resumen, la tesis destaca que la implementación del modelo en SAP es una herramienta valiosa para mejorar la gestión de mantenimiento en empresas petroleras.

Así mismo, Gutiérrez Villa (2023) investiga la relevancia crucial de la confiabilidad de las calificaciones en la gestión de mantenimiento de equipos. Destacando que una calificación incorrecta puede desencadenar decisiones costosas o innecesarias en el mantenimiento de los equipos, Gutiérrez Villa propone un innovador enfoque basado en la plausibilidad. Su método se basa en la premisa de que las calificaciones plausibles tienen mayor probabilidad de ser correctas, y para evaluar dicha plausibilidad, utiliza reglas fundadas en el conocimiento experto, considerando variables como la condición del equipo, el tipo de mantenimiento y los resultados de las pruebas. Al implementar este enfoque en el módulo PM de SAP, Gutiérrez Villa logra mejorar la evaluación de la confiabilidad de las calificaciones en un 20%. Además, resalta el papel esencial de SAP en la gestión del mantenimiento, detallando cómo el módulo PM de SAP facilita la gestión

de activos, la planificación del mantenimiento, la gestión de órdenes de trabajo y la administración de repuestos y materiales. Destacando que SAP permite recopilar datos de mantenimiento de forma centralizada, aplicar reglas de plausibilidad automatizadas y generar informes analíticos para identificar tendencias en los datos, Gutiérrez Villa concluye que su enfoque es una herramienta valiosa para la toma de decisiones informadas en la gestión del mantenimiento, evidenciando cómo SAP complementa y fortalece esta estrategia para mejorar la confiabilidad de las calificaciones en esta área crucial.

Además, la investigación de Tinjacá Henao (2023), profundiza en la adopción del sistema empresarial SAP en industrias colombianas y su impacto en la generación de empleo. Su objetivo principal consiste en examinar cómo la implementación de SAP puede favorecer la creación de empleo en Colombia y las condiciones necesarias para materializar estos beneficios. El estudio se apoya en una revisión de literatura que destaca a SAP como un sistema integral de gestión que ofrece módulos para mejorar la eficiencia y competitividad de las empresas. Analizando casos de estudio de empresas colombianas que adoptaron SAP, se evidenció que su implementación generó empleos en áreas como desarrollo, soporte y mantenimiento. De igual manera, se observó un aumento en la productividad y el surgimiento de oportunidades laborales en el sector tecnológico. Concluyendo, se enfatiza en la importancia de una planificación adecuada, capacitación del personal y una cultura organizacional para aprovechar los beneficios de SAP, lo que incluye una mejora significativa en la gestión del mantenimiento, que conlleva a la reducción de costos, mejora en la disponibilidad y prolongación de la vida útil de los activos empresariales. Estas conclusiones y recomendaciones presentan a SAP como una herramienta potencial para fortalecer la competitividad y el crecimiento económico en Colombia.

3.1.3. *Internacionales*

El libro "Gestión con ERP SAP: Mantenimiento 4.0" de Manuel Avellaneda (2021) es una obra que aborda la implementación de sistemas ERP SAP para mejorar los procesos de mantenimiento en las empresas. Al centrarse en el concepto de mantenimiento 4.0, el autor destaca la integración de las últimas tecnologías con las mejores prácticas de mantenimiento, ofreciendo un análisis detallado y completo sobre la definición, componentes, beneficios, desafíos y la implementación del mantenimiento 4.0. Este enfoque busca optimizar la eficiencia, eficacia y sostenibilidad de los procesos de mantenimiento, respaldado por casos prácticos que ejemplifican su aplicación exitosa en diversas empresas. Avellaneda resalta el potencial de la inteligencia artificial en la recopilación y análisis de datos para mejorar la toma de decisiones en el mantenimiento. Asimismo, señala la contribución del mantenimiento 4.0 hacia la sostenibilidad, al reducir significativamente el consumo de energía y recursos.

Por otra parte, Mendoza Romero (2022) representa un estudio exhaustivo orientado a proponer mejoras significativas en la gestión del sistema de transmisión eléctrica CONENHUA en Perú. El trabajo se enfocó en la implementación del módulo SAP PM, un componente de planificación de recursos empresariales, con el fin de abordar las complejidades y retos inherentes al mantenimiento de esta infraestructura esencial. A través de un análisis minucioso de los procedimientos actuales, se evidenció la ineficiencia y los altos costos asociados con los métodos manuales de registro y seguimiento. El plan de implementación presentado, meticuloso y realista abarcó desde el análisis de requerimientos hasta pruebas de funcionalidad, destacando los beneficios anticipados, como la mejora de la eficiencia, la reducción de costos y el fortalecimiento de la seguridad en el proceso de mantenimiento.

Finalmente, el estudio liderado por Sulca Balboa (2021), propuso la implementación del sistema ERP SAP R/3 Módulo PM en centrales hidroeléctricas con el objetivo de mejorar la eficiencia, eficacia y seguridad en los procesos de mantenimiento. La investigación constó de un análisis de los procedimientos actuales, identificando ineficiencias y altos costos asociados con métodos manuales de registro. El plan de implementación presentado por Sulca Balboa abarcó desde el análisis de requisitos hasta pruebas de funcionalidad, proyectando mejoras sustanciales en la eficiencia, reducción de costos y fortalecimiento de la seguridad en el mantenimiento. Las conclusiones resaltan los múltiples beneficios potenciales, incluida la mejora de la transparencia, comunicación y aprendizaje, reforzando la importancia de considerar esta inversión como un paso crucial hacia la eficiencia a largo plazo en la gestión de mantenimiento en centrales hidroeléctricas.

3.2. Marco Teórico

La implementación de SAP PM en los procesos de mantenimiento de Halliburton, especialmente en PSL RES, se basa en la relevancia de la Gestión del Mantenimiento Basada en la Condición (CBM), resaltada por Laverde Madrid y Rodríguez Sastoque (2021). Esta perspectiva enfatiza la recopilación y análisis de datos para anticipar las necesidades de mantenimiento y tomar decisiones proactivas. El estudio de Colana Portugal (2022) complementa este enfoque al demostrar cómo las funcionalidades centrales de SAP PM, como la gestión de activos y la planificación del mantenimiento, han propiciado mejoras significativas en la eficiencia y la reducción de costos en el mantenimiento de activos eléctricos. La conceptualización de PSL RES como una subdivisión especializada de Halliburton que se enfoca en soluciones para reservorios, valida la importancia estratégica de SAP PM, al proporcionar soluciones sistematizadas y adaptadas para optimizar la producción de petróleo y gas, de acuerdo con las especificidades de los reservorios. Por tanto, SAP PM emerge como una herramienta esencial y práctica en la gestión

del mantenimiento, alineada con las necesidades especializadas de PSL RES dentro del contexto empresarial de Halliburton.

3.2.1. Plan de mejoramiento

Conjunto de proyectos de corto, mediano o largo plazo destinados a subsanar debilidades detectadas durante los procesos de autoevaluación. Por lo tanto, basado en dichos los resultados de la autoevaluación se orientan las acciones requeridas hacia la superación de debilidades y sus causas y en la conservación y potencialización de fortalezas. A su vez, se considera como puente entre situación actual y situación futura deseada, teniendo presente el uso de los recursos limitados, la incorporación de intencionalidad, control y determinación en la construcción del rumbo del programa; el plan de mejoramiento va en pro y búsqueda de la incrementación de mejoras continuas (Herrera, 2004).

3.2.2. Herramientas de Análisis de procesos

En los últimos se ha presentado un incremento en la adopción de un enfoque basado en procesos, ya que se evidencia en las normas y modelos de excelencia, lo que permite la gestión de las interrelaciones dentro de la organización, contribuyendo con esto, en la satisfacción de las partes interesadas. Por lo tanto, para lograr alcanzar este enfoque en las organizaciones se ha tornado complejo, debido al manejo de grandes volúmenes de información, la ausencia de empleo de mecanismos que propicien las interrelaciones, así como la falta de rapidez para responder ante los cambios del entorno. A la par, vienen despuntando nuevas herramientas, más acordes a las tecnologías y a los nuevos modelos de negocios para mejorar el desempeño empresarial a nivel competitivo (González et al., 2019).

3.2.3. Diagrama de flujo

“El diagrama de flujo es una representación gráfica de la secuencia de pasos que se realizan para obtener un cierto resultado; este puede ser un producto, un servicio, o bien una combinación de ambos. A continuación, se comentan una serie de características que ayudan a comprender la naturaleza de la herramienta” (Cumbre, 2010)

“Capacidad de comunicación: permite la puesta en común de conocimientos individuales sobre un proceso, y facilita la mejor comprensión global del mismo” (Cumbre, 2010).

“Claridad: proporciona información sobre los procesos de forma clara, ordenada y concisa” (Cumbre, 2010).

3.2.4. Los 5 por qué

“Los 5 Por qué es una metodología especialmente útil para identificar las causas de fondo de los problemas o incidentes en los equipos y empresas, y superar la tentación de reducir la culpabilidad a una persona. Además, se orienta a encontrar soluciones permanentes a los problemas. La técnica consiste en repetir cinco veces la pregunta “¿por qué?” ante cada respuesta que se da para explicar el fenómeno o situación que estamos analizando. El objetivo al aplicar esta técnica es identificar las causas que originaron el problema. Si bien en el primer por qué se vislumbran las causas inmediatas, a medida que se avanza en la reflexión se irán descubriendo las causas de fondo” (Bravo, 2006).

3.2.5. Metodología 5s

Es una metodología que nos ayuda a mejorar y mantener el orden y la limpieza en nuestro propio lugar de trabajo, permitiendo aumentar la seguridad y reducir las pérdidas eliminando las

causas raíz que las originan (Garcia, 2017). La metodología 5S es de origen japonés, siendo así denominada en función de que cinco palabras que definen sus etapas comienzan con la letra S:

- Seiri (clasificación): Hace referencia al uso eficiente de los materiales y recursos, tiene como importancia realizar compras inteligentes, responsables, utilizando solamente lo necesario. A su vez, realiza clasificación de los materiales teniendo en cuenta la frecuencia de uso, tamaño, tipo de material, entre otros, y finalmente desecha residuos y/o materiales obsoletos (Universidad Nacional Costa Rica, n.d.).
- Seiton (orden): Consiste en asignar un lugar a lo previamente clasificado, es decir, en esta etapa se deben organizar los materiales y bienes (Universidad Nacional Costa Rica, n.d.).
- Seiso (limpieza): hace referencia a la eliminación de la suciedad y la desinfección del espacio a utilizar. El personal es responsable del higiene y cuidado de los espacios de trabajo en los cuales se encuentra (Universidad Nacional Costa Rica, n.d.).
- Seiketsu (Estandarización): consiste en promover procedimientos y protocolos. Se desarrollan procedimientos y protocolos que permitan mantener las condiciones de trabajo aplicadas en las primeras 3'S (Universidad Nacional Costa Rica, n.d.).
- Shitsuke (Disciplina): Este paso se enfoca en el mejoramiento de los hábitos. La constante aplicación de las primeras 4'S y su respectivo monitoreo derivaran en diversas mejoras en el personal, la dinámica de trabajo y la infraestructura en la organización (Universidad Nacional Costa Rica, n.d.).

3.2.6. ERP. (SAP)

“La planificación de recursos empresariales (ERP) es un sistema de software que lo ayuda a operar todo su negocio, dando soporte a la automatización y los procesos en finanzas, recursos humanos, fabricación, cadena de suministro, servicios, compras y más. Un sistema de ERP – también llamado "suite de ERP"– está compuesto por módulos integrados o aplicaciones de negocio que se hablan entre sí y comparten una base de datos común” (SAP SE, 2023).

“Cada módulo de ERP generalmente se enfoca en un área del negocio, pero todos trabajan juntos usando los mismos datos para cumplir con las necesidades de la empresa. Finanzas, contabilidad, recursos humanos, ventas, compras, logística y cadena de suministro son puntos de partida populares. Las empresas pueden elegir el módulo que deseen y agregar y escalar según sea necesario” (SAP SE, 2023).

“Los sistemas de ERP también admiten requisitos específicos de la industria, ya sea como parte de la funcionalidad central del sistema o a través de extensiones de aplicaciones que se integran fluidamente con la suite” (SAP SE, 2023).

Módulo (PM)

El módulo de Gestión de Mantenimiento en SAP (SAP PM) ofrece una amplia gama de funcionalidades para gestionar el mantenimiento de activos físicos, permitiendo la planificación, programación, ejecución y control de las labores de mantenimiento. Sus características, como la gestión de activos, planificación y ejecución del mantenimiento, y el control de datos, impulsan la eficiencia de las empresas al reducir costos, mejorar la disponibilidad de los activos y satisfacer las necesidades de los clientes. Desde la creación de planes de mantenimiento preventivo hasta el seguimiento del mantenimiento de vehículos o redes eléctricas, SAP PM se adapta a diversos sectores y necesidades específicas, aunque su implementación requiere una planificación rigurosa

y capacitación del personal. Esta herramienta representa una inversión ventajosa para las empresas que buscan optimizar sus operaciones de mantenimiento.

Mantenimiento Basado en Condiciones (CBM)

El Mantenimiento Basado en Condiciones (CBM) es un enfoque proactivo centrado en el análisis predictivo de datos para tomar decisiones de mantenimiento. En SAP, este enfoque se materializa mediante el módulo de Mantenimiento Predictivo (SAP PM), que ofrece funcionalidades para la recopilación, análisis y visualización de datos de condición. Al aprovechar sensores, equipos portátiles y sistemas de control, el CBM en SAP permite anticipar el mantenimiento óptimo de activos. Este enfoque se muestra útil para diversas empresas, desde la manufactura hasta los servicios públicos o transporte, mejorando la eficiencia, reduciendo costos y garantizando la confiabilidad del servicio. Implementar el CBM en SAP requiere identificar datos relevantes, configurar el módulo y capacitar al personal, pero representa una inversión estratégica para optimizar las operaciones de mantenimiento.

3.2.7. Mantenimiento preventivo

“Al mantenimiento preventivo se le puede definir como la conservación planeada. Tiene como función permitir el conocimiento sistemático del estado de las máquinas y equipos para programar la tarea que debe realizarse, en los momentos más oportunos y de menor impacto. El mantenimiento preventivo se refiere a que no se debe esperar a que las máquinas fallen para hacerles una reparación, sino que se programen los recambios con el tiempo necesario antes de que se presente la falla” (Alavedra et al., 2016).

3.2.8. *Mantenimiento Correctivo*

El mantenimiento correcto “es aquel que se centra exclusivamente en la corrección de los defectos que se aprecian en el funcionamiento e instalaciones de un aparato, una maquinaria, un producto, entre otros, y a partir de ello repararlos y devolverle la funcionalidad correcta. Eso sí, este tipo puede tener dos modalidades, una que se conoce como: - inmediata: y que se efectuará de manera seguida a la observación de la falla con los medios con los cuales se cuenta. - Diferida: implicará la paralización del equipo en cuestión para luego llevar a cabo su arreglo” (Vargas et al., 2020).

Mantenimiento 4.0

El mantenimiento 4.0, según Avellaneda 2021, se basa en la aplicación de tecnologías de la Industria 4.0 para optimizar las operaciones de mantenimiento. Este enfoque incorpora inteligencia artificial, internet de las cosas y realidad aumentada para analizar datos de activos, predecir mantenimientos y mejorar la eficiencia. Ofrece beneficios como reducción de costos, mayor disponibilidad y seguridad. Avellaneda destaca la importancia de la planificación, capacitación y colaboración interdepartamental para una implementación efectiva del mantenimiento 4.0, subrayando su potencial para mejorar la eficiencia y sostenibilidad en el ámbito del mantenimiento (Avellaneda, 2021).

3.2.9. *RES*

Se ejecuta un modelo principal basado en procesos globales para respaldar a los equipos locales a medida que brindan una entrega segura, eficiente y consistente de actividades y servicios relacionados con la propiedad.

“Los equipos cubren una multitud de actividades del ciclo de vida de la propiedad, incluida la adquisición, la construcción y la modificación, la movilización de instalaciones, la

administración continua de propiedades y carteras y, finalmente, la disposición, todo en consonancia con la dirección estratégica de la empresa” (Halliburton, 2023).

4. Diagnóstico de la empresa

Halliburton, multinacional de servicios energéticos con presencia global, opera en Colombia con seis bases, destacando la base Cota por ser la principal y más grande del país. Esta base es crucial para la compañía, gestionando activos esenciales como puentes grúas, generadores, compresores, hidrolavadoras, elevadores y tanques de almacenamiento de aguas hidrocarbурadas, todos vitales para el mantenimiento y operación de los pozos petroleros. La gestión inadecuada de estos activos ha generado problemas significativos, como daños y saturación de capacidades, provocando detenciones de actividades y altos costos operativos, afectando tanto la eficiencia como la satisfacción interna y la capacidad de cumplir con los estándares globales de calidad y seguridad.

El proyecto propuesto busca optimizar el manejo y mantenimiento de estos activos críticos en la base de Cota mediante la implementación de SAP y la aplicación de propuestas metodológicas. SAP como ERP permite una gestión más eficaz y oportuna de los datos, facilitando la toma de decisiones orientadas a la prevención y reducción de costos y tiempos muertos. La estrategia de mejora respaldada por SAP promete solucionar los desafíos actuales, mejorar los procesos de mantenimiento y elevar la eficiencia operativa, garantizando el cumplimiento de los altos estándares de Halliburton.

4.1. Metodología del diagnóstico

4.1.1. Identificación de la empresa

La práctica empresarial se da con la contratación en Halliburton, se desarrolla en horario de oficina, donde se desempeñan labores afines y directas con los procesos de mantenimiento de los activos relevantes en este proyecto, lo cual permitió tener acceso a los formatos y dinámicas de los diferentes activos, el personal encargado y las funciones operativas del área RES. La inmersión en RES dio a conocer los procesos logísticos que se encargan de la administración de activos clave como puentes grúas, generadores, compresores, hidrolavadoras, elevadores y tanques de almacenamiento de aguas hidrocarburadas, todos ellos cruciales para el mantenimiento y funcionamiento de los pozos petroleros.

Se hacen las inspecciones y se determina qué tipo de intervención requieren los activos. La ejecución de los mantenimientos programados se da en los 15 días siguientes a el desarrollo de plan.

4.1.1.1. Dependencias del área de RES

El área de RES en Halliburton juega un papel crucial en la gestión de infraestructura necesaria para el funcionamiento óptimo de los pozos de petróleo. Esta área no solo se encarga de la infraestructura en sí, sino también de la adquisición y distribución de herramientas de oficina, herramientas para mantenimientos, piezas, y cotizaciones para mantenimiento e instalaciones.

La jerarquía dentro del área de RES está bien definida, comenzando con el Gerente Global y descendiendo a través del Gerente de Latinoamérica, el Gerente Regional y el Gerente para Colombia y Perú, quien supervisa todas las operaciones de la empresa en estos países. A estos les

siguen el Coordinador de facilities, el especialista de mantenimiento, los practicantes y los contratistas in-house, quienes son exclusivos de Halliburton.

Los facilities administran la gestión de los activos y sus respectivos mantenimientos. La organización de los mantenimientos es meticulosa: una orden de mantenimiento se emite y, dentro de las siguientes 24 horas, se espera que el técnico llegue para realizar el diagnóstico inicial.

Además, RES tiene acceso a una lista de herramientas para el mantenimiento preventivo proporcionadas por un proveedor externo. Este proveedor, aunque crucial, no forma parte directa del inventario de la empresa, ya que el suministro se mantiene en una ubicación tercerizada. Esto asegura un flujo continuo de recursos sin sobrecargar los almacenes internos de la empresa, facilitando así la gestión eficiente y efectiva de los recursos necesarios para mantener las operaciones sin interrupciones, sin embargo, al no tener información en tiempo real, las ordenes en papel tienen retrasos.

4.1.2. Análisis de revisión de documentos administrativos

Se desarrollo un análisis de documentos administrativos como auditorías internas, formularios de mantenimiento, Tier, cotizaciones de mantenimiento, presupuestos de infraestructura, entre otros, que nos arroja resultados presentes en este diagnóstico, las auditorias y reuniones que estas registradas en las Tier nos permite visualizar los problemas en los procesos de mantenimientos.

4.1.3. Aplicación y análisis de entrevistas

Se realizaron entrevistas de forma verbal al personal operativo de los activos, al personal que realiza el mantenimiento (firmas especializadas) y por último al personal administrativo. En dichas entrevistas se logró recolectar información relevante, detallada y precisa, la cual dio paso a la identificación de las falencias y/u oportunidades de mejora en los procesos de mantenimiento.

De acuerdo con lo manifestado, se describen las siguientes observaciones:

- Las firmas especializadas no tienen un plan de acción y/o manual de guía para la toma de decisiones según las problemáticas presentadas.
- El sistema de información es llevado de forma manual y con registro físico, lo que dificulta el análisis y procesamiento de la información, además de aumentar el desorden y pérdida de datos.
- No hay conocimiento de las actividades realizadas en el plan de mantenimiento preventivo, ya que los reportes no son precisos, es decir, se identifican reportes deficientes por parte de las firmas contratadas; a su vez, no se cuenta con documentación (procedimiento o manual) de las acciones y actividades que se deben realizar.
- Hay retrasos y/o demoras en la corrección de problemáticas presentadas.
- No hay un control de costos por la realización de los mantenimientos programados y ejecutados; a su vez, de las piezas que se han adquirido o se desean adquirir.

- En el caso de los tanques de almacenamiento de aguas aceitosas, no existe una herramienta de medición que genere una alerta como prevención a que están próximos a llenar su máxima capacidad; lo que incurre en que se llegue al tope del almacenamiento de los tanques, causando la detención de las actividades.
- No se cumplen los mantenimientos en las fechas programadas según el cronograma.

Por otro lado, Considerando que los puentes grúas presentan mayor número de mantenimientos correctivos, se procedió a realizar una encuesta constando de 4 preguntas a calificar del 1 al 5, siendo 1 muy malo y 5 excelente, adicionalmente se incluyeron dos preguntas abiertas. En la encuesta participaron 18 operadores de los activos (estos son los que cuentan con certificación para operar los puentes grúas), arrojando los siguientes datos (Ver tabla 2). En la figura 2 se puede observar el promedio de las calificaciones obtenidas en la encuesta de selección.

Tabla 2.

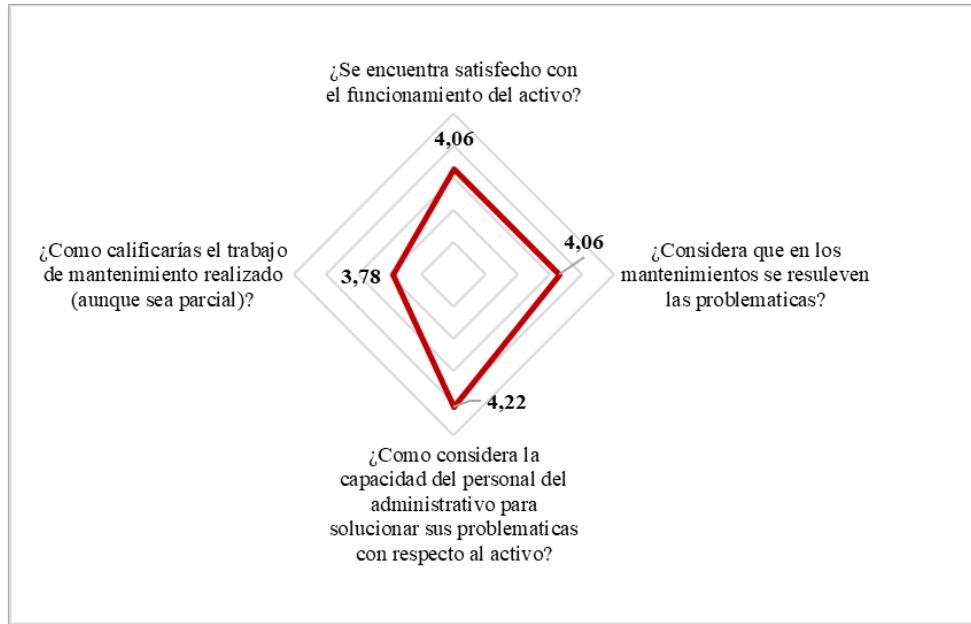
Resultados de encuesta de mantenimientos correctivos a Puentes Grúas

Ítem de Calificación	Muy Mala	Mala	Normal	Buena	Excelente	Promedio
Califique 1 como muy mala y 5 como excelente	1	2	3	4	5	
¿Considera que en los mantenimientos se resuelven las problemáticas?	0	1	3	8	6	4.055556
¿Como considera la capacidad del personal del administrativo para solucionar sus problemáticas con respecto al activo?	0	0	2	10	6	4.222222
¿Como calificarías el trabajo de mantenimiento realizado (aunque sea parcial)?	0	1	6	7	4	3.777778
¿Se encuentra satisfecho con el funcionamiento del activo?	0	1	3	8	6	4.055556

Nota. Esta tabla muestra los resultados obtenidos por la evaluación de la metodología 5s en el área.

Figura 2.

Promedio de resultados de encuesta de mantenimientos correctivos a puentes grúas



De acuerdo con los datos obtenidos en la tabla 2, se puede concluir que hay una percepción negativa con respecto a los mantenimientos realizados por parte de los proveedores, ya que se consideran que muchas de las soluciones y correctivos son “hechizas” (provisionales); no obstante, se encuentra con una satisfacción de bueno ante el funcionamiento de los activos.

A continuación, se describen los resultados obtenidos en las preguntas abiertas realizadas al mismo personal:

¿Cuáles considera que son las principales problemáticas presentadas por el activo?

- ✓ Bloqueos de movimientos laterales del Puente grúa.
- ✓ Bloqueo total.
- ✓ Fallas por uso continuo.

- ✓ Partes eléctricas.
- ✓ Radio control.
- ✓ Fallas por mal uso del activo.
- ✓ Cables de acero.
- ✓ Se descargan muy rápido las baterías del radio control.

¿Para qué otras actividades son utilizadas los puentes grúas, además del izaje de la carga?

- ✓ Torque: se utiliza para doblar partes pequeñas, ya que las máquinas de torque las aplasta.
- ✓ Para pesar con el dinamómetro.

4.1.3.1. Análisis de las entrevistas

Ordenes de trabajo

Se procedió a tabular información almacenada en los archivadores, utilizando base de datos de enero a diciembre de 2022. Por otro lado, se pudo observar que de enero a junio la información es muy básica y que previo a enero no hay información o se encuentra inconclusa. No obstante, es importante mencionar que antes de tabular, se depuró la información con ayuda del personal administrativo.

A continuación, en la figura 3 se puede identificar y visualizar la recolección de datos sobre de las actividades desarrolladas en cada uno de los activos en el periodo de tiempo mencionado. Se resalta que el activo con mayores mantenimientos son los puentes grúas.

Figura 3.

Mantenimientos e inspecciones a cada puente grúa en el periodo de enero a diciembre 2022.

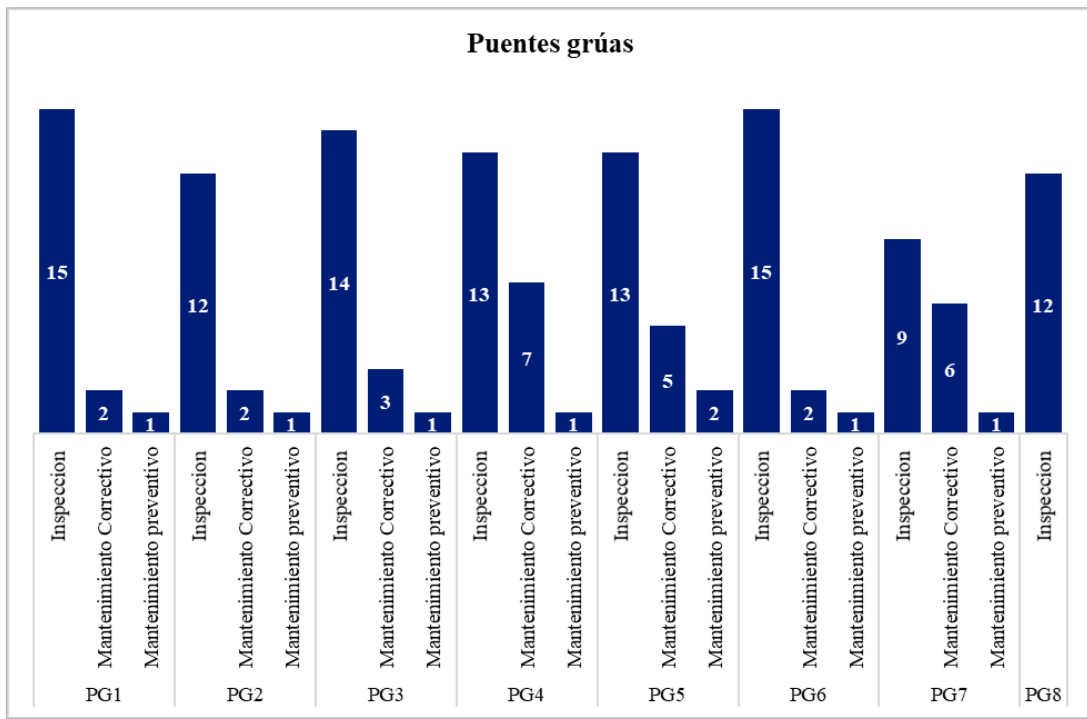


Figura 4.

Mantenimientos e inspecciones a cada Compresor en el periodo de enero a diciembre 2022.

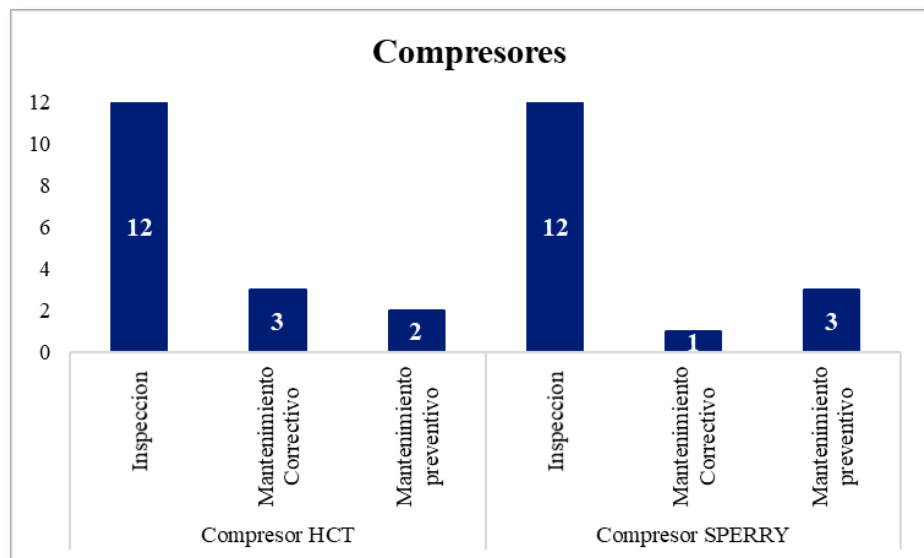


Figura 5.

Mantenimientos e inspecciones a cada Generador en el periodo de enero a diciembre 2022.

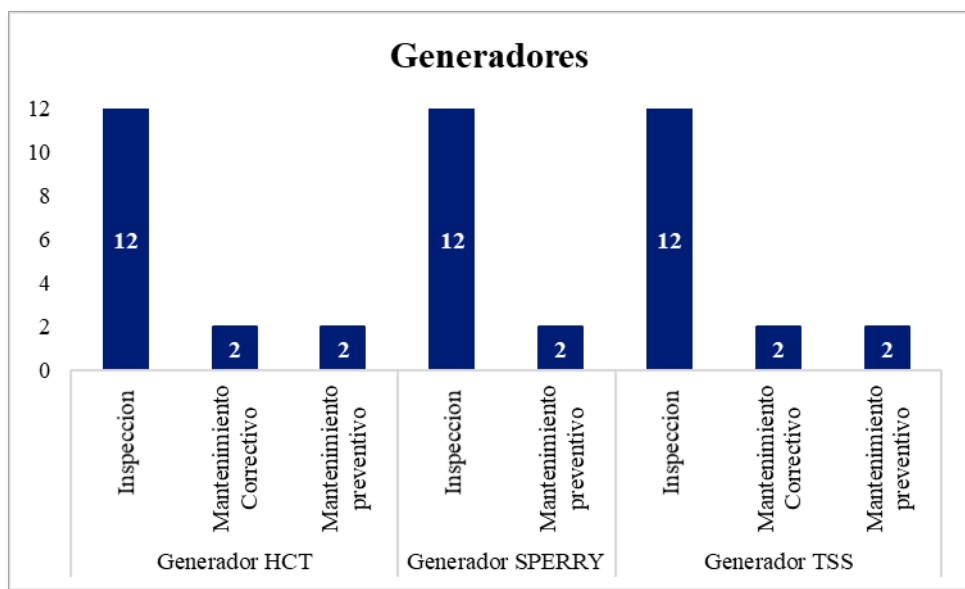


Figura 6.

Mantenimientos e inspecciones a cada Elevador en el periodo de enero a diciembre 2022.

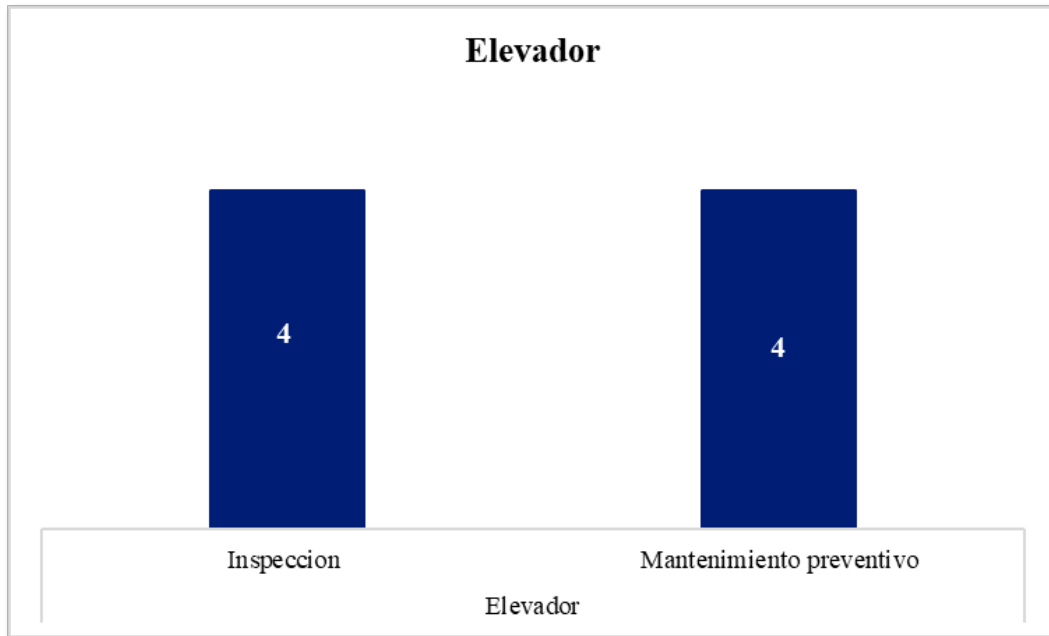
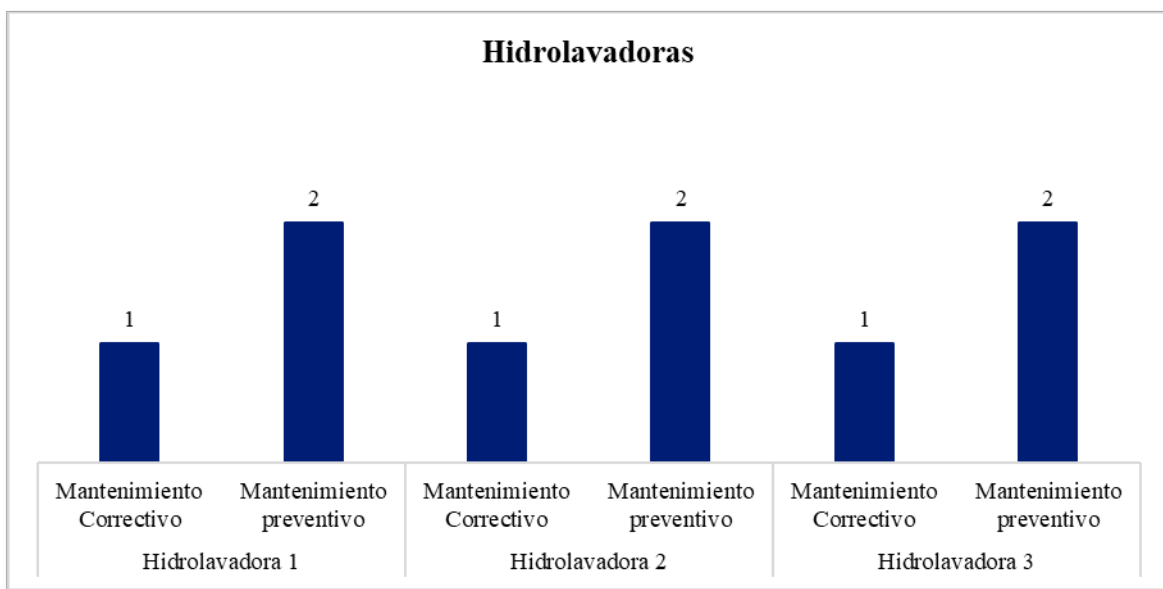


Figura 7.

Mantenimientos e inspecciones a cada Hidro-lavadora en el periodo de enero a diciembre 2022.



Teniendo en cuenta, las figuras 3,4,5,6 y 7, se pueden indicar las siguientes anotaciones frente a los mantenimientos:

- Los mantenimientos preventivos programados no son ejecutados según el plan actual de mantenimiento.
- En el caso de los elevadores los mantenimientos preventivos e inspecciones fueron realizadas el mismo día, lo cual hace irrelevante a las inspecciones (estas se deben realizar previo a los mantenimientos preventivos).
- En los puentes grúas hay reprocesos, se realizan más de 12 inspecciones anuales (se están programadas 12 inspecciones, ósea, mensualmente)
- El generador presenta mantenimientos correctivos, considerándose una parte crítica, ya que es imprescindible prevenir su averío; ya que, si estos no funcionan, no hay respaldo eléctrico, lo cual incurre u ocasiona la detención total de las actividades. En la base de Cota Cundinamarca es muy común que se presenten apagones, debido a que en el parque industrial se encuentran diferentes empresas que exigen alta demanda de energía.
- Hay reprocesos en mantenimientos preventivos, ya que se realizan más de los proyectados en el cronograma en alguno de los activos; además que se desconoce la causalidad del suceso.

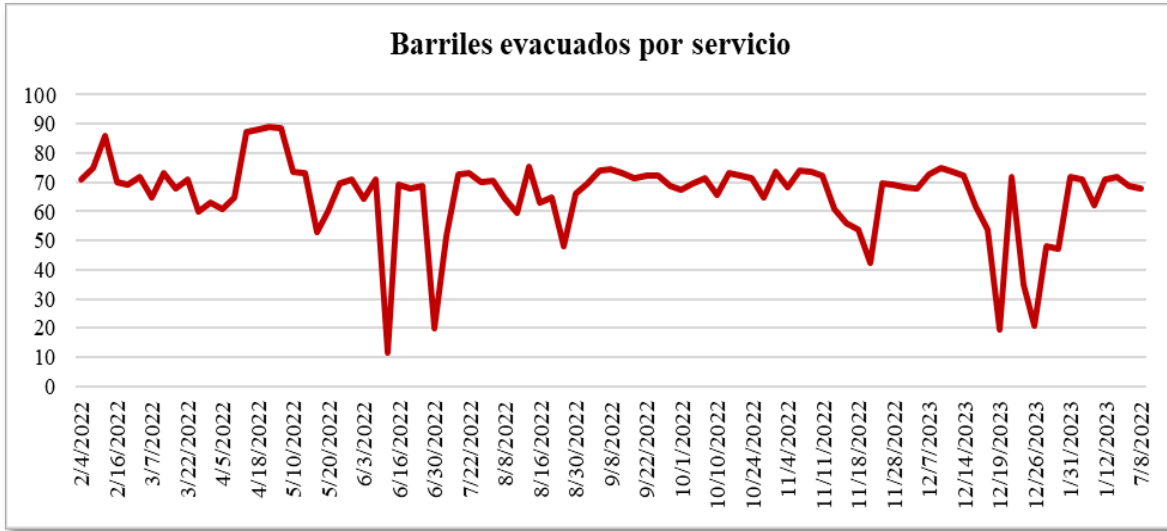
Con respecto a las observaciones encontradas en los reportes y formatos de inspección es de gran relevancia las siguientes anotaciones:

- Los datos de lecturas de horas trabajadas son registrados de forma errónea (para los activos que cuentan con horómetro).
- Los puentes grúas no cuentan con panel de horas trabajadas (horómetro).
- Se realizan inspecciones posteriores, es decir, al día siguiente de realizar un mantenimiento correctivo, generando sobrecostos para la compañía.
- Hay mantenimientos correctivos de los cuales no se sabe la causalidad, lo que evidencia deficiencia en los reportes, y/o falta información.
- Daño recurrente por uso de radio control, en referencia a los puentes grúas.
- Daño recurrente de cable de acero, en referencia a los puentes grúas.
- Con respecto a los tanques de almacenamiento, la principal problemática se debe a que su capacidad máxima se completa y se llega al límite, lo que conlleva a que se debe realizar evacuación de aguas, incurriendo con esto en alza de costos por falta de inspecciones u mantenimientos.

Se tabulo en Excel los informes por barriles, todos los servicios prestados y brindados por la empresa TWM S.A.S; de acuerdo con la información, se obtiene lo siguiente (Ver figura 8).

Figura 8.

Barriles evacuados por servicio



De los datos tabulados y procesados en la anterior figura, se evidencia que la mayoría de los barriles evacuados por servicio prestado por la empresa TWM son menores que la capacidad que cuentan los vehículos para transportar, ya que cuentan con una capacidad máxima de 80 barriles. De los datos se promedian 65 barriles de aguas contaminadas, de los cuales 15 barriles se encuentran por debajo de la capacidad anteriormente mencionada, lo que genera sobrecostos para la compañía.

Adicionalmente, los tanques de almacenamiento pertenecen a diferentes PSL'S, lo que detalla que hay que realizar una distribución de costos por viaje que depende de la cantidad de aguas contaminadas evacuadas en cada tanque de almacenamiento; en la actualidad dicha distribución se realiza dependiendo del volumen del tanque, es decir, si el tanque tiene mayor volumen mayor será el costo que se le adjudicará, es un aproximado bastante alejado de la realidad, ya que dicha cantidad de agua evacuada no depende de esta variable (tamaño del tanque de almacenamiento).

Por otra parte, de acuerdo con lo indicado en puntos anteriores, se utiliza las metodologías de 5'S y Causa y efecto de Ishikawa como otra forma de diagnóstico, en los siguientes capítulos de detalla en qué consisten.

4.2. Proceso de mantenimiento.

Los activos de mayor demanda de utilización son:

- Puentes grúas
- Generadores
- Compresores
- Tanques de almacenamiento

Los mantenimientos de estos activos se realizan en el sitio y son tercerizados a empresas externas a Halliburton. El área de RES se encarga de realizar las inspecciones que conducen a los mantenimientos, solicitando los servicios a las empresas correspondientes. La responsabilidad de RES en los procesos de mantenimiento consiste principalmente en planificar y garantizar el cumplimiento de estos para asegurar el buen funcionamiento de los activos. RES debe garantizar que los activos operen de manera continua y mantengan la máxima efectividad para la empresa. Además, las inspecciones de infraestructura son realizadas por personal interno de la empresa.

El apéndice J presenta información detallada de algunos de los distintos procesos que se realizan en cada mantenimiento, son documentos realizados por las empresas que realizan los mantenimientos y revisiones.

A continuación, se detalla el proceso de generación de un requerimiento de mantenimiento a una de las empresas especializadas responsables. Comprender a fondo estos procesos es fundamental para analizar posibles deficiencias y oportunidades de mejora. Al estar directamente vinculado con el paso a paso, tengo una visión directa y detallada del proceso.

Paso 1: identificación de necesidad de mantenimiento: Los operadores detectan la necesidad de mantenimiento en el equipo durante sus operaciones.

Paso 2: inicio del requerimiento: Los operadores inician el proceso de requerimiento, realizando una llamada a empresas de mantenimiento externas.

Paso 3: fecha de mantenimiento: La empresa de mantenimiento determina la fecha para llevar a cabo la intervención en conjunto con los operadores.

Paso 4: revisión en sitio con in-house: En la fecha programada, la empresa de mantenimiento llega a la locación de Halliburton y realiza una revisión en sitio junto con un in-house de la empresa que brinda acompañamiento.

Paso 5: evaluación y determinación de reparaciones inmediatas: Durante la revisión, se evalúa el estado del equipo y se determina si se pueden realizar reparaciones inmediatas. En caso afirmativo, se llevan a cabo.

Paso 6: identificación de herramientas y piezas necesarias: Si las reparaciones no pueden realizarse de inmediato, se identifican las herramientas y piezas necesarias para la reparación.

Paso 7: planificación del mantenimiento por la empresa tercerizada: La empresa tercerizada planifica el mantenimiento, considerando las herramientas y piezas necesarias, así como cualquier otro requisito específico.

Paso 8: recepción de prefactura: Después de planificar el mantenimiento, la empresa de mantenimiento envía una prefactura detallando los costos estimados asociados con la intervención.

Paso 9: revisión y aprobación de prefactura: Halliburton revisa y aprueba la prefactura como paso previo al proceso de pago.

Paso 10: ejecución del mantenimiento: La empresa de mantenimiento lleva a cabo las actividades planificadas y documenta las acciones realizadas durante el proceso.

Paso 11: informe de mantenimiento: Al finalizar el mantenimiento, la empresa proporciona un informe detallado que resume las actividades realizadas, identifica cualquier problema encontrado y describe las acciones correctivas tomadas.

El área RES se encarga hasta los pasos 8 y 9, a partir de ahí la empresa tercerizada realiza la ejecución del mantenimiento y el respectivo informe.

Ahora bien, la ejecución de todo el proceso de mantenimiento utilizando formatos físicos representa una limitación significativa que afecta negativamente la eficiencia operativa. La dependencia de documentos impresos genera demoras considerables, especialmente cuando se requiere mantenimiento con el activo inactivo, dificultando la coordinación y planificación efectiva de las tareas. Este enfoque tradicional no solo prolonga los tiempos de inactividad, sino que también impide la capacidad de anticipar y prevenir problemas en los activos.

La implementación de una herramienta robusta como SAP es esencial para superar estas limitaciones. SAP facilita una transición hacia una planificación más eficaz, digital y oportuna, mejorando la gestión integral de los procesos de mantenimiento en el PSL RES de Halliburton. Con SAP, se optimiza la utilización de recursos, se reduce el tiempo de inactividad y se incrementa la capacidad de respuesta ante posibles problemas, resultando en una mayor eficiencia operativa y una reducción de costos a largo plazo.

4.2.1. Servicios de mantenimiento

Inspección. Halliburton Global implementa un sistema de inspección mensual para generadores, compresores, hidrolavadoras, elevadores y otras infraestructuras, realizado por

personal calificado. En la base de Halliburton en Cota, estas inspecciones son llevadas a cabo por técnicos de empresas contratistas. Los tanques de almacenamiento de aguas aceitosas se inspeccionan visualmente para verificar la capacidad disponible y detectar posibles fugas. La empresa Conergia S.A.S. se encarga de la inspección y mantenimiento de los puentes grúas, incluyendo servicios postventa.

Mantenimiento preventivo: la empresa tiene un cronograma en formato Excel, el cual contiene las fechas de programación de ejecución de los mantenimientos preventivos. Para todos los activos mencionados se tiene programado mantenimiento preventivo semestralmente.

Mantenimiento correctivo: Para el mantenimiento correctivo, el personal operativo realiza un diagnóstico inicial básico y reporta el problema a RES. RES contacta a la firma especializada para un diagnóstico profesional y la corrección del problema, que puede incluir reparaciones o ajustes de partes y programación. También se realiza mantenimiento correctivo cuando se detecta desgaste en partes que podrían afectar el funcionamiento futuro del activo.

Registro de información: Para el mantenimiento correctivo, el personal operativo realiza un diagnóstico inicial básico y reporta el problema a RES. RES contacta a la firma especializada para un diagnóstico profesional y la corrección del problema, que puede incluir reparaciones o ajustes de partes y programación. También se realiza mantenimiento correctivo cuando se detecta desgaste en partes que podrían afectar el funcionamiento futuro del activo. La siguiente tabla resume los tipos de mantenimiento y los responsables según el tipo de activo:

Tabla 3.*Tipos de mantenimiento y responsables según el tipo de activo*

Tipo de Activo	Tipos de Mantenimiento	Responsables
Puentes Grúas	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mantenimiento preventivo, correctivo 2. inspección. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Empresa Conergia S.A.S 2. Empresa Conergia S.A.S
Compresores	<ol style="list-style-type: none"> 1.Mantenimiento preventivo y correctivo. 2. Inspección. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Empresas Kaeser y Eulen. 2. Personal de Halliburton.
Generadores	<ol style="list-style-type: none"> 1.Mantenimiento preventivo y correctivo. 2. Inspección. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Empresas Kaeser, Lean ingenieros y Eulen. 2. Personal de Halliburton.
Hidrolavadoras	<ol style="list-style-type: none"> 1.Mantenimiento preventivo y correctivo. 2. Inspección. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Empresa Kaeser. 2. Personal de Halliburton.
Elevador (ascensor)	<ol style="list-style-type: none"> 1.Mantenimiento preventivo y correctivo. 2. Inspección. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Experts technology S.A.S 2. Personal de Halliburton.

4.3. Planes de mantenimiento

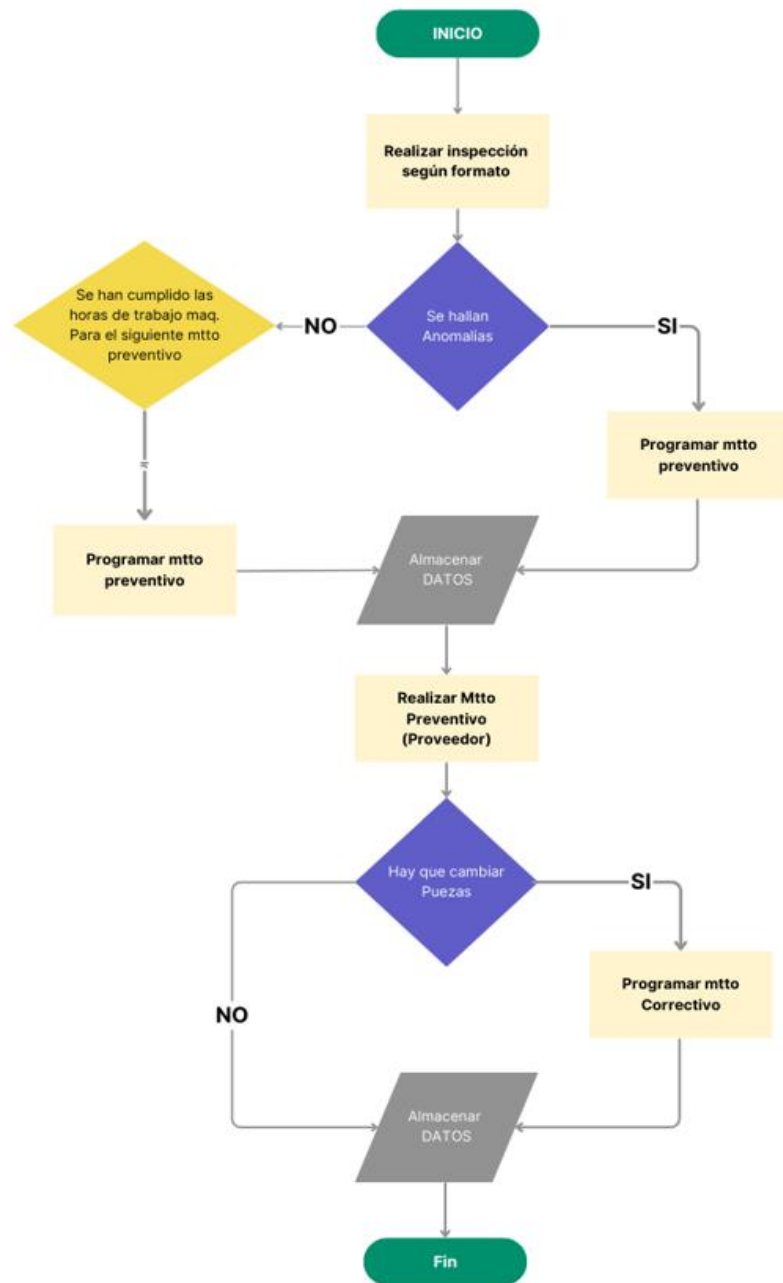
En Halliburton RES, se gestionan dos tipos de activos críticos: la infraestructura de la base de Cota y la maquinaria. Estos activos están interconectados, ya que cualquier incumplimiento de los estándares de Halliburton en uno puede afectar las operaciones de los diversos PSLs. La maquinaria, en particular, ha sido problemática, causando interrupciones frecuentes, lo que ha

impulsado un diagnóstico enfocado en mejorar el plan de mantenimiento y establecer una cultura de prevención para evitar futuras averías y paradas operativas.

En cuanto a la infraestructura, aunque se gestiona actualmente con un sistema basado en papel que cumple básicamente con los estándares de seguimiento y control, este método ha demostrado ser ineficiente, especialmente en el cumplimiento de los plazos de mantenimiento. Reconociendo la necesidad de una mejora continua, Halliburton ha implementado un plan de mantenimiento mejorado y soportado por Excel, optimizando la gestión y seguimiento de las tareas de mantenimiento, lo que incluye desde intervenciones estructurales hasta el cambio de consumibles. Este nuevo enfoque busca incrementar la eficiencia y la efectividad de las operaciones de mantenimiento en la base.

Figura 9.

Diagrama de flujo de procesos que llevan a mantenimientos.



Cuando se detecta negligencia en las inspecciones y mantenimiento, se pueden presentar situaciones críticas, como en el caso del elevador que no cumplía con los estándares de seguridad e infraestructura, resultando en que el equipo fuese declarado no operable.

La firma HIDRATEC, una de las empresas con las que Halliburton contrata servicios de fabricación de activos y mantenimiento, evaluó el activo y propuso dos posibles soluciones:

- Cambio total del equipo, con un costo de \$47,500.
- Reparación del equipo actual, con un costo de \$25,000.

La decisión tomada por el área de Real Estate Services (RES) y Baroid Industrial Drilling Products (IDP), la línea de servicio de productos de Halliburton, fue realizar el cambio total del equipo. Sin embargo, debido al alto costo, esta decisión requiere aprobación por parte de la gerencia global. Adicionalmente, el proyecto aún se encuentra en licitación en busca de un mejor costo. En Halliburton, todos los costos que superan los \$20,000 deben ser aprobados por la gerencia global, dado que cada gerencia tiene un límite de aprobación.

Esta propuesta será presentada en la reunión global que se llevará a cabo en diciembre 2024. Cabe destacar que la propuesta tiene un alto porcentaje de ser aprobada (aproximadamente 95%), ya que el equipo es de vital importancia para las actividades de Baroid.

HIDRATEC AG S.A.S ha presentado la cotización para la instalación del nuevo elevador de carga de 500 kg, detallada en el apéndice F. Esta cotización incluye el dossier de fabricación del equipo, asegurando que se cumplen todos los estándares necesarios para su operación segura y eficiente.

Este análisis se realiza para evidenciar lo costoso que resulta no seguir los adecuados planes de mantenimiento. La negligencia en las inspecciones y el mantenimiento puede llevar a decisiones costosas, como la necesidad de reemplazar equipos completos. Este caso específico ilustra cómo se manejan los análisis de los mantenimientos en Halliburton, subrayando la importancia de una

planificación y ejecución rigurosas para evitar costos elevados y asegurar la operatividad continua de los activos.

4.4. Costos adicionales

Halliburton, siendo una empresa de gran envergadura, mantiene sus registros financieros de forma privada, lo que dificulta el acceso a bases de datos específicas sobre gastos. Sin embargo, debido a la estrecha relación con el área de Servicios de Infraestructura (RES) y la interacción diaria con los procesos de mantenimiento, se ha estimado que los costos asociados a los mantenimientos correctivos de los puentes grúa rondan los 1.3 millones, mientras que los preventivos varían entre 1.6 y 1.8 millones, sumando además el costo de piezas si es necesario su reemplazo. La empresa no permite revelar ningún tipo de documento donde se evidencia los costos de los mantenimientos, el área financiera de RES no entregó información relacionada.

Uno de los señalamientos de los administrativos de RES y operarios es que las empresas tercerizadas tienden a asignar fechas de mantenimiento con la intención de maximizar los costos, buscando así obtener un margen de ganancia más alto en la prefectura. La falta de un plan claro y controlado de mantenimiento contribuye significativamente al aumento de los costos, generando implicaciones financieras que, aunque camufladas por el gran volumen de servicios y movimiento de la empresa, se revelan al revisar detalladamente los presupuestos mensuales en formato Excel y documentos en físico. Estas sumas mensuales elevadas acumulan costos significativos a lo largo del año, alcanzando cifras considerables en miles de millones.

4.5. Incumplimiento de estándares globales y regionales establecidos

Los estándares globales y regionales son un pilar crucial para la operación exitosa, la reputación y la sostenibilidad a largo plazo de Halliburton en la industria energética. Los estándares globales y regionales son de vital importancia para Halliburton, estos estándares proporcionan un marco normativo que asegura la consistencia y calidad en las operaciones de la empresa a nivel internacional y dentro de regiones específicas. Adherirse a estas normas, puede garantizar la seguridad, eficiencia y fiabilidad de sus servicios y productos frente a sus clientes. En un sentido más amplio, la adhesión a estándares también refleja el compromiso de Halliburton con las prácticas sostenibles y éticas, alineándose con expectativas y regulaciones internacionales en temas como seguridad ambiental, derechos laborales y responsabilidad social corporativa. Los estándares globales y regionales son un pilar crucial para la operación exitosa, la reputación y la sostenibilidad a largo plazo de Halliburton en la industria energética.

Halliburton opera bajo un estricto marco de estándares globales y regionales para asegurar la consistencia y calidad en sus operaciones. Estos estándares son fundamentales para la operación exitosa, la reputación y la sostenibilidad a largo plazo de la empresa en la industria energética. Los estándares de calidad de Halliburton incluyen:

Sistema de Gestión de Halliburton (HMS): Este sistema integrado de políticas, prácticas empresariales y procedimientos asegura que todas las actividades de la empresa cumplan o superen los requisitos de los estándares de gestión reconocidos internacionalmente. HMS ayuda a estandarizar los procesos y promueve la mejora continua en la ejecución de las operaciones

Certificación API Q2: Halliburton ha obtenido la certificación API Q2, un estándar avanzado de la industria para las empresas de servicios de petróleo y gas. Esta certificación

demuestra el compromiso de la empresa con procesos consistentes, seguridad mejorada y una calidad de servicio superior. La certificación API Q2 se enfoca en la gestión de la calidad en el diseño, desarrollo y provisión de servicios para el sector energético

Certificaciones ISO: HMS incorpora importantes estándares del sistema de gestión como ISO 9001 (gestión de calidad), ISO 14001 (gestión ambiental) e ISO 45001 (gestión de salud y seguridad ocupacional).

Programas de Seguridad y Salud:

Journey to ZERO: Este programa se centra en la seguridad de los empleados y contratistas, estableciendo objetivos estratégicos anuales para minimizar incidentes y mejorar la calidad del servicio. Incluye áreas críticas de enfoque, reglas de vida, autoridad para detener el trabajo (SWA) y revisiones significativas de incidentes.

Capacitación y Competencia: Halliburton se asegura de que más del 95% de los empleados cumplan con los entrenamientos de HSE y competencia en conducción, con el 100% completando los objetivos estratégicos anuales de Journey to ZERO.

Sostenibilidad y Responsabilidad Social Corporativa: Halliburton se enfoca en la gestión sostenible del agua y la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, desechos y uso de agua, con esfuerzos destacados en sus informes anuales de sostenibilidad.

Cumplimiento de Normativas: Adherirse a estándares globales y regionales asegura que las operaciones de Halliburton no solo sean eficientes y seguras, sino también responsables y

sostenibles, alineándose con las expectativas y regulaciones internacionales en temas como seguridad ambiental y derechos laborales.

Los documentos detallados de los estándares que maneja la empresa son confidenciales y no se ha otorgado permiso para incluirlos como evidencia en los apéndices. Sin embargo, la gerencia destaca que los procesos de mantenimiento son fundamentales para asegurar el funcionamiento óptimo de la empresa. Esta confidencialidad subraya la importancia de mantener la integridad y la eficacia de los procedimientos internos para garantizar un rendimiento excelente.

Halliburton, consciente de la importancia de mantener altos estándares globales y regionales, lleva a cabo auditorías bimestrales, trimestrales y semestrales para garantizar el cumplimiento de sus normativas internas y externas, en el apéndice A se muestran formatos de auditorías. Estas auditorías se enfocan en evaluar la eficacia de los procesos, la infraestructura y el manejo de activos, siendo herramientas clave para identificar posibles desviaciones y áreas de mejora. Sin embargo, la problemática surge en la falta de control adecuado sobre los equipos y activos, lo que dificulta la plena realización de estas auditorías y puede llevar a incumplimientos inadvertidos.

La revisión exhaustiva de las auditorías internas (Tier) presentes en el apéndice B, revela una serie de inconformidades y prácticas no conformes dentro del proceso de mantenimiento en el área RES de la Base Cota de Halliburton. Estos hallazgos, representativos de incumplimientos con estándares globales y regionales, señalan deficiencias significativas en la gestión de activos y en la ejecución de procesos críticos. Algunos de los puntos críticos incluyen:

Deficiencias en inspecciones: No se está completando el checklist de inspección de contenedores secundarios de manera trimestral, lo que representa una omisión importante en la gestión de seguridad y calidad.

Vencimiento de inspecciones en el laboratorio: Las inspecciones de los check 1 de los gabinetes de almacenamiento se encuentran vencidas en el laboratorio, indicando una falta de control en el mantenimiento preventivo.

Problemas con racks y almacenamiento: Racks en mal estado y sin mecanismos de seguridad para evitar caídas, junto con la presencia de herramientas en el suelo, revelan una gestión deficiente de almacenamiento.

Deficiencias en el uso de sistemas y formatos: Problemas relacionados con FDSs obsoletas, falta de conocimiento sobre el acceso y generación de ARs en APPIAN, y no utilización de formatos actualizados evidencian una falta de integración efectiva de sistemas y procesos.

Incumplimiento en capacitaciones y certificaciones: Ausencia de cursos obligatorios, como Pressure Washer Safety y 20 responsabilidades a contratistas, indica un incumplimiento en las políticas de capacitación y certificación del personal.

Gestión inadecuada de residuos: La disposición inapropiada de residuos, como trapos sucios en la caneca de reciclaje, señala una falta de cumplimiento con las normativas ambientales y de gestión de residuos.

Estos hallazgos, al ser analizados en conjunto, indican una brecha significativa entre las prácticas actuales y los estándares globales y regionales establecidos. La empresa enfrenta riesgos potenciales en términos de seguridad, calidad y cumplimiento normativo. La implementación de estrategias mejoradas, como la integración de SAP, se presenta como una solución crucial para

fortalecer la gestión de activos, optimizar los procesos y asegurar que las auditorías no solo sean un medio de evaluación retrospectiva, sino también un impulso proactivo para el cumplimiento continuo de los estándares establecidos por Halliburton.

4.6. Tiempos muertos

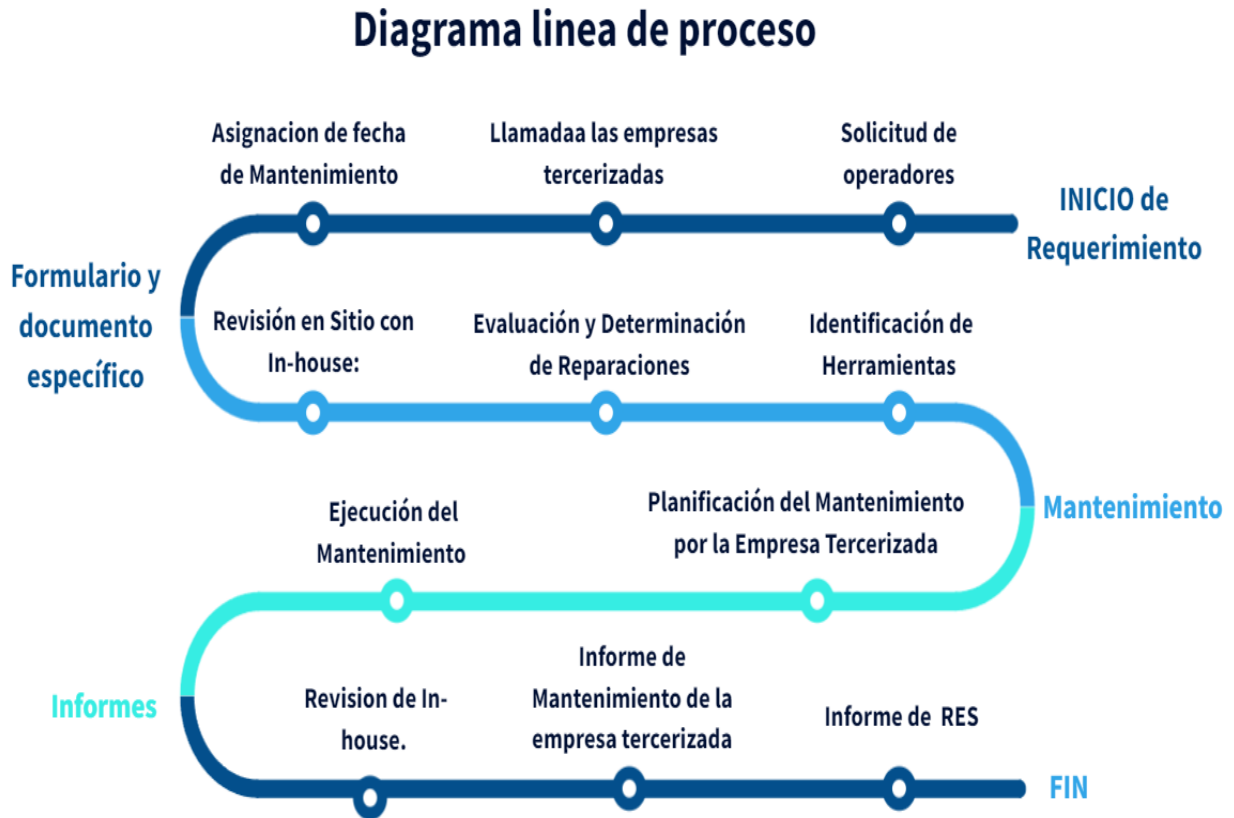
La identificación de tiempos muertos en los procesos de mantenimiento del área RES en la Base Cota de Halliburton es indicativo de desafíos operativos significativos. Estos períodos de inactividad, derivados principalmente de deficiencias en la gestión de activos y mantenimiento, generan impactos negativos. Abordar eficazmente estos tiempos muertos requiere estrategias integrales, estas medidas no solo reducirán los costos asociados a la inactividad, sino que también fortalecerán la capacidad de Halliburton para operar de manera eficiente y cumplir con los estándares establecidos, contribuyendo al éxito sostenible de la empresa.

Según las conversaciones con los actores involucrados, manifiestan que las demoras en los procesos de mantenimiento del área RES en la Base Cota de Halliburton oscilan entre 2 y 3 días en situaciones habituales. Sin embargo, la necesidad de piezas para reparación puede extender significativamente este periodo, llegando incluso a un mes. Estas demoras se atribuyen a la ejecución analógica de los requerimientos, donde la comunicación con las empresas encargadas de los mantenimientos comienza con una llamada y se inicia el proceso a partir de ahí. Además, el proceso se ve afectado por la realización de trámites en formato físico, generando demoras adicionales en la ejecución de las actividades de mantenimiento. Este escenario destaca la necesidad crítica de implementar soluciones digitales, como la integración de SAP, para agilizar

los procesos, reducir tiempos de espera y optimizar la eficiencia operativa en el área RES de la empresa.

Figura 10.

Diagrama lineal de proceso de requerimiento de mantenimiento.



En resumen, los procesos de asignación de fechas por parte de las empresas tercerizadas presentan demoras considerables, impactando la disponibilidad inmediata para el mantenimiento. La planificación por parte de estas empresas también experimenta retrasos, transformando mantenimientos preventivos en correctivos. Además, la solicitud de requerimientos de mantenimiento por parte de los operadores a menudo se realiza en momentos cercanos a la

necesidad real del activo, generando imprevistos que afectan el funcionamiento adecuado de los procesos al no contar con activos operativos de manera oportuna.

Estas demoras y falta de anticipación en la asignación de fechas, planificación y solicitudes de mantenimiento se traducen directamente en tiempos muertos significativos para la empresa. Los procesos que pasan de preventivos a correctivos generan interrupciones no planificadas, afectando la continuidad operativa. La falta de disponibilidad inmediata para el mantenimiento también contribuye a la inactividad de los activos, provocando graves problemas para la empresa, como pérdida de eficiencia, altos costos asociados y, lo que es aún más crítico, la incapacidad de cumplir con los estándares globales y regionales establecidos. La urgente necesidad de abordar estos problemas se vuelve evidente para mantener la competitividad y eficacia en el sector.

4.7. Evaluación Metodología 5'S

Se deben cumplir altos estándares en la infraestructura, para así asegurar que las actividades realizadas por los diferentes operarios sean realizadas de manera segura. Teniendo en cuenta lo anterior, las adecuaciones locativas cobran gran importancia, debido a que puede llegar a presentar demoras en su ejecución por no contar con suministros de ferretería o que simplemente no se encuentran, por esta razón se realiza la evaluación de la metodología de las 5'S en el área de almacenamiento del personal In-house, el cual se encarga de dichas adecuaciones.

Como resultado de la evaluación de la metodología y el siguiente criterio de calificación: 0 el aspecto no está implementado, 1 el aspecto está muy poco implementado, 2 el aspecto esta

poco implementado, 3 el aspecto esta medianamente implementado, 4 el aspecto está bien implementado y 5 el aspecto está muy bien implementado, se obtuvieron los siguientes resultados en la figura 11. La matriz se encuentra en el Apéndice C.

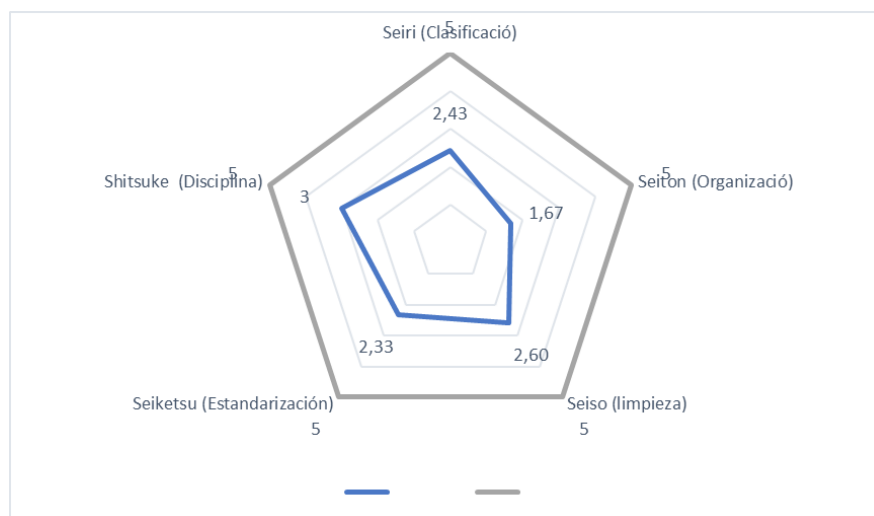
Tabla 4.

Resultados de las 5S's.

S analizada	Promedio actual	Meta	Porcentaje de avance
Seiri – Clasificación	2,43	5	49%
Seiton – Organización	1,67	5	33%
Seiso- Limpieza	2,60	5	52%
Seiketsu – Estandarización	2,33	5	47%
Shitsuke - Disciplina	3	5	60%

Figura 11.

Resultados de la implementación de la metodología 5'S



De acuerdo con los resultados visualizados en la figura anterior de la implantación de la metodología 5'S se pueden anotar lo siguiente:

- No se lleva control de las actividades que se llevan a cabo en las adecuaciones locativas, las cuales son realizadas por el personal In-house.
- No se lleva control de inventario de los suministros de ferretería utilizados para realizar las adecuaciones locativas.
- Se observa desorden y desaseo en la bodega de almacenamiento.

La evaluación de las 5S en la empresa revela una situación desafiante con puntuaciones por debajo de los estándares deseados. Se observa un notable desorden y falta de aplicación efectiva de la metodología en la clasificación, organización, limpieza, estandarización y disciplina. Esta situación representa una oportunidad clara para implementar mejoras significativas en la gestión de los activos y la eficiencia operativa. La falta de disciplina y estandarización sugiere la necesidad de establecer prácticas más rigurosas y uniformes.

4.8. Conclusión del diagnostico

En el área RES

Basado en el diagnóstico realizado en Halliburton, se identificaron los siguientes problemas:

- Problemas significativos en la gestión de activos esto ha resultado en daños, saturación de capacidades, detenciones de actividades y altos costos operativos.

- Uso de sistemas manuales y registros físicos para la gestión de la información, lo que dificulta el análisis y procesamiento de datos, además de aumentar la pérdida de información y el desorden.
- Incumplimiento en la ejecución de mantenimientos preventivos según los cronogramas establecidos, falta de seguimiento efectivo en las acciones correctivas, lo que afecta la fiabilidad y la disponibilidad de los activos.
- Falta de un plan de acción claro por parte de las firmas especializadas contratadas, lo que se refleja en soluciones provisionales y mantenimientos correctivos frecuentes.
- Ausencia de herramientas de medición adecuadas para prevenir problemas como la saturación de tanques de almacenamiento de aguas aceitosas, lo que resulta en detenciones de actividades y costos adicionales.
- Falta de coordinación efectiva entre los departamentos y empresas tercerizadas, lo que conlleva a retrasos en la ejecución de mantenimientos y aumento de costos.
- Deficiencias en la implementación de estándares de calidad y seguridad, reflejados en auditorías con hallazgos significativos como inspecciones vencidas, problemas de almacenamiento y gestión inadecuada de residuos.
- Los costos asociados a mantenimientos incorrectos o no programados, así como a la gestión ineficiente de activos, resultan en sobrecostos operativos y financieros considerables.

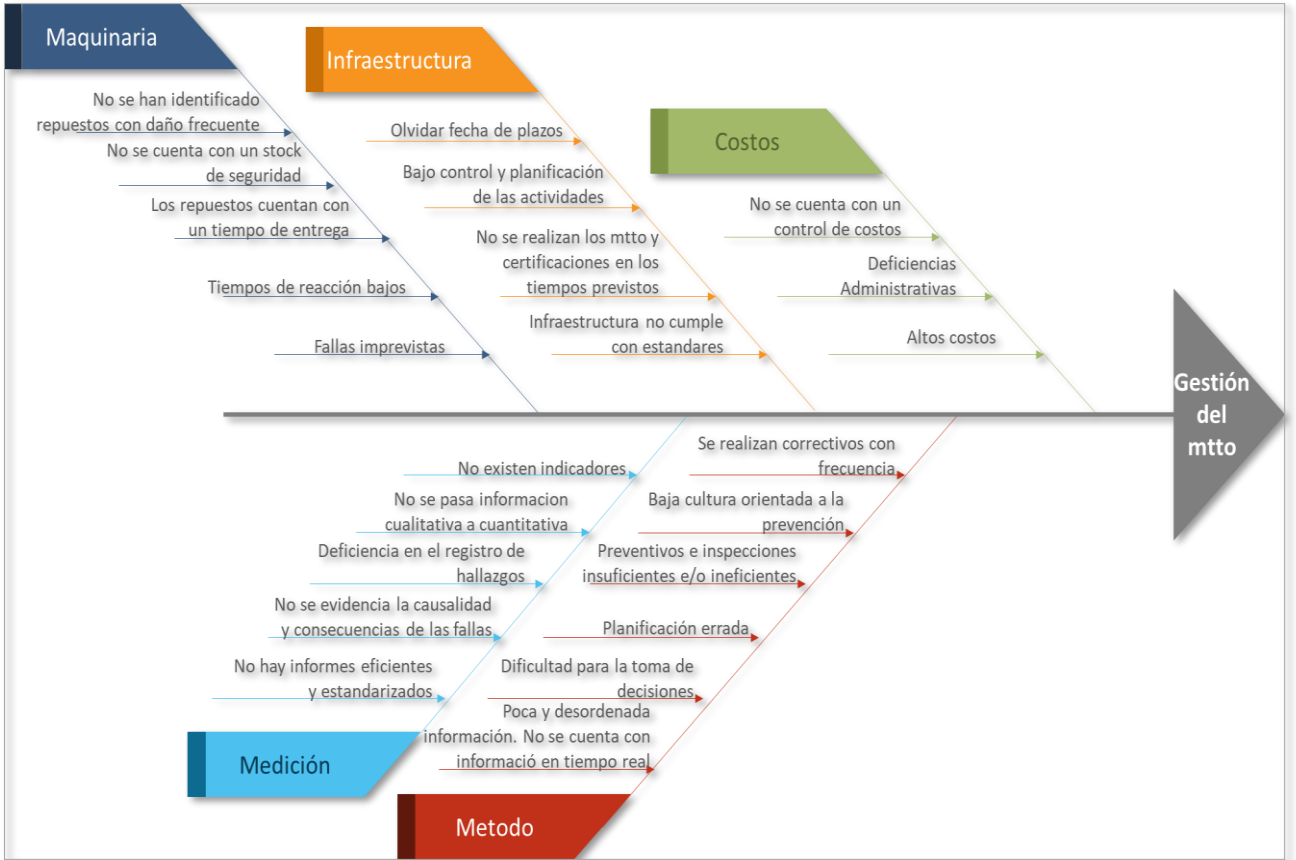
Estos problemas destacan áreas críticas que requieren atención urgente y acciones correctivas para mejorar la eficiencia operativa y cumplir con los estándares de calidad y seguridad de Halliburton.

Diagrama causa y efecto – Ishikawa

Por medio de la conformación de un grupo de trabajo, el cual estaba compuesto por personal que interactúa de manera directa con las variables a estudiar infraestructura, maquinaria, método, medición, costos; y se procede a hallar la raíz de la ineficiencia en la gestión de activos de mantenimiento, logrando así oportunidades focalizadas a la mejora del plan de mantenimiento; por lo tanto, en la figura 12 se puede visualizar el diagrama causa y efecto. }

Figura 12

Diagrama Causa y Efecto de la empresa Halliburton base Cota Cundinamarca



La gestión del mantenimiento enfrenta problemas críticos en identificación de fallos, planificación, control de costos, medición de resultados y métodos de prevención. Estos desafíos afectan la eficiencia y efectividad operativa. Este proyecto se realiza para mitigar y solucionar varios de estos problemas a mediano y largo plazo.

5. Formulación de propuestas

En esta sección, se presentan cuatro propuestas de mejora para optimizar los procesos de mantenimiento en el PSL RES, enfocadas en la implementación de estrategias específicas y el análisis de los resultados obtenidos. Estas propuestas buscan mejorar los procesos de

mantenimiento y elevar la eficiencia operativa, garantizando el cumplimiento de los altos estándares de calidad y seguridad establecidos por Halliburton.

5.1.Propuesta 1. Programa 5s

La metodología 5S ofrece resultados en el mediano y largo plazo, es un método dirigido a la organización del área RES encargada de gestión el proceso de mantenimiento. Su objetivo es que la empresa opere con los recursos que necesita, que preserve a los colaboradores, que siempre esté ordenada y que mantenga un alto nivel de productividad.

Problemática que se pretende atender

Actualmente, la clasificación y organización de herramientas y materiales presentan deficiencias significativas, lo que indica la presencia de elementos innecesarios y una disposición subóptima que afecta la eficiencia operativa. La limpieza también es insuficiente, comprometiendo tanto la seguridad como la calidad del entorno de trabajo. Además, la estandarización de procesos y la disciplina en el mantenimiento de estos estándares son áreas aún más débiles, reflejando la falta de procedimientos consistentes y de hábitos sostenibles en el tiempo. Esta propuesta pretende abordar estas problemáticas, mejorando la organización, limpieza, estandarización y disciplina para optimizar el rendimiento y la seguridad en el área de almacenamiento del personal In-house.

Objetivo de la propuesta

- Optimizar la eficiencia operativa mediante una mejor clasificación y organización de herramientas y materiales, asegurando que el área de trabajo esté libre de elementos innecesarios y bien estructurada.

- Mejorar la seguridad y calidad del entorno de trabajo al establecer rutinas regulares de limpieza y estandarización de procesos, creando un ambiente más seguro y productivo.
- Fomentar una cultura de disciplina y mantenimiento continuo mediante la capacitación y compromiso del personal, garantizando que las mejoras implementadas se mantengan a largo plazo.

Descripción de la propuesta

Implementar la metodología 5S para mejorar la organización, limpieza y estandarización en el área RES de la empresa Halliburton de base Cota. Se formará un Comité 5S, se capacitará al personal y se establecen procedimientos claros. Esto optimizará la eficiencia operativa, garantizará un entorno de trabajo seguro y fomentará hábitos sostenibles en el tiempo.

Plan de implementación

Para llevar a cabo esta propuesta se realiza un paso a paso en etapas que dan a conocer que actividad se realiza, quienes son los responsables y que recursos son necesarios. A continuación, la tabla 5 muestra a detalle el plan de implantación.

Tabla 5.

Plan de implementación 5s

Etapa	Actividades	Responsables	Recursos necesarios
I	Realizar cronograma para el desarrollo del programa	Practicante, tutor del área	Computador
II	Determinar espacios dentro del área RES	Practicante	Computador

Etapa	Actividades	Responsables	Recursos necesarios
III	Socialización del programa 5S's	Practicante	Material informativo en digital y físico
IV	Implementación de la metodología 5S's en el área RES y puestos de trabajo de administrativos y operarios.	Practicante y empleados involucrados en las áreas a impactar.	Materiales para demarcar zonas en áreas de operarios, y utensilios de limpieza en áreas comunes.
V	Seguimiento y control	practicante	Computador
VI	Reestructuración	Tutor de RES y administrativos.	Trabajadores, computador.

5.2.Propuesta 2. Diseñar el software SAP conforme a los requerimientos de RES

Este enfoque estratégico tiene como objetivo principal alinear la potencia del software SAP con las necesidades particulares de la gestión de mantenimiento en RES. Al personalizar y ajustar SAP para RES, se busca no solo optimizar la eficiencia operativa, sino también mejorar la precisión, la planificación y el control en los procesos de mantenimiento. Esta iniciativa representa un paso crucial hacia la integración efectiva de la tecnología SAP en RES, con el fin de potenciar la toma de decisiones informada y la gestión eficaz de los activos, contribuyendo así al cumplimiento de los estándares globales y regionales de la compañía.

Problemática que se pretende atender

- **Los costos elevados** debido a ineficiencias en los procesos de mantenimiento, incluyendo el uso de recursos y la gestión de tiempos muertos.

- Periodos prolongados de inactividad de los activos debido a mantenimientos no programados o mal gestionados, lo que resulta en pérdidas de producción y aumento en los costos de operación.
- Procesos de mantenimiento que no están optimizados para responder eficientemente a las necesidades operativas, lo que puede afectar la capacidad de la empresa para adaptarse a cambios en la demanda o en el entorno operativo.

Objetivo de la propuesta

La incorporación de SAP en la base de Cota tiene como objetivo principal:

- Mejorar la gestión y el mantenimiento de activos críticos, facilitando así una administración de datos más eficaz y oportuna.
- Agilizar la toma de decisiones orientadas a la prevención y a la reducción de costos y tiempos de inactividad.
- Enfrentar los desafíos actuales, optimizar los procesos de mantenimiento y aumentar la eficiencia operativa.
- Garantizar el cumplimiento de los estrictos estándares de Halliburton, asegurando un manejo de activos al más alto nivel de exigencia y calidad.

Descripción de la propuesta

Halliburton es una empresa robusta con presencia internacional, RES es solo una de las muchas áreas que posee la empresa, los módulos del software SAP ya pertenecen a la empresa. La gerencia

acepto la propuesta e hizo la solicitud para tener acceso a los módulos, para así, realizar el diseño de SAP conforme a las necesidades expuestas del área RES.

Plan de implementación

Para llevar a cabo esta propuesta se realiza un paso a paso en etapas que dan a conocer que actividad se realiza, quienes son los responsables y que recursos son necesarios. A continuación, la tabla 6 muestra a detalle el plan de implantación.

Tabla 6.

Plan de implementación propuesta SAP

Etapa	Actividades	Responsables	Recursos necesarios
I	Revisión de documentación existentes y gestión de activos	Practicante y tutor del área.	Computador, documentos físicos y digitales.
II	Análisis de disponibilidad de activos.	Practicante	Computador
III	Definición de objetivos	Practicante y tutor	Computador
IV	Diseño de sistema SAP adecuado a RES	Practicante	Computador, recursos digitales, software
V	Selección de módulos SAP	Practicante y tutor	Computador, software
VI	Desarrollo e implementación	Practicante	Computador
VII	Capacitación y soporte al equipo de trabajo.	Practicante.	Computador y material informativo físico y digital.
VIII	Pruebas y validación	Practicante y jefe de RES, junta directiva.	Computador, software
IX	Seguimiento y control	Practicante, equipo administrativo.	Computador

5.3. Propuesta 3. Evaluar viabilidad de sensores de nivel y pantallas de control. en los tanques de almacenamiento.

La propuesta se enfoca en optimizar el activo, tanques de almacenamiento de Halliburton base Cota utilizando un mecanismo de medidores de nivel y pantallas de control. Actualmente, estos tanques presentan un desperdicio significativo al no alcanzar su capacidad completa de vacío de 80 barriles, lo que resulta en costos fijos de transporte y una asignación errónea del cobro por barril evacuado. Además, la distribución de costos a las PSL se basa en el volumen total del tanque, lo que no refleja con precisión el verdadero uso del servicio y genera una asignación sesgada de costos.

Problemática que se pretende atender

La ausencia de herramientas efectivas para rastrear y monitorear los tanques de almacenamiento conlleva a tiempos de inactividad no planificados, transportes sobrevalorados y costos adicionales. Estos problemas afectan negativamente la productividad, la eficiencia operativa y pone en riesgo la seguridad del personal y la reputación corporativa. Al implementar sensores de nivel y una pantalla de control, se podrá obtener información en tiempo real sobre el uso y estado de los tanques, mejorando significativamente la planificación del mantenimiento y optimizando así las operaciones.

Objetivo de la propuesta

- Analizar la viabilidad de conectar sensores de nivel y pantallas de control a los tanques de almacenamiento.
- Presentar la propuesta a la alta gerencia, destacando los beneficios operativos y económicos, con el objetivo de que sea evaluada y aceptada como una inversión estratégica.

- Implementar sensores de nivel de alta precisión para monitorear en tiempo real el volumen en los tanques.

Descripción de la propuesta

Evaluar la viabilidad de instalar sensores de nivel y pantallas de control en los tanques de almacenamiento, teniendo en cuenta los registros históricos de almacenamiento y evacuación de hidrocarburos, para posteriormente presentar la propuesta a alta gerencia. De las características importantes de esta propuesta es que Halliburton a ser una multinacional no había tenido presente la instalación de estos sensores de control por lo que por años perdió miles de millones. Además, los tanques de almacenamiento no se incluyeron en el Software SAP debido a que sus variables son muy distintas a los otros activos, sin embargo, esta propuesta en una forma de mejorar la eficiencia y los procesos de mantenimiento de este activo tan relevante.

Plan de implementación

Para llevar a cabo esta propuesta se realiza un paso a paso en etapas que dan a conocer que actividad se realiza, quienes son los responsables y que recursos son necesarios. A continuación, la tabla 7 muestra a detalle el plan de implantación.

Tabla 7.

Plan de implementación propuesta viabilidad de sensores de nivel

	Actividades	Responsables	Recursos necesarios
I	Análisis de los históricos de almacenamiento y evacuación de hidrocarburos	Gerente de Proyecto	Documentación del proyecto, herramientas de planificación.
II	Analizar los registros operativos de transporte de hidrocarburos	Practicante	Proveedores de sensores y documentos relacionados.
III	Buscar proveedores y analizar cotizaciones.	Practicante, y gerencia	Computador
IV	Capacitar al personal en el uso y mantenimiento de los nuevos equipos instalados.	Personal in-house, practicante y gerencia.	Computador, recursos digitales, software
V	Integrar los nuevos equipos con los sistemas de monitoreo y control existentes.	Ingenieros de Sistemas	Computador, software
VI	Seguimiento y control	Practicante, equipo administrativo.	Computador y material informativo físico y digital.

5.4. Propuesta 4. Diseñar e implementar un sistema de indicadores que permitan evaluar los resultados del plan de mantenimiento que utiliza el software SAP.

Los indicadores permiten medir la eficiencia y efectividad de los procesos de mantenimiento, asegurando que los recursos se utilicen de manera óptima y que las acciones de mantenimiento logren los resultados deseados. Además, los indicadores proporcionan datos en tiempo real, lo que facilita la toma de decisiones informada y rápida, esencial para minimizar el impacto de las fallas en las operaciones.

Fomentan la mejora continua al identificar áreas de mejora y permitir la implementación de acciones correctivas. La transparencia y la comunicación también se benefician, ya que los indicadores proporcionan datos cuantitativos para informes a la alta gerencia.

Problemática que se pretende atender

En Halliburton, la gestión del mantenimiento y el control de inventarios son aspectos cruciales para asegurar la eficiencia operativa y la reducción de costos. Sin embargo, la falta de un sistema robusto de monitoreo y análisis de indicadores de desempeño ha llevado a tiempos de inactividad no planificados, fallos recurrentes de equipos, y altos costos de reparación. Además, la gestión del inventario de piezas de repuesto carece de una optimización adecuada, lo que resulta en excesos o faltantes de stock y, por ende, en retrasos en el mantenimiento. La ausencia de un sistema integrado que permita el seguimiento y análisis de estas variables dificulta la toma de decisiones informadas y la implementación de estrategias de mantenimiento preventivo y correctivo efectivas, afectando la productividad y la rentabilidad de Halliburton.

Objetivos

- Diseñar un sistema de indicadores que permita una evaluación exhaustiva del plan de mantenimiento.
- Integrar estos indicadores con el software SAP para una monitorización en tiempo real.
- Proporcionar a los responsables de la toma de decisiones herramientas analíticas para optimizar el rendimiento del mantenimiento.

Plan de implementación

Para llevar a cabo esta propuesta se realiza un paso a paso en etapas que dan a conocer que actividad se realiza, quienes son los responsables y que recursos son necesarios. A continuación, la tabla 8 muestra a detalle el plan de implantación.

Tabla 8.

Plan de implementación de la propuesta indicadores

Etapa	Actividad	Responsable	Recursos
I	Definir objetivos y metas claras para los indicadores	Practicante y tutor del área	1 computador Base de datos Practicante
II	Identificar los indicadores relevantes	Practicante	1 computador Base de datos Practicante
III	Definir la metodología de medición	Practicante	1 computador Practicante
IV	Establecer responsabilidades	Practicante, tutores y equipo administrativo.	1 computador
V	Establecer un sistema de retroalimentación	Practicante	1 computador Practicante
VI	Capacitación personal	Tutor del área y practicante	1 computador
VII	Seguimiento y control	Practicante	1 computador practicante

Es fundamental garantizar un seguimiento efectivo de los procesos. Los indicadores proporcionarán métricas clave para medir la eficiencia operativa, identificar áreas de mejora y evaluar el rendimiento del plan de mantenimiento, así como la implantación de la herramienta SAP. Además, permitirán una toma de decisiones informada al proporcionar datos en tiempo real sobre la efectividad de las estrategias implementadas. Con un sistema de indicadores sólido, la

empresa podrá optimizar sus operaciones, reducir tiempos muertos, minimizar costos y mejorar la calidad de los servicios de mantenimiento, contribuyendo así al éxito global de la organización.

6. Implementación y resultados del plan de mejoramiento

6.1. Implementación de la propuesta 5s

La propuesta se desarrolló con la colaboración y el compromiso de todos los involucrados en el área. Los espacios de trabajo y procesos que fueron intervenidos experimentaron una transformación significativa, orientada hacia la optimización de recursos y la mejora continua. Se realizó un cronograma detallado para el desarrollo del programa, asegurando una implementación efectiva y sistemática que prioriza la seguridad, la eficiencia operativa y el orden en el ambiente de trabajo.

Cronograma

El siguiente cronograma detalla las actividades clave para la implementación exitosa de la metodología 5S en el PSL RES de la empresa HALLIBURTON. Está diseñado para guiar paso a paso el proceso de organización, limpieza y estandarización de nuestros espacios de trabajo, asegurando un ambiente seguro, eficiente y ordenado.

Figura 13.

Cronograma para el desarrollo del programa 5S

Actividad	Seman a 1-2	Semana 3-4	Seman a 5-6	Semana 7-8	Semana 9-10	Semana 11-12	Observaciones
Reunión de Lanzamiento	✓						Presentación del programa 5S
Formación del comité 5S	✓						Selección y capacitación
Evaluación Inicial	✓						Auditoría visual
Clasificación de Áreas de Trabajo		✓					Identificación de elementos
Eliminación de Elementos Innecesarios		✓					Retiro y reubicación
Diseño de Espacios de Trabajo			✓				Definición de ubicaciones
Desarrollo de Programa de Limpieza Regular				✓			Establecimiento de rutinas
Entrenamiento en Manejo de Residuos				✓			Capacitación sobre desechos
Desarrollo de Procedimientos Estándar					✓		Documentación de prácticas
Implementación de Inspecciones Regulares					✓		Programación de auditorías
Capacitación de personal							
Formación en Hábitos y Disciplina						✓	Promoción de cultura disciplina

La formación del Comité 5S es crucial para garantizar el éxito y la continuidad de la implementación de esta metodología. El proceso comienza con la invitación por correo electrónico, acompañada del análisis previo que subraya la necesidad de adoptar la metodología 5S. A continuación, se seleccionan los representantes adecuados y se organiza una reunión inicial. En esta reunión, se asignan responsabilidades específicas y se presentan los aspectos fundamentales de la propuesta, sentando así las bases para un compromiso efectivo y una ejecución coordinada del proyecto.

Organización de la Reunión: Se realiza el 11 de marzo del 2024 bajo la dirección del practicante con una agenda puntual. La reunión tuvo lugar en las oficinas de junta directiva de 8am a 10am con personal in-house, el HSEQ y gerencia.

Figura 14.

Foto de la reunión para definir los responsables y las actividades de la metodología 5s



La reunión dio como resultado la socialización del cronograma, la formación del comité, y la determinación de espacios dentro del área RES, además se asignaron días específicos para dar lugar a la limpieza y organización de los espacios, así como para la clasificación y estandarización de procesos operativos del área RES.

6.1.1. Aplicación de la propuesta

Adoptar las 5S implica un cambio cultural que requiere el compromiso de todos los niveles de la organización, desde la alta gerencia hasta los operarios. A través de la capacitación, la sensibilización y el liderazgo, se busca integrar estos principios en la rutina diaria, asegurando que los beneficios perduren en el tiempo.

6.1.1.1. Seiri clasificar.

Hallazgo: Se han identificado componentes de mantenimiento obsoletos que están listos para ser desechados como chatarra. Asimismo, se han encontrado cajas de archivos pertenecientes a diferentes PSLs (que no corresponden a RES) que deben ser devueltas a sus respectivos PSLs. Además, hay herramientas dispersas por toda la bodega, sin una ubicación específica. Esta situación contribuye a la acumulación de elementos innecesarios, los cuales obstaculizan el flujo del personal (ver figura 15).

Figura 15.

Seiri clasificar: hallazgo

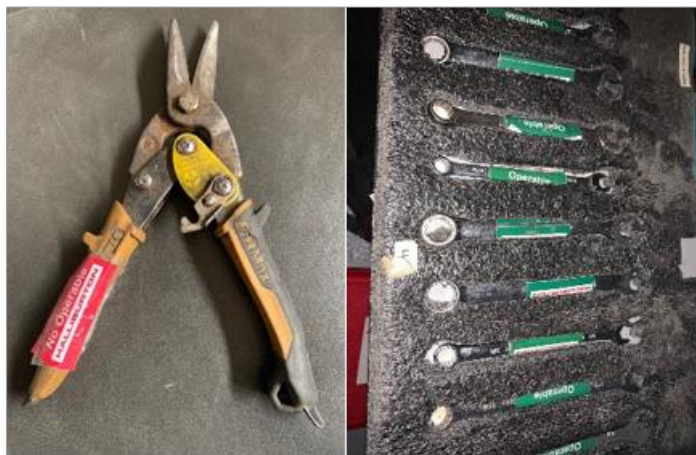


Acciones: se procede a depositar correctamente componentes obsoletos, entregar a quien corresponda las cajas de archivo, almacenar herramientas y suministros y con respecto a las herramientas se procedió a utilizar stickers verdes con la palabra "operable" y stickers rojos con la

palabra "no operable", con el fin de conocer su utilidad dentro de la operación tal y como se muestra en la figura 15.

Figura 16

Seiri clasificar: acción



6.1.1.2. Seiton ordenar

Hallazgo: Las herramientas y suministros necesarios no se encuentran clasificados debidamente, lo que dificulta su identificación y sobretiempos en la actividad; además la pérdida de tiempo al solicitar pedir suministros con los que se cuentan, pero no se conoce su ubicación.

Figura 17

Seiton ordenar: hallazgo



Acciones: Almacenar herramientas según forma, suministro y tipo; adicionalmente para una mejor organización, se utilizaron casilleros, cambio de ubicación de la bodega, creación de listas en las puertas de los casilleros para llevar control de los suministros y las herramientas.

Figura 18

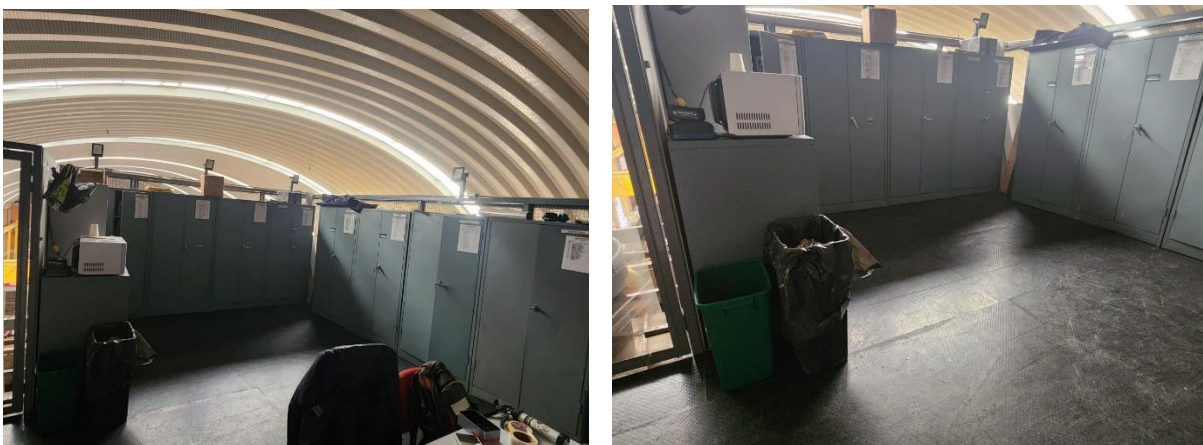
Seiton ordenar: acción



Figura

19

Foto bodega actual y canecas



6.1.1.3. Seiso limpieza

Hallazgo: Las herramientas y suministros (nuevos) necesarios para el mantenimiento presentan suciedad por aceite, polvo, etc; de esta misma manera, el piso de la bodega, debido a que no se cuenta con una zona de basuras cercana a la misma para una disposición correcta. Por lo tanto, como existen largos recorridos para la correcta disposición, esto conlleva a dejar rastros de residuos en el piso de la bodega.

Figura 20

Seiso limpieza: hallazgo



Acciones: Se colocan canecas de basura en la bodega y se realiza limpieza en la misma, con el fin de tener espacios libres de accidentes o retrasos por suciedad.

Figura 21

Seiso limpieza: acción



6.1.1.4. Seiketsu estandarizar

Hallazgo: Debido a que es una bodega y no está a la vista, no se programan actividades para la realización de aseo y orden en dicha zona, adicionalmente a esto no hay un control, es decir, no hay auditoría interna para evaluar constantemente el estado de la bodega y proponer posibles mejoras halladas.

Acciones: se conforma un comité de auditoría compuesto por personal (in-house).

6.1.1.5. Shitsuke Disciplina

Hallazgo: con respecto a la importancia cultura del orden y aseo, la empresa desea interiorizar esta cultura en los trabajadores por medio de charlas y/o capacitaciones; no obstante, no cuenta con un plan de orden y aseo, lo que imposibilita que se tengan claras las labores que se deben realizar en cada uno de los In-House.

Acciones: Se realiza un plan de aseo que consiste en organizar las herramientas y suministros según su locker correspondiente en un lugar demarcado, adicionalmente, los in-house deben emplear los últimos 15 min de trabajo en el aseo y organización del área y en las herramientas que utilizaron.

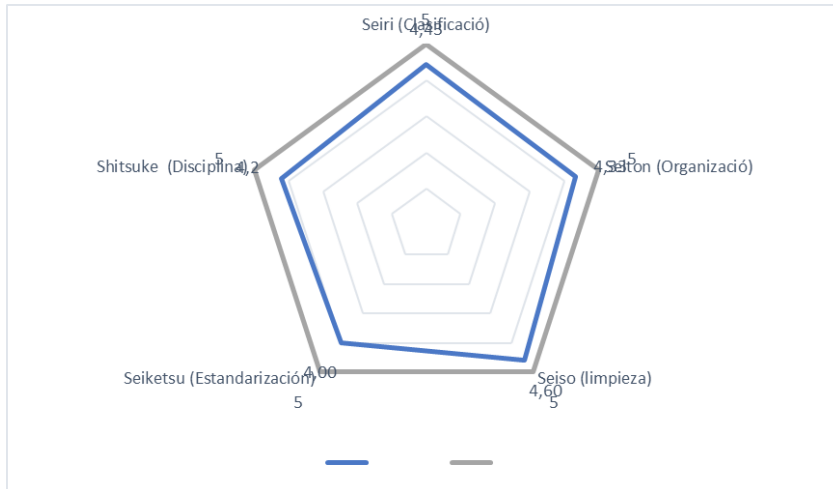
6.1.2. Resultado de la propuesta

- Por medio de la implementación se logró concientizar al personal directa e indirectamente implicado sobre las ventajas y la importancia que esto conlleva en la aplicación en la bodega.
- Se logró llevar un mejor manejo del inventario por medio de las listas en los casilleros y el etiquetado (esto también permitió no utilizar herramientas que no cumplan con el estándar, dichas herramientas fueron etiquetadas como no operables)
- Se despejó la bodega de elementos no utilizados para el mantenimiento (en especial cajas de archivos) y las herramientas y suministros deteriorados, fueron utilizados como chatarra.
- Se trasladó la bodega a un lugar más adecuado, en el cual se aumentó el flujo y se disminuyó el tiempo de búsqueda de herramientas y suministros.
- Se logró un ambiente más limpio y agradable.

En el siguiente diagrama se plasman las mejoras anteriormente mencionadas, las cuales quedaron evidenciadas en la implementación del programa de 5's y en cada una de sus respectivas fases, cumpliendo con un nivel de mejoramiento antes y después de implementar la metodología en la bodega.

Figura 22.

Resultados metodología 5's



Los datos recientes indican un notable avance en la implementación de la propuesta, con mejoras sustanciales en todos los indicadores clave. Los porcentajes de éxito en el primer conjunto de datos son consistentemente altos, con valores del 89%, 87%, 92%, 80% y 84%, en comparación con los más bajos en el segundo conjunto: 49%, 33%, 52%, 47% y 60%, respectivamente. Estos resultados subrayan la efectividad y relevancia de la propuesta, demostrando su capacidad para mejorar significativamente los procesos y alcanzar altos niveles de desempeño. La implementación de la propuesta ha sido crucial para alcanzar estos avances y su continuidad promete aún mayores mejoras a mediano y largo plazo.

Criterios de éxito

La implementación de la metodología 5S se llevó a cabo durante la práctica empresarial en Halliburton. El personal in-house y otros colaboradores involucrados en la aplicación de la metodología observaron que, históricamente, las áreas de almacenamiento rara vez recibían la atención necesaria en términos de limpieza y organización. En la constante actividad operativa del

área RES, no da lugar a iniciativas de adaptación para aplicar una metodología organizativa como la 5S. Las mejoras observadas tras la implementación de la metodología 5S son notables:

Reducción del tiempo de búsqueda: Las entrevistas con el personal revelaron una reducción significativa en el tiempo necesario para localizar herramientas y materiales, gracias a una mejor clasificación y organización. Esta optimización ha contribuido directamente a la eficiencia operativa de los mantenimientos preventivos, permitiendo que las tareas se completen más rápidamente y con menos frustración, además de dar rápida disponibilidad a los activos de gran relevancia.

Liberación de espacio de trabajo: El personal ha informado de un aumento notable en el espacio disponible, que se ha logrado al eliminar elementos innecesarios y optimizar la disposición de los materiales esenciales. Esta expansión del espacio utilizable ha facilitado un flujo de trabajo más ágil y seguro.

Cumplimiento de estándares de limpieza: Las auditorías regulares han mostrado un cumplimiento excelente con los estándares de limpieza establecidos, una mejora significativa respecto a las condiciones previas. Mantener un entorno limpio no solo mejora la moral del personal, sino que también reduce los riesgos de accidentes y aumenta la calidad del trabajo realizado.

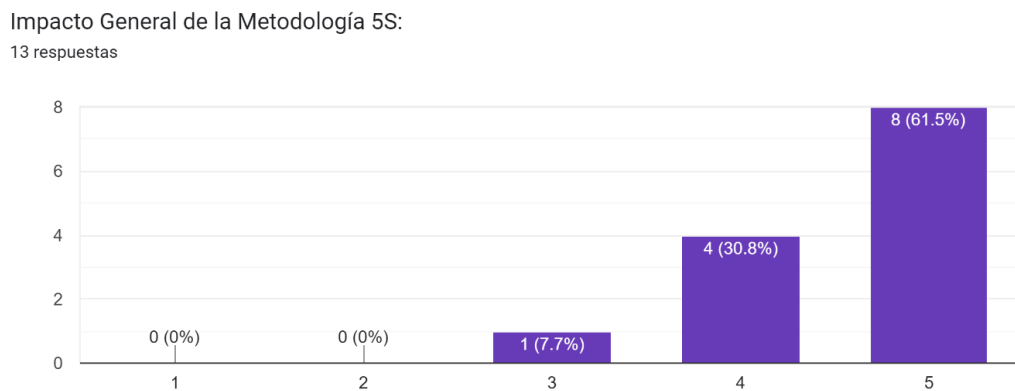
Participación y compromiso del personal: La implementación ha visto una alta participación del personal, que se ha involucrado activamente en las capacitaciones y las sesiones de revisión.

Evaluación Continua

Encuestas de Satisfacción: Después de desarrollar las 5s se realizó una encuesta de satisfacción enviada por correo a todo el equipo de trabajo involucrado en el área RES de Halliburton base Cota, el apéndice D describe las preguntas detalladamente y los resultados de cada pregunta. La encuesta tuvo duración de una semana en la plataforma Google Form, alcanzo 13 respuestas. La figura T muestra los resultados de la pregunta más concluyente sobre la implementación de la metodología 5s.

Figura 23.

Gráfico de la pregunta Impacto general de la metodología 5S



Los resultados de la encuesta de satisfacción, dirigida a evaluar el impacto general de la metodología 5S, muestran una aceptación notablemente positiva entre el personal. Con un 61.5% de los encuestados declarando estar "Muy Satisfechos" y un 30.8% calificándose como "Satisfechos", es evidente que la gran mayoría valora positivamente las mejoras que la metodología 5S ha introducido en su entorno laboral. Además, solo un 7.7% se posicionó en la categoría "Neutral", lo que refleja una mínima indecisión acerca de los beneficios percibidos. Este alto grado de aprobación subraya el éxito de la implementación de la metodología 5S en la mejora

de la organización, limpieza y eficiencia operativa, consolidando así una cultura de trabajo disciplinado y en continua mejora en la empresa.

Entrevistas y grupos focales: De acuerdo con lo expresado por el personal involucrado directamente en el mantenimiento de los activos, observan cambios significativos en la organización y clasificación de las áreas de bodega. También se ha notado una preocupación destacada por la estandarización de la información. El gerente general del Área RES en la base Cota ha destacado que la metodología implementada ha facilitado un flujo continuo en la operación de los activos. Él señaló que “Durante el transcurso del año 2024, no se han registrado retrasos atribuibles a la falta de herramientas”.

En resumen, la metodología ha demostrado ser un éxito, evidenciado por la optimización de la eficiencia operativa, la mejora de la seguridad y la calidad del entorno de trabajo, y el fomento de una cultura de disciplina y compromiso continuo. Estos cambios han sido posibles gracias al compromiso y la participación de todos los niveles de la organización, garantizando que las mejoras sean duraderas y beneficiosas para todos los involucrados.

6.2. Implementación de la propuesta SAP

Los procesos de RES no están integrados en el sistema SAP, lo que dificulta la parametrización como patrimonio de la empresa. Se genera problemas en la planeación de los mantenimientos, ocasiona sobrecostos como; paradas de quipos, poca cultura de prevención, poco control en los procesos realizados por contratistas (lo que conlleva a que estos realizaron procesos errados y/o solo de papel). La situación comentada se puede prevenir realizando una identificación

por medio de un código asignado en SAP según los datos hallados en la información levantada para el diagnóstico.

Se da inicio con el diseño de SAP conforme a las necesidades expuestas del área RES. El apéndice F. detalla los conceptos básicos del diseño de SAP para los mantenimientos de los activos a cargo de RES y las evidencias del proceso del diseño. Las directivas de la empresa han establecido claramente la importancia de no exponer públicamente la interfaz de los activos en el software SAP. Por lo tanto, solo se presentarán imágenes de los activos con sus códigos asignados. La propuesta fue elaborada y ejecutada siguiendo estas directrices.

6.2.1. Aplicación de la propuesta

6.2.1.1. Elaboración del BBP (Business Blueprint) del Proyecto

Dado que Halliburton ya tiene implementado el software SAP en otras áreas fundamentales de la empresa, no fue necesario desarrollar todo el BBP (Business Blueprint) del Proyecto desde cero. La elaboración del BBP (Business Blueprint) del proyecto consiste en un documento detallado que describe cada parte específica del proyecto. Como se menciona en Tokio School (2022), “un blueprint en SAP funciona como base para la implementación de SAP en los procesos empresariales. Se trata de un documento que puede incluir números de actividades, eventos, hitos y entregables, entre otras variables”. Para este proyecto, se establecieron cuatro BBPs.

Definición de la Estructura Organizativa de la Solución en SAP

Primero, es fundamental definir los conceptos esenciales para la apertura de la interfaz de SAP, lo cual abarca las responsabilidades de cada usuario y los roles que desempeñarán en el sistema.

En segundo lugar, se establece el proceso para la creación de órdenes de trabajo en la gestión de avisos de mantenimiento. Esto requiere identificar todos los tipos de fallos en los equipos, así como las posibles soluciones, y registrar esta información en el Business Blueprint.

Finalmente, se desarrollan los planes de mantenimiento y los contadores. La gestión de órdenes de mantenimiento en SAP PM se divide en dos categorías: mantenimiento planificado, que implica la generación automática de órdenes de trabajo para actividades programadas; y mantenimiento correctivo, que incluye todas las actividades necesarias para solucionar fallos en los equipos que no están previstos en un programa de mantenimiento.

Puestos de Trabajo

Se establecerán puestos de trabajo específicos por especialidad y área para identificar a los responsables de las actividades de mantenimiento. El primer carácter del código del puesto de trabajo se utilizará para diferenciar entre personal interno (P) y externo (E).

Ubicación técnica

Se establecieron las siguientes ubicaciones técnicas de acuerdo con cada unidad operativa de la organización, teniendo como referencia que cada activo.

Figura 24.

Ubicación técnica de maquina #10009211



Figura 25.

Ubicación técnica #10013912

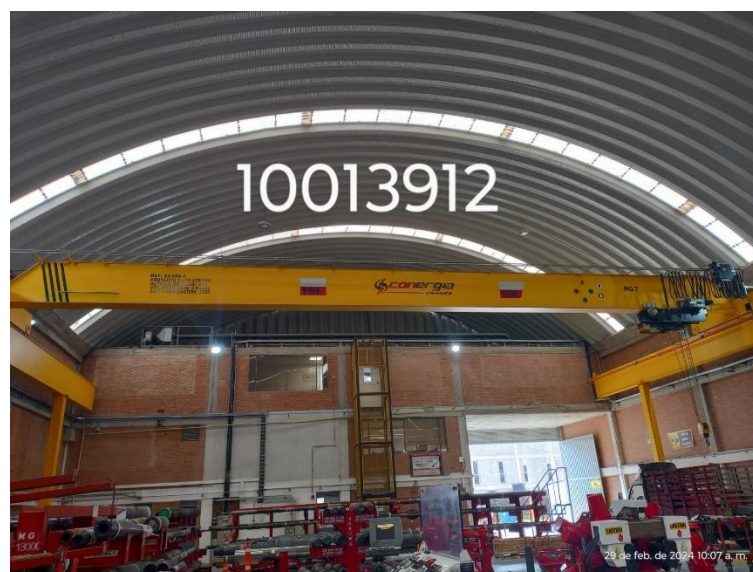


Figura 26.

Ubicación técnica #10007669

**Figura 27.**

Ubicación técnica #10013910



Figura 28

Ubicación técnica #10013306



Figura 29.

Ubicación técnica #10014248



Figura 30.

Ubicación técnica #10014014



- Gestión de Órdenes de Mantenimiento en SAP.
- Mantenimiento Planificado: Creación automática de órdenes de mantenimiento para tareas programadas.
- Mantenimiento Correctivo: Acciones para solucionar averías en equipos que no estaban previstas en un programa de mantenimiento regular.

6.2.2. Resultados de la propuesta

La implementación del enfoque estratégico de SAP en el área RES ha logrado varios resultados clave que alinearon la potencia del software SAP con las necesidades específicas de la gestión de mantenimiento en RES:

Optimización de la gestión y mantenimiento de activos críticos

La personalización y ajuste de SAP para RES permite una administración más eficaz y oportuna de los datos, mejorando la gestión y el mantenimiento de activos críticos. Esto resultó en una mayor precisión en el seguimiento y control de los activos.

Agilización en la toma de decisiones

Uno de los aspectos más destacados de la implementación de SAP ha sido la agilización en la toma de decisiones. De acuerdo con lo manifestado por gerencia, encontrar y asignar mantenimientos se ha vuelto significativamente más fácil gracias a los historiales detallados que se han venido construyendo en SAP. Con el software funcionando en tiempo real, las decisiones se toman de manera rápida y ágil, ajustándose a la realidad de los activos. Basta con introducir el código del activo para acceder a toda su información, lo que permite una asignación precisa y oportuna de las tareas de mantenimiento.

Este nivel de eficiencia y agilidad en la gestión de mantenimientos no solo optimiza los recursos y reduce los tiempos de inactividad, sino que también asegura que los activos se mantengan en condiciones óptimas de operación, contribuyendo a la continuidad y fiabilidad de las operaciones.

Al integrar SAP, se espera una toma de decisiones más rápida y basada en datos, orientada a la prevención de problemas y a la reducción de costos y tiempos de inactividad. Esto facilitará la identificación temprana de posibles fallas y la implementación de soluciones preventivas. Las Tier realizadas en lo que van del año demuestran la notable conformidad por parte de la gerencia, expresan que a lo que va del año 2024 no se han registrado retrasos o tiempos de inactividad de los activos relevantes, el apéndice H, detalla las Tier de trimestre.

Optimización de procesos y aumento de la eficiencia operativa

Los puentes grúas son los activos que tradicionalmente requieren mayor mantenimiento. En el año 2023, se realizaron 46 mantenimientos preventivos para estos activos. Hasta la fecha, transcurridos 6 meses del 2024, se han realizado solo 8 mantenimientos preventivos, lo que representa aproximadamente el 17.39% del total anual. Este número es significativamente menor al promedio que se espera de 23 mantenimientos para la mitad del año, reflejando una reducción significativa de 15 mantenimientos preventivos.

Además, ninguno de estos mantenimientos ha sido correctivo. Esta reducción en la cantidad de mantenimientos y la ausencia de intervenciones correctivas evidencian la efectividad de la propuesta de SAP. La implementación de SAP ha optimizado los procesos de mantenimiento, permitiendo una gestión más eficiente y preventiva de los activos, lo que ha resultado en una disminución notable de las necesidades de mantenimiento sin comprometer la operatividad ni la fiabilidad de los equipos.

Evaluación de la reducción de costos y eficiencia de la propuesta

Los detalles de la reducción de costos en los mantenimientos son confidenciales de acuerdo con las políticas de la empresa. Sin embargo, utilizando los mantenimientos preventivos de los activos puentes grúa como ejemplo, se puede realizar una estimación aproximada de la reducción. En el diagnóstico se estimó que los costos asociados a los mantenimientos correctivos de los puentes grúa rondan los 1.3 millones, mientras que los preventivos varían entre 1.6 y 1.8 millones, sin contar el costo adicional de las piezas en caso de que sea necesario su reemplazo.

La gerencia manifiesta que después de la implementación del proyecto los activos se han mantenido operativos a cada momento, prácticamente se eliminaron los tiempos muertos y las horas de inactividad por espera de mantenimientos. La gerencia no revela cantidades exactas por la confidencialidad de los datos, sin embargo, manifiesta el Gerente Sergio Torne Glen que la reducción de costos alcanzado millones y proyecta alcanzar cientos de millones.

Por ejemplo: Al reducirse 15 mantenimientos preventivos para un activo como puente grúa. Calculando con un valor promedio de 1.7 millones por mantenimiento preventivo, la reducción de 15 mantenimientos representa un valor de aproximadamente 25.5 millones. Este ahorro no solo refleja una disminución directa en los costos de mantenimiento, sino que también evidencia la eficiencia y efectividad de la propuesta de SAP. Se analiza que la reducción de mantenimiento se da por la oportuna acción en las inspecciones, si la planeación de los mantenimientos se sigue correctamente, habrá un control de los proveedores y de las acciones frente a los activos.

Este enfoque ha optimizado la gestión de los activos, minimizado los costos y mejorado la toma de decisiones gracias al acceso a datos en tiempo real. La capacidad de gestionar los historiales de mantenimiento y asignar tareas de manera rápida y precisa demuestra que la implementación de SAP en el área RES ha sido exitosa, permitiendo una administración más eficiente y alineada con los estándares de calidad y exigencia de la empresa.

Cumplimiento de estándares de calidad y exigencia de Halliburton:

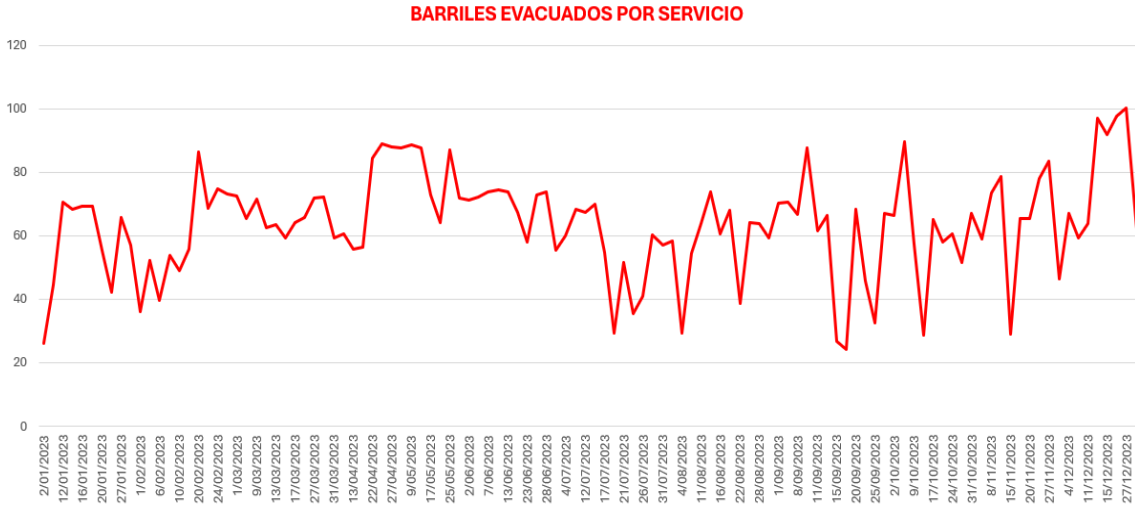
La implementación de SAP ha potenciado significativamente la operatividad de los activos, permitiendo a Halliburton cumplir con sus compromisos de manera eficiente. Esta mejora ha asegurado que el área RES, encargada de proporcionar la infraestructura para la logística de pozos, continúe operando a altos niveles de eficiencia y calidad. Con la integración de SAP, los tiempos de respuesta se han reducido, lo que ha permitido la realización puntual y precisa de auditorías bimestrales, trimestrales y semestrales. Esto ha resultado en un mejor control sobre los equipos y activos, garantizando el cumplimiento de los estándares globales y regionales. En consecuencia, Halliburton ha mantenido su reputación y sostenibilidad a largo plazo en la industria energética, reflejando su compromiso con la seguridad, eficiencia y prácticas sostenibles y éticas.

6.3. Evaluar viabilidad de sensores de nivel y pantallas de control

Para fundamentar esta propuesta, se realizó un análisis exhaustivo de los registros históricos de almacenamiento y evacuación de hidrocarburos de Halliburton durante 2023. El siguiente grafico representa el rendimiento del servicio de evacuación de barriles.

Figura 31

Barriles evacuados por servicio



La Tabla de Valores de Consumo revela los siguientes datos clave:

Tabla 9

Valores de consumo

Valores de Consumo	Barriles
Barriles evacuados en 2023	7.256,95
Barriles promedio	63,66
Barriles valor máximo	100,43
Barriles valor mínimo	24,18

Estos datos proporcionaron una base sólida para evaluar las necesidades actuales y proyectar mejoras en la eficiencia operativa. La tabla 9 muestra la variabilidad en los volúmenes evacuados sugiriendo que la capacidad de los tanques no se está utilizando de manera óptima, lo que indica una oportunidad significativa para mejorar la eficiencia operativa y reducir costos.

Además, en la tabla 10 se analizan los registros operativos de transporte de hidrocarburos de 2023 entendiendo los costos y la cantidad de viajes realizados.

Tabla 10.*Datos de viajes y costos unitarios*

Datos	Valor
Número de viajes 2023	114
Costo unitario por viaje	\$763.528

Durante 2023, se realizaron 114 viajes con un costo unitario de \$763.528 por viaje. Este alto número de viajes y los costos asociados reflejan una ineficiencia en el uso de los tanques de almacenamiento y en la planificación del transporte, subrayando la necesidad de optimizar el proceso. Estos datos son cruciales para entender los costos actuales y las oportunidades de optimización en el transporte.

La evaluación de la propuesta es crucial para presentarla frente a alta gerencia, los costos de implementación se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 11.*Costo de Implementación*

Componente	Costo
PLC	\$21.876.960
Sensores, cableado e instalación	\$64.536.604

El costo total de implementar los sensores de nivel y el PLC es de \$86.413.564. Aunque este costo inicial es significativo, debe evaluarse en el contexto de los ahorros potenciales en transporte y la mejora en la eficiencia operativa. La precisión y control mejorados en el manejo de hidrocarburos también contribuirán a una gestión más efectiva de los recursos.

Este análisis considera los precios de mercado actuales y garantiza una implementación efectiva de la tecnología de automatización.

Se analizó el retorno de la inversión para las mejoras propuestas. La Tabla de Retorno de la Inversión muestra:

Tabla 12.

Retorno de la Inversión

Concepto	Monto
Costo de Implementación	\$86.413.564
Ahorro por número de viajes optimizados (anual)	\$31.304.648
Tiempo de retorno de la inversión	33 meses y 4 días, equivalente a 2 años y 9 meses adicionales

La inversión muestra que los ahorros anuales debido a la optimización de viajes se estiman en \$31.304.648. Con este ahorro, el costo de implementación de \$86.413.564 se recuperaría en 33 meses y 4 días, es decir, aproximadamente 2 años y 9 meses. Esto sugiere que la inversión en la tecnología de sensores de nivel es financieramente viable y proporcionará beneficios económicos sustanciales a largo plazo. Además, después del período de retorno, los ahorros continuarán acumulándose, mejorando la rentabilidad y eficiencia operativa de la empresa.

Estos datos demuestran el beneficio financiero y operativo esperado de las mejoras propuestas en los procesos de transporte y almacenamiento. La implementación de sensores de nivel en los tanques de almacenamiento ofrece una oportunidad significativa para optimizar el uso de estos activos, reducir costos operativos y mejorar la precisión en la gestión de hidrocarburos.

El análisis financiero demuestra que la inversión se recuperará en un período razonable, proporcionando beneficios económicos a largo plazo. Además, la mejora en la eficiencia operativa contribuirá a una mejor planificación y ejecución de las operaciones de transporte, maximizando el uso de la capacidad de los tanques y reduciendo la variabilidad en las operaciones de evacuación.

Finalmente, la siguiente tabla se realizó para hacer una simulación de viajes a máxima capacidad y conocer el porcentaje de viajes optimizados. Se comparó el número de viajes realizados si los vectores se llenaran a su máxima capacidad con el número de viajes optimizados. La ecuación utilizada para determinar el número de viajes realizados a máxima capacidad fue: (Barriles evacuados en 2023) / (Barriles valor máximo). El porcentaje de viajes optimizados se calculó mediante la ecuación: Número de viajes optimizados / Número de viajes 2023.

Tabla 13.

simulación viajes a máxima capacidad

Ecuación	Barriles	Numero de viajes
Numero de viajes realizados si los vactors se llenaran a su máxima capacidad	(Barriles evacuados en 2023) / (Barriles valor máx.)	73
Número de viajes optimizados	Número de viajes 2023 - Número de viajes Numero de viajes	41
% de viajes optimizados	optimizados / número de viajes 2023	36%

La simulación indica que llenando los tanques a su capacidad máxima se podría reducir el número de viajes en un 36%, pasando de 114 viajes a solo 73 viajes. Este ajuste representa una optimización significativa en el uso de los recursos y una reducción considerable en los costos de

transporte. Implementar sensores de nivel para monitorear y gestionar los niveles de llenado de los tanques puede facilitar esta optimización, mejorando la eficiencia operativa y reduciendo los costos asociados. Esta reducción en el número de viajes también podría contribuir a disminuir el impacto ambiental y mejorar la sostenibilidad de las operaciones de transporte.

6.3.1. Resultados de la Propuesta

Al evaluar la implementación de esta tecnología, se observa una reducción significativa en los costos de transporte gracias a la optimización de los viajes realizados, logrando un ahorro anual estimado de \$31,304,648 para uno de los tanques. Además, los tiempos de inactividad se reducen en un 45%, mejorando así la eficiencia operativa y aumentando la disponibilidad de los activos.

La precisión en la medición de los niveles de hidrocarburos mejoraría en un 60%, lo que lleva a una asignación más justa de costos y una mayor transparencia en la facturación a los clientes. Estos resultados, que incluyen un 36% de viajes optimizados, no solo reflejaron un retorno de la inversión positivo en un período de 33 meses y 4 días, sino que también posicionaron a Halliburton como líder en innovación tecnológica y eficiencia operativa dentro de la industria.

Análisis del Equipos Siemens

Para llevar a cabo esta propuesta, se propone usar la integración de los siguientes equipos Siemens, el Apéndice K, contiene la ficha técnica de los sensores necesarios para la implementación, la figura 32, muestra uno de estos sensores.

Se propone utilizar la integración de equipos Siemens específicos, que proporcionan un control y monitoreo eficientes. Los equipos seleccionados y sus precios estimados en el mercado son los siguientes:

- Siemens SIMATIC S7-1200 CPU 1214C (Modelo: 6ES7214-1BG40-0XB0):

Características clave: Entradas digitales, salidas de relé, entradas analógicas, alimentación AC/DC, memoria programable.

Utilización: Control y automatización robusta de procesos industriales.

Precio estimado: Aproximadamente \$1,100 USD (4,300,000 COP) (Industry Mall) (Electric Automation Network).

- Siemens SIMATIC HMI KTP700 Basic (Modelo: 6AV2123-2GB03-0AX0):

Características clave: Pantalla táctil TFT de 7", interfaz PROFINET, configuración desde WinCC Basic V13 SP1.

Utilización: Interfaz hombre-máquina para supervisión y operación eficiente de sistemas industriales.

Precio estimado: Aproximadamente \$600 USD (2,400,000 COP).

Figura 32.

Sensor de nivel



Figure similar

SIMATIC S7-1200, CPU 1214C, compact CPU, AC/DC/relay, onboard I/O: 14 DI 24 V DC; 10 DO relay 2 A; 2 AI 0-10 V DC, power supply: AC 85-264 V AC at 47-63 Hz, program/data memory 150 KB

La implementación de estos equipos Siemens no solo optimiza los procesos de Halliburton, sino que también mejora significativamente la eficiencia, el control y la rentabilidad en la operación de los tanques de almacenamiento. Estos equipos están diseñados para integrarse fácilmente con los sistemas industriales existentes, proporcionando una solución robusta y escalable para la gestión de los activos de almacenamiento.

6.3.2. Presentar propuesta a la Gerencia

Luego de la evaluación de viabilidad realizada anteriormente se prepara un informe para presentar a la gerencia de RES, el apéndice L muestra la presentación que se mostró a la gerencia de RES y esta resume la evaluación de viabilidad de la propuesta. La simulación de viajes optimizados (Tabla 13) para demostrar los beneficios en la eficiencia.

Esta propuesta, tiene el potencial de generar significativos ahorros y optimizaciones para Halliburton Base Cota, alineándose con los objetivos corporativos de mejorar la eficiencia operativa y la gestión de activos.

La implementación de estos equipos Siemens no solo optimiza los procesos de Halliburton, sino que también posiciona a la empresa alcanzar niveles más altos de eficiencia, control y rentabilidad en su operación. Estamos preparados para trabajar en conjunto para llevar a cabo esta propuesta con éxito y asegurar beneficios tangibles a corto y largo plazo.

Es importante destacar que la gerencia de RES ha aprobado la propuesta. Ahora, estamos a la espera de la reunión programada para diciembre de 2024, en la cual los altos directivos de Halliburton deberán considerar la aprobación de la inversión significativa requerida para esta parte

del proyecto. Cabe mencionar que estas reuniones, dedicadas a la presentación de innovaciones tecnológicas en activos como el nuestro, se celebran únicamente una vez al año.

De acuerdo con las conversaciones mantenidas con la gerencia, existe una probabilidad del 95% de que los altos directivos otorguen su aprobación. Esta alta probabilidad se debe al sólido apoyo recibido hasta el momento y al potencial significativo del proyecto para mejorar los activos de Halliburton.

6.4. Implementación de la propuesta indicadores

Para optimizar la gestión de mantenimiento y mejorar la toma de decisiones, se diseña un sistema integral de indicadores de desempeño utilizando el ERP SAP en Halliburton. A continuación, se detalla el proceso de elaboración y desarrollo de cada uno de los ocho indicadores clave, incluyendo fórmulas y métodos de aplicación.

6.4.1. Definir los objetivos y metas claras para los indicadores

Es fundamental que al establecer los objetivos y metas se adopte el enfoque SMART (específicos, medibles, alcanzables, relevantes y con un plazo definido) para garantizar su efectividad y adecuada evaluación. Asimismo, es crucial asegurar la disponibilidad de los datos requeridos y fomentar la participación de todo el equipo para asegurar el éxito de la implementación.

El sistema constará de ocho indicadores clave, cada uno diseñado para ofrecer una visión completa del rendimiento del mantenimiento. A continuación, se detallan los indicadores, sus fórmulas, ejemplos de aplicación y métodos de implementación:

1. **MTBF (Mean Time Between Failures):** mide el tiempo medio de operación entre fallos de un equipo, ofreciendo una medida de la fiabilidad de este.

Formula:

$$MTBF = \frac{\text{Tiempo total de operaciones}}{\text{Numero de fallos}}$$

En SAP, se registrarán los tiempos de operación y fallos de cada equipo. Estos datos se analizarán para ajustar los planes de mantenimiento preventivo a aproximadamente el 70% del MTBF, reduciendo así la frecuencia de fallos y mejorando la eficiencia operativa.

Ejemplo:

Si un equipo ha funcionado durante 140 horas hasta el primer fallo, 190 horas hasta el segundo, y 215 horas hasta el tercer fallo, el MTBF se calcularía como:

$$MTBF = \frac{140 + 190 + 215}{3} = 181$$

- 2 **MTTR (Mean Time To Repair):** mide el tiempo promedio requerido para reparar un equipo tras un fallo, evaluando la eficacia del equipo de mantenimiento.

Formula:

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo total de reparation}}{\text{numero de reparaciones}}$$

Los tiempos de reparación serán registrados y analizados en SAP. Se promoverán técnicas predictivas y diagnósticos en tiempo real para reducir el MTTR y mejorar la capacidad de respuesta del equipo de mantenimiento.

Ejemplo:

Si los tiempos de reparación son 9 horas, 15 horas y 12 horas, el MTTR se calcularía como:

$$MTTR = \frac{9 + 15 + 12}{3} = 12 \text{ Horas}$$

3. Disponibilidad: Este indicador mide el porcentaje del tiempo en el que un equipo está disponible para operar, en relación con el tiempo total.

Fórmula:

$$Disponibilidad = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \times 100$$

SAP será utilizado para calcular y monitorear la disponibilidad de los equipos. Las áreas de mejora se identificarán para asegurar que la disponibilidad se mantenga por encima del 90%, implementando acciones correctivas según sea necesario.

Ejemplo:

Con un MTBF de 181.67 horas y un MTTR de 12 horas, la disponibilidad se calcularía como:

$$Disponibilidad = \frac{181.67}{181.67 + 12} \times 100 = 93.8\%$$

4. Confiabilidad: La confiabilidad evalúa la probabilidad de que un equipo funcione sin fallos durante un período específico.

Fórmula:

$$\text{Confiabilidad} = e^{-\frac{t}{MTBF}}$$

Se utilizarán las capacidades analíticas de SAP para calcular la confiabilidad y anticipar mantenimientos preventivos, mejorando así la gestión del ciclo de vida de los equipos.

Ejemplo:

Con un MTBF de 181,67 horas y $t = 168$ horas (una semana), la confiabilidad sería:

$$\text{Confiabilidad} = e^{-\frac{168}{181,67}} = 39,69\%$$

5. Backlog: El backlog mide el tiempo necesario para completar todas las actividades de mantenimiento pendientes.

Fórmula:

$$\text{Backlog} = \frac{\text{Total de horas de trabajo pendientes}}{\text{Horas de trabajo disponibles por semana}}$$

SAP registrará y monitorizará el backlog, presentando gráficos que muestren la relación entre la demanda de trabajo y la capacidad disponible. Esto facilitará una planificación más eficiente y la distribución adecuada del trabajo.

Análisis de Curvas de Backlog

Para una gestión más efectiva del backlog, se utilizarán curvas que mostrarán diferentes tendencias:

- **Curva A:** Estable. Evaluar si está en un rango aceptable y tomar acciones si es necesario.
- **Curva B:** Disminución de la demanda. Puede generar tiempo libre que debe ser gestionado adecuadamente.
- **Curva C:** Tendencia de alta. Indica baja calidad de mantenimiento o un aumento en la carga de trabajo que requiere atención.
- **Curva D:** Subida brusca. Relacionada con un aumento en el mantenimiento correctivo con alto tiempo de ejecución, lo que requiere análisis y corrección.
- **Curva E:** Caída brusca. Puede ser necesario contratar servicios externos o movilizar recursos internos para manejar la demanda.
- **Curva F:** Oscilación. Es justificable en industrias con estacionalidad, pero se debe monitorear para evitar impactos negativos en el rendimiento.

6. CMF (Costo de Mantenimiento sobre la Facturación): El CMF compara los costos de mantenimiento con la facturación bruta, evaluando el impacto financiero del mantenimiento.

Fórmula:

$$CMF = \frac{\text{Costo total de mantenimiento}}{\text{Facturación bruta}} \times 100$$

SAP permitirá rastrear y analizar los costos de mantenimiento en comparación con la facturación, identificando oportunidades para reducir costos y mejorar la competitividad.

Ejemplo:

Si el costo de mantenimiento es de \$200,000 y la facturación bruta es de \$5,000,000, el CMF se calcularía como:

$$CMF = \frac{200.000}{5.000.000} X 100 = 4\%$$

7. CPMV (Costo de Mantenimiento sobre Valor de Reposición): El CPMV compara los costos de mantenimiento con el valor estimado de reposición de los equipos.

Fórmula:

$$CPMV = \frac{\text{Costo total de mantenimiento}}{\text{Valor estimado de reposición}} X 100$$

SAP facilitará el cálculo y monitoreo del CPMV para equipos críticos, ayudando en la toma de decisiones sobre si es más rentable mantener o reemplazar equipos.

Ejemplo: Con un costo de mantenimiento de \$750 y un valor de reposición de \$36.000, el CPMV sería:

$$CPMV = \frac{750}{36.000} X 100 = 2,08\%$$

8. Distribución por Tipos de Mantenimiento: Este indicador muestra el porcentaje de cada tipo de mantenimiento realizado, incluyendo correctivo, preventivo, predictivo e ingeniería de mantenimiento.

SAP registrará y analizará la distribución de los tipos de mantenimiento. El objetivo será reducir el mantenimiento correctivo no planeado a menos del 20% y aumentar el mantenimiento predictivo y preventivo para optimizar los recursos y mejorar la fiabilidad de los equipos.

La implementación de este sistema integral de indicadores permitirá una evaluación detallada y precisa del plan de mantenimiento, optimizando la gestión de activos y mejorando la toma de decisiones. Integrando estos indicadores con SAP, Halliburton podrá identificar áreas de mejora, reducir costos y aumentar la eficiencia operativa.

1.1.1. Resultados de la propuesta

La implementación de un sistema de indicadores para evaluar el plan de mantenimiento utilizando SAP es fundamental para garantizar un seguimiento efectivo de los procesos. Estos indicadores proporcionarán métricas clave para medir la eficiencia operativa, identificar áreas de mejora y evaluar el rendimiento del plan de mantenimiento, así como la implantación de la herramienta SAP. Al proporcionar datos en tiempo real sobre la efectividad de las estrategias implementadas, permitirán una toma de decisiones informada. Con un sistema de indicadores sólido, la empresa podrá optimizar sus operaciones, reducir tiempos muertos, minimizar costos y mejorar la calidad de los servicios de mantenimiento, contribuyendo así al éxito global de la

organización. Este enfoque permitirá una gestión más efectiva y proactiva de los activos de la compañía, optimizando las operaciones y proporcionando datos valiosos para la toma de decisiones estratégicas.

Criterios de Éxito

Mejora en el Rendimiento Operativo

La implementación de los indicadores conduce a una mejora general en el rendimiento operativo de los equipos y procesos de mantenimiento. Esto se puede medir a través de una reducción en los tiempos de inactividad, una mayor eficiencia en las operaciones y una disminución en los costos asociados con el mantenimiento.

Cumplimiento de Metas y Objetivos Establecidos

El éxito se evalúa por la capacidad de alcanzar o superar las metas y objetivos definidos para cada indicador. Esto incluye alcanzar los niveles objetivo de MTBF, MTTR, disponibilidad, confiabilidad, entre otros, dentro del plazo establecido. Al momento no se tienen suficientes informaciones históricas para comparar los resultados de los indicadores, ya que es una propuesta que recién esta en implementación.

Satisfacción del Equipo y los Stakeholders

Un criterio clave es la satisfacción de los miembros del equipo de mantenimiento y otros stakeholders relevantes. La implementación resulta en una mejora en la percepción de la efectividad del mantenimiento, reduciendo quejas o problemas operativos y aumentando la aceptación del sistema entre los usuarios involucrados.

Conclusiones

La etapa de diagnóstico del presente trabajo de grado fue crucial para identificar los diversos problemas presentes en el área RES de la empresa Halliburton alrededor de los procesos de mantenimiento de los activos en cuestión, así como entender los pasos resultantes a un mantenimiento, el área RES se encarga principalmente de la planificación del mantenimiento y la operativa continua de los activos más relevantes para los servicios de la base Cota.

Al iniciar el proyecto el área RES no contaba con un sistema en tiempo real de la información de los mantenimientos de sus activos, ni se tenía una organización precisa de las herramientas y documentación de cada uno de los activos. Sin embargo, como oportunidad de mejora, se estableció la implementación de la metodología 5s y el diseño del software SAP adecuándose a las necesidades de RES. Este enfoque permitió a RES visualizar en tiempo real la operativa de sus activos y conectar con las empresas tercerizadas la necesidad de futuros mantenimientos, obteniendo así planes de mantenimiento que se ejecuten en los tiempos establecidos.

El plan de mejoramiento se desarrolla bajo el foco de mejorar los procesos de mantenimientos de los activos de mayor relevancia y utilización en RES, Sin embargo, los tanques de almacenamiento al tener variables distintas a la mayoría de los activos se hicieron complicado incluirlo en el Software este activo y por eso se hizo necesario desarrollar una propuesta exclusiva para este, teniendo en cuenta la oportunidad de mejora significativa con una tecnología como los sensores de nivel.

La implementación del Programa 5S ha logrado concientizar al personal sobre la importancia de mantener un entorno de trabajo organizado y eficiente. Esto ha llevado a una mejor gestión del inventario mediante listas y etiquetado de herramientas, facilitando la identificación de herramientas no operables. Además, se ha despejado la bodega de elementos no necesarios, mejorando el flujo de trabajo y el ambiente laboral, y reduciendo el tiempo de búsqueda de herramientas y suministros.

La personalización del software SAP conforme a los requerimientos de RES ha optimizado significativamente la gestión de los activos. Esto ha permitido una administración más eficiente, con la capacidad de gestionar historiales de mantenimiento y asignar tareas de manera rápida y precisa. La toma de decisiones basada en datos en tiempo real ha mejorado, alineando las operaciones con los altos estándares de calidad y exigencia de Halliburton, y minimizando los costos operativos.

La instalación de sensores de nivel en los tanques de almacenamiento y pantallas de control ha optimizado el uso de los tanques en la base. Esto ha reducido el desperdicio y los costos fijos de transporte, mejorando la precisión en la asignación de costos por barril evacuado. Esta medida ha permitido una distribución más justa y precisa de los costos a las PSL, reflejando el verdadero uso del servicio y contribuyendo a una gestión más eficiente de los recursos.

La integración de SAP y las mejoras operativas en la base Cota han asegurado el cumplimiento de los estrictos estándares globales y regionales de Halliburton. La empresa ha mantenido su reputación de operar con alta eficiencia y seguridad, al tiempo que promueve prácticas sostenibles y éticas. Estos resultados no solo garantizan la sostenibilidad a largo plazo de Halliburton en la industria energética, sino que también fortalecen su posición como líder en servicios energéticos a nivel mundial.

Recomendaciones

Para lograr un flujo más automatizado y controlado en el área RES, se recomienda incluir otros aspectos operativos en el sistema SAP. Esto puede incluir la gestión de inventarios, la programación de recursos humanos, y la integración de procesos logísticos. Al ampliar el alcance del sistema SAP, se podrá crear un entorno más cohesivo y eficiente, donde todas las operaciones estén interconectadas y automatizadas. Esta integración no solo mejorará la eficiencia operativa, sino que también facilitará una mejor planificación y coordinación de las actividades de mantenimiento y operaciones.

La incorporación de módulos específicos para el control de proveedores en el sistema SAP es una recomendación crucial. Estos módulos permitirán una gestión más eficiente de los contratos de mantenimiento, el monitoreo de la calidad de los servicios proporcionados, y la evaluación del desempeño de los proveedores. Además, un sistema de control de proveedores integrado asegurará una mejor coordinación y comunicación con los proveedores, garantizando que los servicios de mantenimiento se realicen a tiempo y conforme a los estándares de calidad requeridos. Esto no solo mejorará la eficiencia de los procesos de mantenimiento, sino que también ayudará a reducir costos y a mejorar la satisfacción del cliente interno.

Referencias Bibliográficas

- Alavedra, C., Gastelu, Y., Méndez, G., Minaya, C., Pineda, B., Prieto, K., Ríos, K., & Moreno, C. (2016). Gestión de mantenimiento preventivo y su relación con la disponibilidad de la flota de camiones 730e Komatsu-2013. *Ingeniería Industrial*, 34, 11–26.
- Bravo, J. (2006). *LOS CINCO POR QUÉ O 5P*. 2006.
- Cumbre, B. (2010). *Diagrama de Flujo EDO.pdf*. <https://es.slideshare.net/brayanv/diagrama-de-flujo-mermeladas>
- Garavito, Y. (2019). *Plan de mejoramiento para el proceso de gestión de la información de activos en el departamento de mantenimiento del aeropuerto Palonegro*.
- García, E. (2017). *Metodología 5S. Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke*. Artículo Científico. https://www.academia.edu/42008515/METODOLOGÍA_5S_Manual_de_auto_implementación_SEIRI_SEITON_SEISO_SEIKETSU_SHITSUKE
- González, G., Rodríguez, L., Caballero, M., & Fonte, M. (2019). *Herramientas para la gestión por procesos. XV*.
- Gutierrez, L. (2021). *Plan de mejoramiento en el área de suministro y soporte administrativo para la adquisición de bienes y servicios de la empresa electrificadora de Santander S.A. E.S.P.*
- Halliburton. (2023). *The future of Energy*. <https://www.halliburton.com/>
- Herrera, B. (2004). Consideraciones para el Diseño Didáctico. *Revista Iberoamericana de Educación*, 1–20. http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07052003000100007&lng=en&nrm=iso&tlng=en
- Hoyos, W. (2010). *Un libro de Calidad*.
- Ishikawa, K. (1986). *¿Qué Es El Control Total de Calidad?* . https://books.google.com.co/books?id=MWGOXKteTQwC&printsec=frontcover&dq=inauthor:%22Kaoru+Ishikawa%22&hl=es-419&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
- Kelvin, Lord. (1870). *Lo que no se mide, no se puede mejorar*.
- Loggiodice, Z. (2010). La gestión del conocimiento como ventaja competitiva para las agencias de viajes y turismo en la nueva cadena de distribución turística. Caso de estudio: Venezuela. *Eumed*, 247. <http://www.eumed.net/tesis-doctorales/2012/zll/metodologia-investigacion.html>

- Otzen, T., & Manterola, C. (2017). Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio. *International Journal of Morphology*, 35(1), 227–232. <https://doi.org/10.4067/S0717-95022017000100037>
- SAP SE. (2023). *¿Qué es ERP? | Definición de planificación de recursos empresariales | SAP Insights*. <https://www.sap.com/latinamerica/insights/what-is-erp.html>
- Solano, Y., & Carabali, D. (2018). Mejoramiento del proceso de mantenimiento en la empresa Prodeca S. A. *Journal of Materials Processing Technology*, 1(1), 1–8. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cirp.2016.06.001><http://dx.doi.org/10.1016/j.powtec.2016.12.055><https://doi.org/10.1016/j.ijfatigue.2019.02.006><https://doi.org/10.1016/j.matlet.2019.04.024><https://doi.org/10.1016/j.matlet.2019.127252><http://dx.doi.org/10.1016/j.cirp.2016.06.001>
- Universidad Nacional Costa Rica. (n.d.). *Espacios de trabajos seguros y sostenibles*. 12.
- Vargas, A. J., Salazar, L. F., Pauwels, E. R., Carrazana, C., Senior, I. D. P., Plataforma, J. De, & Operaciones, D. (2020). *Gestión de operaciones procedimiento de inspección y aprobación de vehiculos y equipos en areas restringidas*.
- Alavedra, C., Gastelu, Y., Méndez, G., Minaya, C., Pineda, B., Prieto, K., Ríos, K., & Moreno, C. (2016). Gestión de mantenimiento preventivo y su relación con la disponibilidad de la flota de camiones 730e Komatsu-2013. *Ingeniería Industrial*, 34, 11–26.
- Bravo, J. (2006). *LOS CINCO POR QUÉ O 5P*. 2006.
- Cumbre, B. (2010). *Diagrama de Flujo EDO.pdf*. <https://es.slideshare.net/brayanv/diagrama-de-flujo-mermeladas>
- Garavito, Y. (2019). *Plan de mejoramiento para el proceso de gestión de la información de activos en el departamento de mantenimiento del aeropuerto Palonegro*.
- Garcia, E. (2017). *Metodología 5S. Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke*. Artículo Científico. https://www.academia.edu/42008515/METODOLOGÍA_5S_Manual_de_auto_Implementación_SEIRI_SEITON_SEISO_SEIKETSU_SHITSUKE
- González, G., Rodríguez, L., Caballero, M., & Fonte, M. (2019). *Herramientas para la gestión por procesos*. XV.
- Gutierrez, L. (2021). *Plan de mejoramiento en el área de suministro y soporte administrativo para la adquisición de bienes y servicios de la empresa electrificadora de Santander S.A. E.S.P.*
- Halliburton. (2023). *The future of Energy*. <https://www.halliburton.com/>

- Herrera, B. (2004). Consideraciones para el Diseño Didáctico. *Revista Iberoamericana de Educación*, 1–20. http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07052003000100007&lng=en&nrm=iso&tlng=en
- Hoyos, W. (2010). *Un libro de Calidad*.
- Ishikawa, K. (1986). *¿Qué Es El Control Total de Calidad?*. https://books.google.com.co/books?id=MWGOXKteTQwC&printsec=frontcover&dq=inauthor:%22Kaoru+Ishikawa%22&hl=es-419&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
- Kelvin, Lord. (1870). *Lo que no se mide, no se puede mejorar*.
- Loggiodice, Z. (2010). La gestión del conocimiento como ventaja competitiva para las agencias de viajes y turismo en la nueva cadena de distribución turística. Caso de estudio: Venezuela. *Eumed*, 247. <http://www.eumed.net/tesis-doctorales/2012/zll/metodologia-investigacion.html>
- Otzen, T., & Manterola, C. (2017). Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio. *International Journal of Morphology*, 35(1), 227–232. <https://doi.org/10.4067/S0717-95022017000100037>
- SAP SE. (2023). *¿Qué es ERP? | Definición de planificación de recursos empresariales | SAP Insights*. <https://www.sap.com/latinamerica/insights/what-is-erp.html>
- Solano, Y., & Carabali, D. (2018). Mejoramiento del proceso de mantenimiento en la empresa Prodeca S. A. *Journal of Materials Processing Technology*, 1(1), 1–8. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cirp.2016.06.001><http://dx.doi.org/10.1016/j.powtec.2016.12.055><https://doi.org/10.1016/j.ijfatigue.2019.02.006><https://doi.org/10.1016/j.matlet.2019.04.024><https://doi.org/10.1016/j.matlet.2019.127252><http://dx.doi.org/10.1016/j.cirp.2016.06.001>
- Universidad Nacional Costa Rica. (n.d.). *Espacios de trabajos seguros y sostenibles*. 12.
- Vargas, A. J., Salazar, L. F., Pauwels, E. R., Carrazana, C., Senior, I. D. P., Plataforma, J. De, & Operaciones, D. (2020). *Gestión de operaciones procedimiento de inspección y aprobación de vehiculos y equipos en areas restringidas*.
- , A. H., Espinosa, N. G., Rodríguez, O. C., Fernández, O. J., & Santos, O. M. (2015). *Planeamiento Estratégico del Sector de Operación y Mantenimiento en Petróleo y Gas*. Tesis de

Maestría en Administración de Negocios Globales, Pontificia Universidad Católica del Perú y EADA Barcelona.

https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/14503/ROBA_YO_ESPINOSA_PLANEAMIENTO_PETROLEO.pdf?sequence=1

Villagra, A., De San Pedro, E., Lasso, M., & Pandolfi, D. (2008). Algoritmo Multirecombinativo para la Planificación Dinámica del Mantenimiento de Locaciones Petroleras. *Información Tecnológica*, 19(4), 63-70.

https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-0764200400009&script=sci_arttext&tlng=en

Arrustico Loyola, Johnny David. (2020). Propuesta de una gestión de mantenimiento de clase mundial para incrementar la productividad en refinerías de petróleo en el Perú. Tesis de maestría en Administración de Empresas, Escuela de Postgrado y Estudios Continuos, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú.

<https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/26149/Arrustico%20Loyola%2C%20Johnny%20David.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Avellaneda, M. (2021). Gestión con ERP SAP: Mantenimiento 4.0. (pp. 267-278). Cartagena: Universidad Politécnica de Cartagena.

https://www.researchgate.net/profile/Manuel-Avellaneda-Zamorano/publication/363866541_CAPITULO_XXI_GESTION_CON_ERP_SAP_MANTENIMIENTO_40/links/6332fbc586b22d3db4e88498/CAPITULO-XXI-GESTION-CON-ERP-SAP-MANTENIMIENTO-40.pdf

Tabares Rodríguez, N. (2022). Rediseño del Sistema de Operaciones para la Optimización del Mantenimiento de Herramientas de Perforación en una Empresa de Servicios Petroleros. Proyecto integral de grado para optar al título de Ingeniero Industrial. Fundación Universidad de América, Facultad de Ingenierías, Programa Ingeniería Industrial, Bogotá D.C.

<https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/8810/1/3171370-2021-2-II.pdf>

Mendoza Romero, E. J. (2022). Implementación de SAP PM para la gestión de mantenimiento del sistema de transmisión eléctrica CONENHUA. Trabajo de Suficiencia

Profesional para optar al Título Profesional de Ingeniero Electricista. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.

[http://38.43.142.130/bitstream/handle/20.500.12672/18634/Mendoza_re.pdf?
sequence=3](http://38.43.142.130/bitstream/handle/20.500.12672/18634/Mendoza_re.pdf?sequence=3)

Sulca Balboa, V. (2021). Implantación del sistema ERP SAP R/3 módulo PM (mantenimiento de planta) en centrales hidroeléctricas.

http://190.12.84.13/bitstream/handle/20.500.13084/6048/TESIS_SULCA_BALBOA_VANESSA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Rodríguez Torres, B. A. (2020). Práctica empresarial enfocada en mantenimiento a través de inspección, seguimiento y prevención en el área de refrigeración en los equipos presentes en la planta diamante DISTRAVES SA.

<http://repositorio.uts.edu.co:8080/xmlui/handle/123456789/4810>

Castañeda Moreno, O. D. (2020). Taxonomía de equipos de instrumentación y control en el erp-sap para el departamento de servicios industriales en la gerencia refinera de Barrancabermeja-Ecopetrol SA.

[https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/8834/1589_e_4%20\(1\).pdf?sequence=1](https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/8834/1589_e_4%20(1).pdf?sequence=1)

Tinjaca Henao, A. La adaptación del sistema empresarial SAP en industrias Colombianas, y la generación de empleo en la sociedad.

<https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/43918/TinjacaHenaoAlejandro2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Gutiérrez Villa, Y. A. (2023). Mejoras en la evaluación de la confiabilidad de las calificaciones mediante la plausibilidad. Trabajo de prácticas para optar al título de Ingeniera Electricista. Universidad de Antioquia, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Eléctrica, Medellín.

https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/36223/1/GutierrezYesika_2023_AlgoritmoPlausibilidadEquipos.pdf

Rodriguez Chia, A., & Leguizamon Romero, D. (2022). Diseño e implementación de un modelo de aprovisionamiento oportuno de repuestos para la atención de fallas en unidades de bombeo de hidrocarburos para el contrato estaciones cenit gestionado por Stork.

https://repositorio.unbosque.edu.co/bitstream/handle/20.500.12495/6520/Rodriguez_Chia_Adrian_2022.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Morales, M., & Wilston, H. (2020). Optimización de información de equipos en el módulo PM de SAP para el ingenio María Luisa SA.

http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/bitstream/20.500.12744/5180/1/Malagon_2020_TG.pdf

Laverde Madrid, J. S., & Rodríguez Sastoque, D. E. Implementación del módulo SAP PM para la empresa Eterna SA.

<https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/28735/LaverdeMadridJuanSebastian2021.pdf?sequence=1>

Colana Portugal, G. M. (2022). Control de activos eléctricos con SAP ERP módulo PM, caso empresa de transmisión eléctrica.

<https://repositorio.unsa.edu.pe/items/4d14faed-fda4-4d00-9e52-864afeeb8523>