

**PASANTÍA EMPRESARIAL
INFORME TÉCNICO
ESTANDARIZACIÓN DE LOS PROCESOS Y PRÁCTICAS DE MANTENIMIENTO
PREVENTIVO EN LA EMPRESA BRASERV PETRÓLEO SUCURSAL COLOMBIA
BASE ACACÍAS**



Por:
César Julián Gamboa Pérez



**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA
VILLAVICENCIO
2023**

**PASANTÍA EMPRESARIAL
INFORME TÉCNICO
ESTANDARIZACIÓN DE LOS PROCESOS Y PRÁCTICAS DE MANTENIMIENTO
PREVENTIVO EN LA EMPRESA BRASERV PETRÓLEO SUCURSAL COLOMBIA
BASE ACACÍAS**

Por:
César Julián Gamboa Pérez

Documento final presentado como opción de grado para optar al título profesional de
ingeniero mecánico

Aprobado por:
Ing. Daniel Julián Celis Parra, M.S.
Tutor Universidad

Ing. Johnary Rico Rincón, M.S.
Tutor Empresa

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA
VILLAVICENCIO
2023**

AUTORIDADES ACADÉMICAS

P. Álvaro José ARANGO RESTREPO, O.P.
Rector General

P. Mauricio Antonio CORTÉS GALLEGO, O.P.
Vicerrector Académico General

P. José Antonio BALAGUERA CEPEDA, O.P.
Rector Sede Villavicencio

P. Rodrigo GARCÍA JARA, O.P.
Vicerrector Académico Sede Villavicencio

Mg. JULIETH ANDREA SIERRA TOBÓN
Secretaria de División Sede Villavicencio

Ing. Jhon Jairo Gil Peláez
Decano Facultad de Ingeniería Mecánica

CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN.....	7
2	PERFIL DE LA EMPRESA.....	9
2.1	MISIÓN.....	10
2.2	VISIÓN.....	10
2.3	ALCANCE INSTITUCIONAL.....	10
2.4	DISCIPLINA OPERATIVA.....	10
2.5	ESTRUCTURA DE LOS EQUIPOS.....	11
2.6	ORGANIGRAMA.....	11
3	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	13
4	OBJETIVOS.....	15
4.1	OBJETIVO GENERAL.....	15
4.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
5	METODOLOGÍA.....	16
6	MARCO NORMATIVO.....	18
6.1	INDUSTRIAS DE PETRÓLEO, PETROQUÍMICA Y GAS NATURAL — RECOLECCIÓN E INTERCAMBIO DE DATOS DE CONFIABILIDAD Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS (ISO 14224:2016).....	18
6.1.1	BENEFICIOS DE LA RECOLECCIÓN E INTERCAMBIO DE DATOS.....	18
6.1.2	CALIDAD DE DATOS.....	19
6.1.3	LÍMITES DEL EQUIPO, TAXONOMÍA Y DEFINICIONES DE TIEMPO.....	19
6.1.4	DATOS RECOMENDADOS PARA EQUIPOS, FALLAS Y MANTENIMIENTO.....	20
6.2	NORMA SAE JA1011 – CRITERIOS DE EVALUACIÓN PARA PROCESOS DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD.....	20
6.2.1	FUNCIONES.....	21
6.2.2	MODOS DE FALLO.....	21
6.2.3	EFFECTOS DE FALLO.....	21
6.3	OPERACIÓN, INSPECCIÓN, MANTENIMIENTO, Y REPARACIÓN DE EQUIPOS DE PERFORACIÓN Y ESTRUCTURAS DE SERVICIO - PRÁCTICA 4G RECOMENDADA DE API.....	21
6.3.1	USO Y MANTENIMIENTO.....	22
6.3.2	INSPECCIÓN.....	22
7	ACTIVIDADES REALIZADAS.....	24
7.1	ANÁLISIS EMPRESA.....	33
7.2	ANÁLISIS PERSONAL.....	34
8	APORTES.....	36
9	LECCIONES APRENDIDAS.....	39
10	RECOMENDACIONES.....	41
11	CONCLUSIONES.....	42
12	REFERENCIAS.....	43
13	ANEXOS.....	45

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Tipos de inspección y frecuencias para estructuras de mantenimiento y servicio a pozo.	23
Tabla 2. Cronograma de actividades.....	24
Tabla 3. Aportes del estudiante.....	36
Tabla 4. Inconvenientes presentados.....	39
Tabla 5. Aspectos favorables.	39
Tabla 6. Recomendaciones sugeridas.	41

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Ubicación de RIGs en el territorio nacional.	9
Ilustración 2. Organigrama.	12
Ilustración 3. Metodología implementada.	16
Ilustración 4. Retroalimentación típica de análisis de confiabilidad recolectada y datos de mantenimiento.	19
Ilustración 5. Clasificación de la taxonomía con niveles taxonómicos.	20
Ilustración 6. Análisis DOFA Empresa.	34
Ilustración 7. Análisis DOFA Personal.	35

1 INTRODUCCIÓN

En la competitiva industria del workover en Colombia, el papel del mantenimiento es de vital importancia, ofrece una garantía en la eficiencia, seguridad y rentabilidad de las operaciones las cuales se basan en gran medida en el estado óptimo de los equipos y sistemas involucrados en las actividades diarias, el mantenimiento adecuado es un pilar fundamental que asegura la continuidad de las operaciones, prolonga la vida útil de los activos y previene costosas interrupciones no planificadas. Asimismo, la seguridad de los trabajadores y la reducción de riesgos operacionales dependen en gran medida de la calidad y el rigor del mantenimiento implementado, en esta industria en constante evolución y adaptación, el mantenimiento no es solo una función de apoyo, además, es un factor crítico que determina el éxito de las empresas [1].

El mantenimiento se vuelve aún más importante cuando se desarrolla y ejecuta siguiendo procedimientos bajo los estándares previamente definidos por las empresas, este enfoque metódico permite una comprensión completa de los equipos y sistemas, lo que facilita la adaptación de procedimientos específicos para abordar necesidades particulares de manera precisa [2].

En Braserv Petróleo base Acacías la falta de aplicación de la disciplina operativa enfocada a mantenimiento resulta en la carencia de metodologías y procedimientos destinados al registro y seguimiento de las actividades de mantenimiento, la omisión en el seguimiento de actividades clave y falta de uniformidad con los modelos de disciplina operativa genera efectos adversos en el incremento de riesgos operacionales como resultado de la ejecución prolongada de mantenimiento autónomo sin seguir procedimientos técnicos previamente diseñados y verificados, es por esto que se plantea estandarizar los procesos y prácticas de mantenimiento para los equipos de Braserv Petróleo Sucursal Colombia base Acacías bajo los estándares de disciplina operativa.

La estandarización de procedimientos de mantenimiento en Braserv Petróleo Ltda. Sucursal Colombia base Acacías busca asegurar la uniformidad y consistencia en las operaciones de mantenimiento, cumpliendo con normativas y parámetros del fabricante siempre apuntando a las mejores prácticas de la industria. Del mismo modo, la comunicación efectiva de los procedimientos en el campo impulsa a que los trabajadores estén plenamente informados y capacitados, mientras que la supervisión constante durante las actividades de mantenimiento permite afianzar el cumplimiento de los procedimientos y la calidad del trabajo realizado.

El diseño de los procedimientos de mantenimiento se lleva a cabo bajo el acompañamiento y supervisión del personal más calificado del área de mantenimiento, con miras a dar cumplimiento con el programa de disciplina operativa iniciando con las etapas de divulgación y validación de competencias donde los supervisores mecánicos son el público objetivo demostrando su

compromiso con el programa al prestar su total atención y participación durante el desarrollo del proceso, de esta forma contribuyendo al mejoramiento continuo del programa de disciplina operativa enfocada a mantenimiento.

El presente documento se compone inicialmente de un capítulo destinado a la descripción del perfil de la empresa donde se desarrolla la pasantía, subsiguientemente, se continúa al siguiente capítulo con la formulación del problema donde se aborda la problemática principal a tratar y se da origen a la construcción de los objetivos general y específicos, en ese orden, se explica la metodología usada para abordar la problemática y dar cumplimiento a los objetivos y posteriormente se da a conocer el marco normativo bajo el cual se desarrollan las actividades de la pasantía y las actividades de mantenimiento en la empresa. En el capítulo de aportes se mencionan los entregables realizados de inicio a fin relacionándolos con un aspecto técnico o administrativo junto con el impacto dentro de la compañía, en la sección de actividades realizadas se mencionan las actividades hechas por semana con los objetivos específicos planteados, el documento finaliza con los capítulos de lecciones aprendidas, recomendaciones y conclusiones.

2 PERFIL DE LA EMPRESA

Braserv Petróleo Ltda. Sucursal Colombia, es una empresa internacional que opera con oficina principal en Bogotá, Colombia, y forma parte del grupo empresarial JPOil Holdings LLC, con su sede en los Estados Unidos con más de cuatro décadas de experiencia en el sector de hidrocarburos, el cual se ha expandido a diversos estados de norte américa y américa del sur [3].

La sucursal en Colombia acumula más de una década de experiencia en el país, enfocándose en operaciones relacionadas con workover (acciones especializadas realizadas en pozos de petróleo y gas para mantener, reparar o mejorar su producción), completamiento y mantenimiento de pozos de petróleo ofreciendo servicios de alta calidad y aplica las normativas más estrictas en términos de seguridad, calidad y sostenibilidad ambiental permitiendo garantizar el cumplimiento de los objetivos técnicos, financieros y de HSEQ (Salud, Seguridad, Medio Ambiente y Calidad) de todos sus clientes [3].

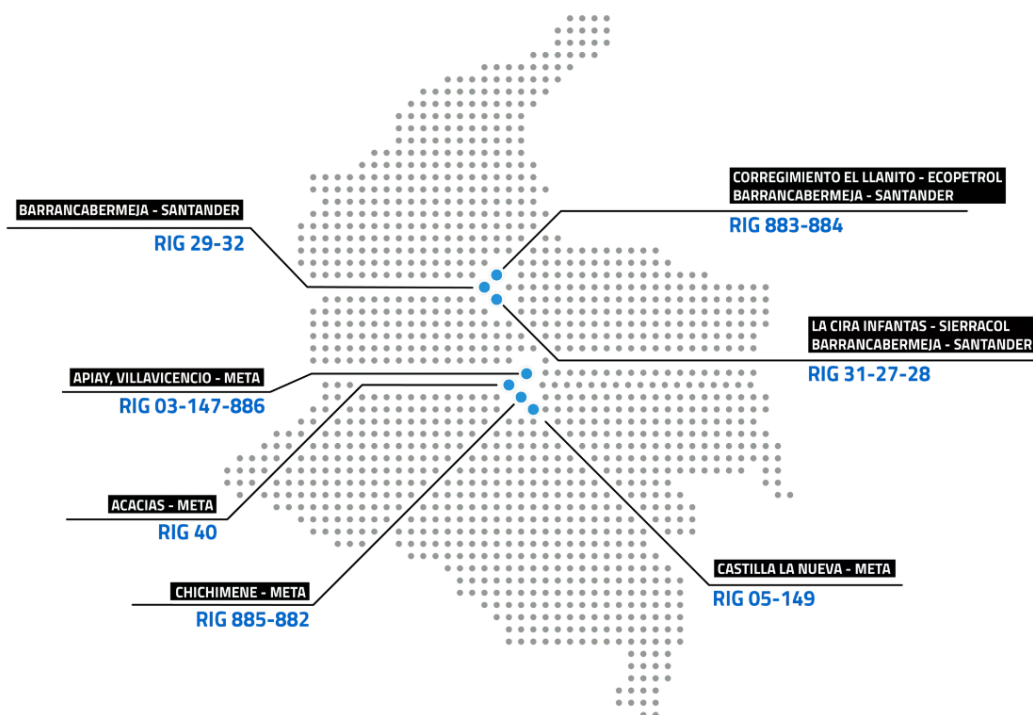


Ilustración 1. Ubicación de RIGs en el territorio nacional.

Fuente: BRASERV COLOMBIA, 2023 [4].

Las operaciones en Colombia comenzaron en 2012 con cuatro equipos de alta tecnología para workover, los excelentes resultados y la eficiencia de sus operaciones, han logrado expandir la flota a quince equipos en el país. Además, de ofrecer servicios a través de una gestión empresarial que asegura operaciones eficientes y respetuosas con el medio ambiente para los clientes (Ecopetrol,

Petrobras, Hocol, SierraCol energy, Geopark y Perenco) [5]. En la actualidad, están acreditados y certificados bajo las normativas ISO 9001, ISO 14000, OHSAS 45000, y cuentan con la calificación del Consejo Colombiano de Seguridad RUC, esto garantiza que todos los procesos cumplen con los más altos estándares de calidad, seguridad, salud y sostenibilidad ambiental comprometidos con la excelencia en todas sus operaciones [6].

2.1 MISIÓN

Proporcionar servicios de pozo, terminación e intervención eficaces, eficientes y socialmente responsables a la industria del petróleo y gas con un compromiso hacia el crecimiento económico sostenible basado en las habilidades y capacidades del talento humano según altos estándares de calidad, seguridad laboral y control ambiental [3].

2.2 VISIÓN

Ser reconocida como una empresa de alta calidad y ser la empresa líder en servicios de workover en Colombia, con base en mantener una disciplina organizacional excepcional y competir con lealtad, ética y transparencia en todos los niveles y áreas de operación. La empresa aspira a ser altamente valorada por sus empleados gracias a su gestión efectiva, resiliente y a garantizar soluciones de calidad para sus clientes [3].

2.3 ALCANCE INSTITUCIONAL

Posicionarse como especialista en la prestación de servicios de intervención a pozos de petróleo y gas utilizando equipos de workover, su experiencia abarca operaciones de completamiento, mantenimiento, reacondicionamiento y completamiento de pozos, la eficiencia operativa ha quedado demostrada a lo largo del tiempo, lo que les permite garantizar un crecimiento sostenible basado en la capacidad y destreza de su talento humano [5].

2.4 DISCIPLINA OPERATIVA

La empresa reafirma su compromiso de cumplir con los estándares de la organización, seguir los procedimientos de manera rigurosa y promover prácticas óptimas en todos sus niveles. Lidera a su personal para que comprenda y valore la importancia de su trabajo como parte integral de un esfuerzo colectivo para la excelencia operativa. El programa de disciplina operativa se basa en un ciclo de mejora constante: cumplimiento, comunicación, disponibilidad y calidad. Uno de los pilares fundamentales de la organización es fomentar una cultura de seguridad, que mejora la colaboración en equipo a través de relaciones interdependientes y comunicativas y reduce el nivel de riesgo en las operaciones [7].

2.5 ESTRUCTURA DE LOS EQUIPOS

La empresa opera con equipos de vanguardia, versátiles y capaces de llevar a cabo intervenciones en pozos de petróleo y gas natural cumpliendo con las normativas internacionales, los requisitos legales de Colombia y los acuerdos contractuales con sus clientes. La flota está equipada con tecnología de vanguardia, centrada en la mitigación de riesgos y la mejora de la eficiencia operativa con el objetivo de consolidarse como la empresa líder en el sector petrolero del país, estableciendo una conexión positiva entre su entorno y la empresa. Los equipos estándar LoadCraft LCI 550, Ideco Rambler y Service King 675 se componen de un mástil con capacidades que varían entre 150,000 y 315,000 libras, montado sobre un transportador autopropulsado, esta configuración, junto con las cargas de movimiento rápido garantiza desplazamientos seguros y eficientes en cualquier campo petrolero del país, las cargas de movimiento rápido incluyen bombas de lodo, tanques de lodo, conjuntos de generadores, subestructuras, manipuladores de tubería, remolques de herramientas y campamentos implementando una rigurosa política de gestión de activos que fomenta una operación, seguimiento y mantenimiento de equipos con altos estándares de desempeño. El programa de mantenimiento y los procedimientos operativos cumplen con las normas API (American Petroleum Institute) y están enfocados en preservar la integridad mecánica y la confiabilidad operacional, respaldados por un equipo de personal altamente calificado [8].

2.6 ORGANIGRAMA

Para comprender la estructura organizacional de Braserv Petróleo Ltda. Sucursal Colombia y su funcionamiento interno, es esencial examinar su organigrama el cual, es una representación visual de la jerarquía en la empresa y las relaciones funcionales entre departamentos y equipos

3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

En la industria de explotación de hidrocarburos, los equipos y maquinarias son críticos para la continuidad de las operaciones. Por tanto, el mantenimiento preventivo y planificado de estos equipos es fundamental para garantizar su disponibilidad y prolongar su vida útil [10]. En la región del meta, la compañía BRASERV Petróleo Sucursal Colombia base Acacias, presta servicios de reacondicionamiento, complementario e intervención de pozos para la industria del petróleo y gas con miras a ser reconocidos como una empresa de calidad superior siendo la principal compañía de servicios de workover de Colombia alineados a la disciplina organizacional [3].

La ausencia de seguimiento y actualización en los procedimientos de mantenimiento preventivo, tanto en la recopilación de información como en la participación del personal directamente involucrado con los equipos (supervisores mecánicos y supervisores electricistas), constituye un desafío significativo para identificar acciones preventivas o correctivas y para implementar mejoras continuas en los procesos de mantenimiento [11].

Actualmente, en esta empresa, la falta de implementación de la disciplina operativa enfocada a mantenimiento influye en la carencia de metodologías y procedimientos destinados al registro y seguimiento de las actividades de mantenimiento atribuida principalmente a la carencia de documentación adecuada y seguimiento actividades tales como evaluación de riesgos del procedimiento, alistamiento de elementos de protección personal, selección de herramienta, identificación de la ficha técnica del equipo a intervenir, etc. Además, en BRASERV PETRÓLEO, se ha identificado una falta de estandarización en las prácticas y procedimientos de mantenimiento preventivo, los cuales no están alineados con los modelos de disciplina operativa establecidos en la compañía.

Aunado a esto, la carencia en la documentación y seguimiento de actividades clave y falta de uniformidad con los modelos de disciplina operativa genera efectos adversos en el incremento de riesgos operacionales como resultado de la ejecución prolongada de mantenimiento autónomo sin seguir procedimientos técnicos previamente diseñados y verificados.

Sin procedimientos de mantenimiento preventivo regularizados bajo los estándares de BRASERV PETRÓLEO y el fabricante, los equipos y sistemas corren el riesgo de presentar un mal funcionamiento, como fallas no detectadas que pueden incurrir en interrupciones de los procesos de producción generando altos costos en los tiempos de la empresa y obstaculizando los permisos para la ejecución de actividades en las áreas de operación. La falta de procedimientos estandarizados dificulta la identificación de posibles problemas que pueden tener una detección temprana de igual modo la carencia de medidas preventivas reduce la recopilación

sistemática y estructurada de los datos e información que se relacionan con el manteniendo realizado, lo que dificulta la generación de informes y análisis precisos.

El problema para obtener información confiable puede afectar la toma de decisiones dentro de la planificación de las actividades de mantenimiento, de igual manera puede llegar a afectar negativamente la seguridad de los trabajadores al no tener lineamientos claros y consistentes de un procedimiento estandarizado, aumentando el riesgo de errores humanos, accidentes laborales y potenciales daños ambientales [12].

4 OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Estandarizar los procesos y prácticas de mantenimiento para los equipos de BRASERV Petróleo Sucursal Colombia base Acacías bajo los estándares de disciplina operativa generando un soporte documental para el seguimiento del mantenimiento.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Analizar las técnicas y registro documental del mantenimiento en la empresa BRASERV Petróleo Sucursal Colombia base Acacías identificando las principales áreas de oportunidades dadas.
2. Adaptar los procesos de mantenimiento preventivo estándar de los equipos de BRASERV Petróleo Sucursal Colombia base Acacías.
3. Supervisar y documentar la implementación de las prácticas de mantenimiento en las estructuras o plataformas especialmente diseñadas y equipadas para la perforación y extracción de petróleo y gas (RIG).

5 METODOLOGÍA

En la ejecución de la estandarización, adaptación y seguimiento de procedimientos de mantenimiento preventivo se contó con el apoyo de la división HSEQ encargada de evaluar la calidad de las operaciones y el área de operaciones a través de la disciplina operativa donde se estableció un procedimiento estándar de la compañía para el desarrollo del proyecto el cual incluye las etapas de disponibilidad, calidad, comunicación y cumplimiento (DICACOCU). La información de las prácticas y las fichas técnicas de los equipos se obtuvieron del software de mantenimiento empleado por la compañía Emaint X4.

A continuación, se describe la metodología utilizada para dar solución a la problemática mencionada en la siguiente ilustración.

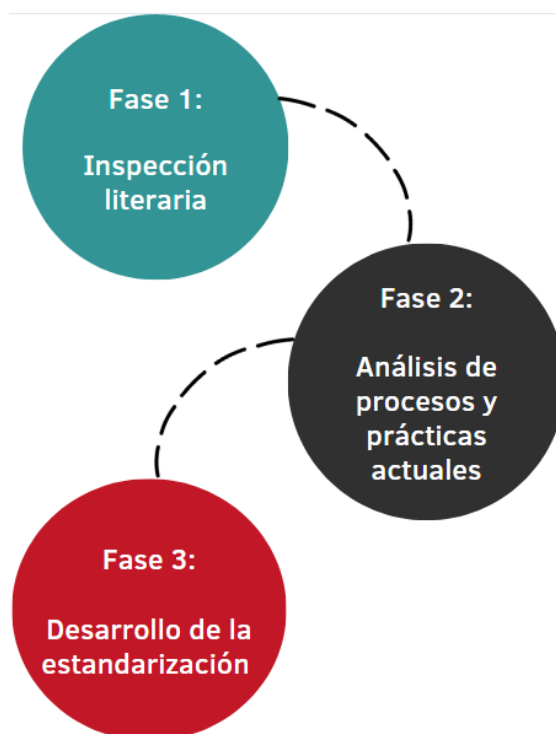


Ilustración 3. Metodología implementada.
Fuente: Autor

Fase 1 Inspección literaria: Se revisó la base de datos de EMAINT X4, donde se contenía información detallada sobre los equipos de la compañía; se identificaron y seleccionaron los equipos relevantes para el análisis y mantenimiento; se obtuvo una lista completa de los equipos y sus características principales; se verificó la existencia de documentos de gestión del mantenimiento de cada equipo seleccionado; se revisaron los procedimientos disponibles, en caso de que existieran, y los manuales de usuario o mantenimiento proporcionados por los

fabricantes de los equipos; se verificó si estaban disponibles en formato digital o físico, y se organizó la información en la base de datos del área de recursos físicos.

Fase 2 Análisis de procesos y prácticas actuales: Se analizó la obtención de los procedimientos y protocolos utilizados en la compañía para el mantenimiento de los equipos. Además, se diagnosticó la estructura, el contenido y la aplicabilidad de los procedimientos existentes. Simultáneamente, se identificaron posibles desviaciones entre las prácticas actuales y las recomendaciones de los fabricantes o las mejores prácticas de la industria.

Posteriormente, después del diagnóstico, se establecieron los aspectos de mejora y se formularon recomendaciones para optimizar los procesos de mantenimiento. Se registraron los hallazgos obtenidos durante el análisis de los procesos y las prácticas actuales, y finalmente, se documentaron las mejoras propuestas.

Fase 3 Desarrollo de la estandarización: Como etapa final de la pesquisa, la fase tres se centró en la estructuración de procedimientos basados en criterios técnicos de fácil comprensión para todos los colaboradores de la empresa.

Posteriormente, se definieron las actividades relacionadas con el mantenimiento operativo, como inspecciones, lubricación, ajustes, reparaciones, entre otros. También se establecieron los requisitos para el uso de elementos de protección personal y el manejo de residuos asociados a cada intervención. Luego, se presentó el formato al área encargada, que verificó la información.

Finalmente, se compartió la información recopilada y adaptada con todo el personal técnico del departamento de mantenimiento. Se evaluó la comprensión de la información presentada de forma individual mediante un test preestablecido. Esto se hizo para llevar a cabo las tareas descritas de manera ideal, con acciones estandarizadas según las prácticas de los manuales operativos de los equipos y la experiencia particular de cada colaborador.

6 MARCO NORMATIVO

El mantenimiento en la industria del petróleo, especialmente en operaciones de workover, es crítico para mantener la confiabilidad y la seguridad de los activos utilizados en este campo, a continuación, se destacan las normas clave bajo las cuales el área de recursos físicos basa su funcionamiento siguiendo lo más altos estándares nacionales e internacionales, mismas normas que guiaron la ejecución del proyecto durante la pasantía.

6.1 INDUSTRIAS DE PETRÓLEO, PETROQUÍMICA Y GAS NATURAL — RECOLECCIÓN E INTERCAMBIO DE DATOS DE CONFIABILIDAD Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS (ISO 14224:2016)

En las industrias de petróleo, petroquímica y gas industrial, se ha incrementado la atención en la seguridad y mantenibilidad de los equipos, la falta de disponibilidad de equipos genera costos significativos, pero se han logrado mejoras. Ahora se enfatiza más en diseños y costos efectivos, y los datos de fallas y mantenimiento son esenciales, es crucial compartir esta información entre las partes involucradas utilizando varias metodologías para evaluar riesgos y desempeño. La recopilación de datos debe ser una actividad a largo plazo con metas claras y así mismo la claridad en las causas de fallas es vital para priorizar acciones correctivas junto con la estandarización y gestión electrónica de datos mejoran contribuyendo a un estándar que facilite la recopilación y el intercambio de información entre las partes relevantes en toda la industria [13].

6.1.1 Beneficios de la recolección e intercambio de datos

Los análisis de datos de confiabilidad ofrecen una amplia gama de beneficios que pueden transformar la gestión de activos y la operación de instalaciones a nivel global, estos beneficios incluyen [14]:

- Optimización del calendario de inspecciones y revisiones
- Mejora en los procedimientos de mantenimiento
- Análisis de costos del ciclo de vida
- Toma de decisiones mejorada
- Reducción de fallas catastróficas
- Impacto ambiental reducido
- Mayor disponibilidad de unidades de proceso

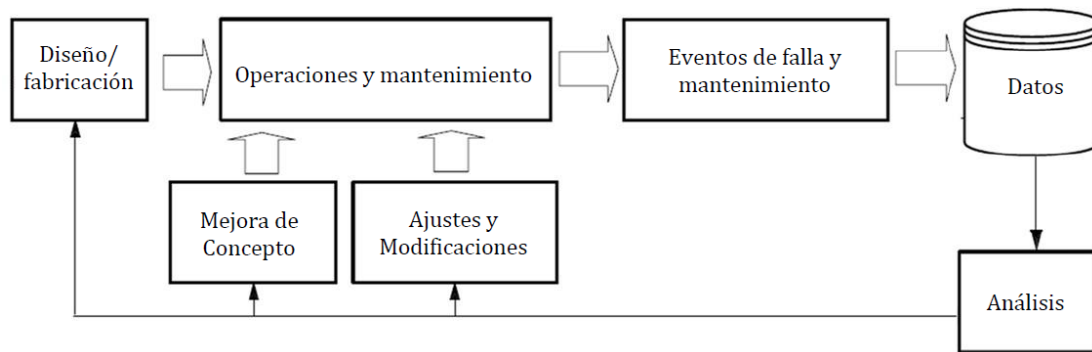


Ilustración 4. Retroalimentación típica de análisis de confiabilidad recolectada y datos de mantenimiento.

Fuente: ISO 14224:2016 [13].

6.1.2 Calidad de datos

Los datos de alta calidad en el contexto de la gestión de la confiabilidad y mantenimiento (RM) se caracterizan por los siguientes aspectos clave [15]:

- Precisión
- Integridad
- Consistencia
- Relevancia
- Actualidad
- Confiabilidad
- Completitud
- Organización
- Verificabilidad

6.1.3 Límites del equipo, taxonomía y definiciones de tiempo

Una descripción precisa y clara de los límites es esencial cuando se trata de la recolección, recopilación y análisis de datos de confiabilidad y mantenimiento (RM) de diversas industrias, plantas o fuentes, establecer estos límites tiene múltiples beneficios y es fundamental por las siguientes razones [16]:

- Comunicación efectiva
- Evitar datos incompatibles
- Calidad de datos
- Facilitar el análisis
- Mejorar la eficiencia

La taxonomía es una clasificación sistemática de elementos en grupos genéricos según factores compartidos como ubicación, uso y subdivisión de equipos, en el

contexto de este estándar internacional, se establece una jerarquía para la recopilación de datos relevantes, como se ilustra en la ilustración 5.

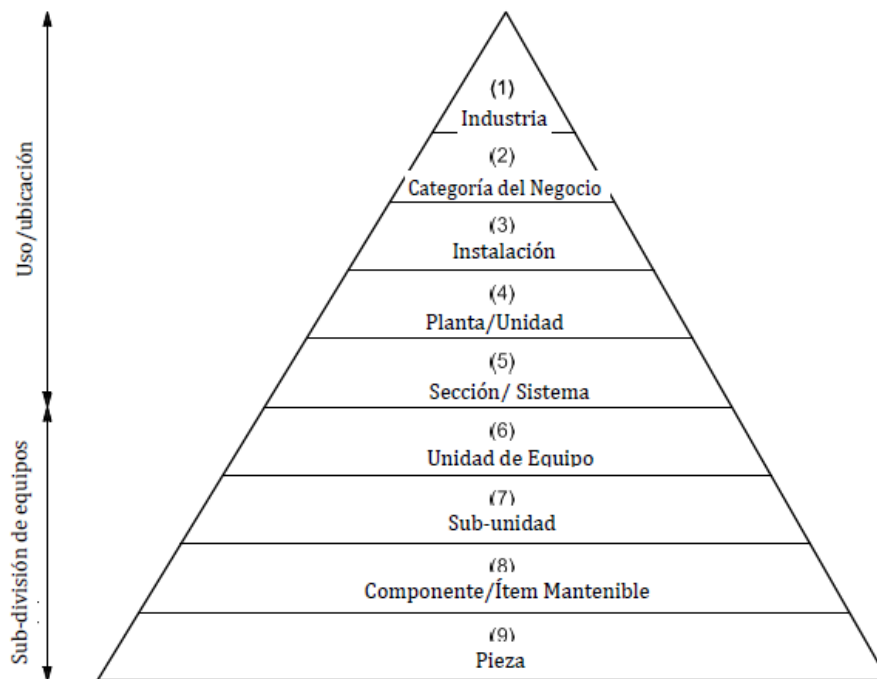


Ilustración 5. Clasificación de la taxonomía con niveles taxonómicos.

Fuente: ISO 14224:2016 [13].

6.1.4 Datos recomendados para equipos, fallas y mantenimiento

La recolección de datos de confiabilidad y mantenimiento (RM) debe llevarse a cabo de manera organizada y estructurada, las categorías de datos esenciales relacionados con equipos, fallas y mantenimiento son las siguientes [17]:

- Datos de inventario
- Datos de clasificación
- Datos adicionales
- Datos de falla
- Datos de mantenimiento

6.2 NORMA SAE JA1011 – CRITERIOS DE EVALUACIÓN PARA PROCESOS DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

Desarrollada por la Sociedad de Ingenieros de Automoción (SAE) enfocada hacia la gestión de confiabilidad y mantenimiento, proporciona un marco sólido y sistemático para evaluar y mejorar la confiabilidad de sistemas y equipos industriales al enfocarse en la identificación y análisis de las causas subyacentes de fallas, la SAE JA1011 establece pautas y prácticas recomendadas para ayudar

a las organizaciones a optimizar la disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad de sus activos, lo que se traduce en una operación más segura, rentable y eficiente [18].

6.2.1 Funciones

Es vital conocer y tener una clara definición de todas las funciones del equipo o sistema, incluyendo funciones primarias y secundarias junto con las normas bajo la cual el equipo opera dentro del rango deseado por el propietario del recurso [18].

6.2.2 Modos de fallo

Comprender todos los posibles fallos del equipo y mantener una constante búsqueda para identificar las posibles causas de dichos fallos es esencial, asimismo, se deben abordar estos fallos siguiendo una política de gestión de fallos claramente definida, teniendo en cuenta el historial del equipo y los fallos que hayan ocurrido anteriormente garantizando su prevención mediante los programas de mantenimiento existentes [18].

6.2.3 Efectos de fallo

Los efectos de fallo adquieren una relevancia crítica en la gestión de sistemas y equipos, se busca proporcionar un enfoque estructurado para evaluar los impactos de los fallos hacia la funcionalidad, seguridad, operaciones y medio ambiente, comprender a fondo los efectos de fallo facilita tomar medidas preventivas y correctivas más efectivas [18].

6.3 OPERACIÓN, INSPECCIÓN, MANTENIMIENTO, Y REPARACIÓN DE EQUIPOS DE PERFORACIÓN Y ESTRUCTURAS DE SERVICIO - PRÁCTICA 4G RECOMENDADA DE API

La norma API RP 4G, también conocida como "*Recommended Practice for Operation and Maintenance of Drilling and Well Servicing Structures*," es una guía esencial establecida por el American Petroleum Institute (API) para garantizar la seguridad y el funcionamiento adecuado de las estructuras utilizadas en la perforación y el mantenimiento de pozos de petróleo y gas, ofrece pautas detalladas para la operación, inspección y mantenimiento de derricks (torres de armazón metálico), mástiles, plataformas y otras estructuras empleadas en la industria de la perforación, se detallan los procedimientos recomendados para la inspección, el mantenimiento preventivo y la evaluación de la integridad de las estructuras, junto con las directrices para la capacitación del personal y la documentación adecuada de los procesos, de este modo la API RP 4G es una referencia invaluable para empresas y profesionales involucrados en la industria del petróleo y gas, ya que contribuye significativamente a la seguridad y eficiencia en las operaciones de perforación y mantenimiento de pozos [19].

6.3.1 Uso y mantenimiento

El mantenimiento de los equipos implica llevar a cabo tareas como ajustes, limpieza, lubricación y sustitución de piezas desgastadas, la complejidad de estas actividades y los posibles riesgos de seguridad deben ser tenidos en cuenta al asignar los recursos adecuados, como instalaciones y equipos.

La seguridad en la operación de las estructuras de perforación y mantenimiento de pozos depende de la adecuación de la base para soportar las cargas aplicadas y es esencial considerar tanto las cargas ambientales como las dinámicas, la carga de diseño requerida para los cimientos debe ser la suma del peso de la propia estructura de perforación o del equipo de mantenimiento, el peso de la maquinaria y equipos instalados sobre ella, la carga máxima del gancho o la carga rotativa de la estructura, las fuerzas generadas por un cable de sujeción externo y la máxima carga de retroceso, Esto garantiza que la base esté preparada para soportar todas las fuerzas y garantiza una operación segura [20].

6.3.2 Inspección

El objetivo de las inspecciones es la detección de cualquier tipo de desperfecto el cual puede indicar una falla inminente del equipo, existen cuatro niveles o categorías de inspección las cuales se exponen a continuación junto con su frecuencia de inspección [19].

- **Categoría I:** El inspector categoría I requiere que todo el personal que esté involucrado en actividades en la torre, incluyendo mecánicos, soldadores, el equipo de perforación y personal de supervisión, esté sometido a un entrenamiento continuo, esto es esencial para que estén capacitados y puedan realizar inspecciones visuales de manera efectiva, el constante entrenamiento garantiza que el personal esté preparado para llevar a cabo estas inspecciones con precisión y seguridad [20].
- **Categoría II:** El inspector de categoría II es nombrado por el propietario o usuario de la torre y posee la experiencia y conocimientos adecuados en mástiles o torres de perforación petrolera. Por lo general, esta persona tiene experiencia en el campo y ha ocupado cargos como superintendente, ingeniero residente o supervisor de perforación, su responsabilidad principal es llevar a cabo o supervisar inspecciones de categoría I y II, según lo requiera la situación, su experiencia y conocimiento garantizan la idoneidad para desempeñar esta función crucial en la inspección y el mantenimiento de las torres de perforación y torres de servicio a pozo [20].
- **Categoría III:** El inspector de categoría III es seleccionado por el propietario o usuario de la torre, o bien por una empresa externa, demostrando experiencia, formación y un conocimiento adecuado en los criterios establecidos para la categoría III de inspección, las personas que suelen

calificar para este rol incluyen ingenieros, técnicos especializados en ensayos no destructivos (END), técnicos certificados ASNT Nivel II o personal con experiencia avanzada, como superintendentes de pozos, gerentes de plataforma o gerentes de operaciones. Su función principal es supervisar inspecciones de categoría I y II, o llevar a cabo inspecciones de categoría III y IV, según sea necesario, su experiencia y conocimientos sólidos garantizan la calidad en la realización de estas inspecciones críticas [20].

- **Categoría IV:** El inspector de categoría IV debe ser un ingeniero profesional con experiencia en mástiles o torres de perforación, un representante del fabricante del equipo original o un representante autorizado de otro fabricante de estructuras de perforación. Además, el inspector de categoría IV debe cumplir con los requisitos de un inspector de categoría III y poseer la experiencia, formación y conocimientos adecuados para llevar a cabo o supervisar directamente inspecciones de categoría IV [20].

En particular, para realizar inspecciones de categoría IV, se requiere que los ensayos no destructivos (END) sean realizados, como mínimo, por personal certificado como Técnico ASNT Nivel II o equivalente, la inspección visual de las soldaduras para la categoría IV debe ser realizada por personal capacitado y certificado, la designación de inspector de categoría IV es esencial para garantizar la integridad y seguridad de las torres de perforación, y se basa en la experiencia, formación y conocimientos técnicos sólidos [21].

Tabla 1: Tipos de inspección y frecuencias para estructuras de mantenimiento y servicio a pozo.

Categoría de inspección	Frecuencia	Documentación
I	Diariamente	Opcional
II	Durante el izaje de la torre	Opcional
III	Cada 730 días de operación o 3 años calendario (lo que ocurra primero)	Archivo del equipo (se recomienda incluir el Anexo aplicable de la norma API RP4G)
IV	Cada 3.650 días de operación o 13 años calendario (lo que ocurra primero)	Archivo del equipo (se recomienda incluir el Anexo aplicable de la norma API RP4G)

Fuente: Práctica recomendada LADS COLOMBIA [21].

7 ACTIVIDADES REALIZADAS

A continuación, se presenta el cronograma de actividades realizadas por semana para la ejecución del proyecto donde se describen y relacionan con el objetivo propuesto respectivamente, las evidencias de las actividades descritas se podrán encontrar en la sección de anexos, por otro lado, los procedimientos y/o entregables desarrollados a la empresa son almacenados en medio físico, magnético y cargados a la base de datos SoftExpert donde quedan al alcance de cualquier miembro de la organización.

Tabla 2. Cronograma de actividades.

Fecha	Descripción	Objetivo propuesto
02/05-05/05	<p>Se realiza la firma del contrato como pasante universitario y se efectúa la afiliación a la ARL y EPS, posteriormente se recibe la inducción por parte del departamento de gestión humana y el departamento HSEQ de la empresa, por otro lado, el superintendente lleva a cabo la inducción del cargo a desempeñar como ingeniero de mantenimiento con las siguientes funciones principales:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo de los procedimientos de mantenimiento. • Apoyo y acompañamiento a las inspecciones en los RIG. <p>Se recibe la dotación, incluyendo: Overol, casco, botas de seguridad, impermeable, guantes de seguridad, tapa oídos y gafas de seguridad.</p> <p>Con el acompañamiento del ingeniero de integridad se realiza un primer acercamiento al software Emaint X4, el cual almacena toda la información relacionada con el mantenimiento en los equipos, identificando las máquinas y equipos que serán el objetivo de estudio durante la pasantía.</p>	Objetivo 1
08/05-12/05	<p>A través del software Emaint X4, se inicia el proceso de identificación y selección de las máquinas y sistemas a estudiar, con el objetivo de familiarizarse con los equipos en campo.</p> <p>Se realiza la primera visita al RIG 885 ubicado en la zona Castilla Norte. Durante esta visita, se realiza un recorrido por todo el RIG junto con el superintendente, con el fin de conocer de cerca los sistemas y máquinas que forman parte de la operación de workover. Ver anexo A.</p>	Objetivo 1
13/05 – 19/05	<p>Utilizando el software de mantenimiento Emaint X4, se generó un listado de máquinas y/o equipos a estudiar, siguiendo las recomendaciones del superintendente y las necesidades operativas actuales. El listado se organizó en función del orden de creación de los procedimientos de mantenimiento. Las máquinas y/o equipos seleccionados son los siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Malacate principal de unidad básica LoadCraft 550 	Objetivo 1

	<ul style="list-style-type: none"> • Malacate principal de unidad básica Service King 675 • Motores Detroit serie 60 • Motores CAT C15 • Motores Cummins serie C • Motores Kubota serie D • Motores Perkins serie 1000 • Motores Scania DC13 • Servotransmisión Allison serie 3000-4000-5000 • Servotransmisión CAT CX31-P600 	
<p>22/05 – 26/05</p>	<p>Durante esta semana, se llevó a cabo la búsqueda y consulta en los medios de almacenamiento de información digitales de procedimientos de mantenimiento previamente desarrollados. El objetivo fue utilizarlos como guía u orientación para el diseño de los nuevos procedimientos. Se encuentran en inspección los siguientes procedimientos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • PR-RF-01 Mantenimiento Preventivo Motores Diesel • PR-RF-02 Mantenimiento Preventivo Servo transmisiones • PR-RF-03 Instalación y desinstalación de sistema LESS FUEL • PR-RF-04 Instalación y medición de sistemas puesta a tierra • PR-RF-09 Mantenimiento Sistema Hidráulico • PR-RF-11 Calibración Del Sistema De Frenos En Malacates • PR-RF-15 Mantenimiento preventivo Malacates <p>Se lleva a cabo la consulta y búsqueda de información necesaria para el desarrollo de los procedimientos, siguiendo los estándares establecidos por la empresa.</p> <p>Se consultaron los siguientes documentos para obtener la información requerida:</p> <ul style="list-style-type: none"> • PG-RF-02 PROGRAMA DISCIPLINA DE MANTENIMIENTO • FO-HSEQ-04 MATRIZ IDENTIFICACIÓN ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTALES • FO-HSEQ-056 RIESGOS-PELIGROS • PR-HSEQ-01 INFORMACIÓN DOCUMENTADA • PR-HSEQ-02 CONTROL DE INFORMACIÓN DOCUMENTADA • PR-HSEQ-026 PROCEDIMIENTO BLOQUEO Y ETIQUETADO • PL-HSEQ-09 PLAN DE MANEJO DE REIDUOS 	<p>Objetivo 1</p>
<p>29/05 – 02/06</p>	<p>Durante esta semana, se realiza la consulta en la información digitalizada de la empresa para acceder a los manuales de servicio, operación y mantenimiento de las máquinas y equipos previamente mencionados. Los manuales consultados son los siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • LoadCraft LCI 550 manual 	<p>Objetivo 1</p>

	<ul style="list-style-type: none"> • Service King SK675 PARTS & SERVICE manual • Manual del operador Scania D13 • Detroit Serie 60 Application and installation manual • Manual de servicio Cummins serie C • Operator's manual Kubota Motors • Manual de taller Motores Perkins • Service manual Allison Transmission • Operation and maintenance manual CX31 CAT <p>Se visitan los RIG 885 y RIG 05 haciendo acompañamiento durante las actividades de inspección por parte de los supervisores de mantenimiento, en las visitas se revisan los sistemas de frenado de emergencia del malacate principal (Twin Stop y Crown-o-matic) y sistema de acumuladores.</p>	
05/06 – 09/06	<p>Durante esta semana, se realizaron visitas a los RIG con el objetivo de revisar los aspectos clave para el desarrollo de los procedimientos de mantenimiento preventivo. El enfoque principal de estas visitas fue identificar la dirección y el enfoque de los procedimientos, buscando desarrollarlos de manera general para un conjunto de máquinas del mismo tipo.</p> <p>Se desarrolla el primer procedimiento, PR-RF-11 CALIBRACIÓN DEL SISTEMA DE FRENADO EN MALACATES SERVICE KING 675 & LOADCRAFT 550. La verificación del procedimiento PR-RF-11 se hace con la ayuda de los supervisores de mantenimiento y supervisores mecánicos garantizando que los procedimientos tuvieran un contenido amigable y fácil de entender por parte de los operarios en campo.</p> <p>Se desarrolla y ajustan los procedimientos de trabajos de soldadura, instalación de brake blocks.</p>	Objetivo 1 y 2
12/06 – 16/06	<p>Inicia la etapa de divulgación (exponer la información contenida en el procedimiento) del procedimiento PR-RF-11 en los RIG de Chichimene y Castilla. La validación de competencias se lleva a cabo con el respectivo supervisor mecánico de RIG inmediatamente después de realizar la divulgación con base en el formato FO-GH-49. Ver anexo B.</p> <p>Se visitan los RIG 149 y RIG 40 haciendo acompañamiento durante las actividades de inspección por parte de los supervisores de mantenimiento, en las visitas se revisan los sistemas de frenado de emergencia del malacate principal (Twin Stop y Crown-o-matic) y sistema de acumuladores. Ver anexo C.</p>	Objetivo 2 y 3
19/06 – 23/06	<p>Continúa la divulgación del procedimiento PR-RF-11 en los equipos faltantes con su respectivo proceso de validación de competencias. Ver anexo D.</p> <p>Inicia el desarrollo y ajuste de los siguientes procedimientos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • PR-RF-01 MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE MOTORES DE COMBUSTION INTERNA • PR-RF-02 MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE SERVOTRANSMISIONES 	Objetivo 3

<p>26/06 – 30/06</p>	<p>Los procedimientos PR-RF-01 y PR-RF-02 son revisados y verificados por un supervisor mecánico dando paso a la revisión por parte del departamento de calidad.</p> <p>Se finaliza al 100% la divulgación del procedimiento PR-RF-11, se alcanza el total de equipos finalizando con los RIG ubicados en la zona de Apiay (RIG 886, RIG 03, RIG 147) Ver anexo E.</p> <p>Se diligencia el PG-RF-02 PROGRAMA DISCIPLINA DE MANTENIMIENTO sección eficacia capacitaciones almacenando la información del proceso de validación de competencias para cada supervisor mecánico.</p> <p>Se lleva a cabo un meeting con la base en Barrancabermeja a fin de consultar y organizar los procedimientos que ellos manejan programando futuros encuentros para gestionar el desarrollo de la disciplina del mantenimiento. Ver anexo F.</p>	<p>Objetivo 2 y 3</p>
<p>03/07 – 07/07</p>	<p>Se realiza la consulta de información relacionada al sistema de embrague neumático instalado en el malacate principal el cual presentó falla en el RIG 886 y ocasionó horas NPT (horas de tiempo no productivo pagado por la compañía a Ecopetrol) por ende fue crucial el desarrollo del procedimiento CAMBIO DE CLUTCH DEL MALACATE PRINCIPAL DE LA UNIDAD BÁSICA el cual se desarrolla con base en la información técnica del fabricante Wichita Clutch A Regal Rexnord Brand. La información para el desarrollo se obtuvo de los siguientes manuales:</p> <ul style="list-style-type: none"> • LoadCraft LCI 550 manual. • Service King SK675 PARTS & SERVICE manual. • Wichita Clutch Pneumatic Clutches and Brakes. <p>Una vez desarrollado el procedimiento este se expone a los mecánicos y supervisores para su posterior entrega al departamento de calidad. El procedimiento se envía a Ecopetrol con el objetivo de obtener el aval para intervenir la unidad básica y reemplazar la pieza con falla del clutch.</p> <p>El RIG 03 presenta una falla en la polea rápida de la torre por lo cual se presta apoyo al área de operaciones, junto con el equipo de operaciones se hace presencia en el RIG 03 analizando la situación y el modo en cómo se va a dar solución, se desarrolla el procedimiento CAMBIO DE POLEA RÁPIDA EN LA CORONA con base en los manuales:</p> <ul style="list-style-type: none"> • LoadCraft LCI 550 manual section Controls. • Service King SK675 PARTS & SERVICE. manual section Mast. <p>Una vez verificado el procedimiento se envía a Ecopetrol y se obtiene el aval para realizar la intervención. Ver anexo G.</p> <p>Como parte crucial de la operación y pilar fundamental para garantizar la seguridad el sistema de frenado debe estar en óptimas condiciones, para garantizar esto se inicia el desarrollo del procedimiento INSTALACIÓN DE BRAKE BLOCKS</p>	<p>Objetivo 2</p>

	<p>SERVICE KING 675 & LOADCRAFT 550, el desarrollo se basa en los manuales:</p> <ul style="list-style-type: none"> • LoadCraft LCI 550 manual. • Service King SK675 PARTS & SERVICE manual. 	
10/07 – 14/07	<p>Durante el inicio de la semana en el RIG 147 la servotransmisión quedó completamente sin funcionamiento debido a una falla en sus discos flexibles, el procedimiento PR-RF-02 MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA SERVOTRANSMISIONES requirió de ajustes en su estructura (anexo del proceso para la desinstalación e instalación de servotransmisiones Allison y Caterpillar) los cuales se aplicaron y posteriormente se envió a Ecopetrol obteniendo el permiso de trabajo para reemplazar la servotransmisión.</p> <p>Se participa de la intervención haciendo presencia con el área de operaciones y mantenimiento en el RIG 147 apoyando las labores de supervisión durante la desinstalación e instalación. Ver anexo H.</p>	Objetivo 2 y 3
17/07 – 21/07	<p>Inicia la consulta de información para el desarrollo del procedimiento TRABAJOS CON TENSIÓN enfocado a la seguridad de los supervisores eléctricos durante el desarrollo de actividades con riesgo potencial de descargas eléctricas, el procedimiento se realiza con base en los siguientes documentos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas – RETIE. • RESOLUCIÓN NÚMERO 5018 DE 2019. • FO-HSEQ-056 RIESGOS-PELIGROS <p>Tras finalizar el desarrollo del procedimiento se verifica la información contenida con el coordinador de mantenimiento y un supervisor mecánico, el procedimiento se envía al departamento de calidad el cual asigna el código PR-RF-31.</p> <p>Se desarrolla el documento de validación de competencias para el procedimiento a través del formato FO-GH-49, el proceso de divulgación del procedimiento lleva a cabo por medio de conferencia virtual con los supervisores eléctricos.</p> <p>Inicia el desarrollo del procedimiento MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA SISTEMAS HIDRÁULICOS, los equipos contemplados para el presente procedimiento son los siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Unidad básica LoadCraft 550. • Unidad básica Service King 675. • Bomba de lodos E.W.S W-440. • Bomba de lodos GARDNER-DENVER PAH. • Bomba de lodos GARDNER-DENVER PZ. • Acumulador Consolidated Pressure Control. • Acumulador Koomey Inc. • Pipehandler PEMSER SMAT 3300 17FT. • Pipehandler RIG SERVICE MACHINE. 	Objetivo 2

<p>24/07 – 28/07</p>	<p>En función a lo ocurrido en el RIG 886 durante la semana 10 inicia el proceso de investigación por parte de Ecopetrol y Braserv Petróleo. Durante esta semana se elabora la presentación de los modos de falla del dispositivo AirTube del sistema de embrague neumático, se verifica la información de la presentación y se expone a los coordinadores de mantenimiento para finalizar enviando la presentación a Ecopetrol. La información utilizada para el desarrollo de la presentación se obtuvo del manual Wichita Clutch Pneumatic Clutches and Brakes.</p> <p>Se realiza la revisión del PL-RF-07 PLAN DE MANTENIMIENTO SISTEMAS NEUMÁTICOS anexando los modos y métodos de inspección del sistema neumático de la unidad básica LoadCraft 550 y Service King 675 con base en las secciones de sistemas neumáticos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • LoadCraft LCI 550 manual Pneumatic Controls. • Service King SK675 PARTS & SERVICE manual Pneumatic Controls. 	<p>Objetivo 2</p>
<p>31/07 – 04/08</p>	<p>El área de calidad aprueba los cambios en los procedimientos PR-RF-01 MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA, PR-RF-02 MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE SERVOTRANSMISIONES y la creación del procedimiento INSTALACIÓN DE BRAKE BLOCKS EN MALACATES SERVICE KING 675 & LOADCRAFT 550.</p> <p>Se desarrollan los documentos de validación de competencias con base en los procedimientos previamente aprobados, para esto se usa el formato FO-GH-49 VALIDACIÓN DE COMPETENCIAS DISCIPLINA OPERATIVA.</p>	<p>Objetivo 2</p>
<p>07/08 – 11/08</p>	<p>Inicia la etapa de divulgación de procedimientos de mantenimiento PR-RF-01, PR-RF-02, PR-RF-30 y la respectiva validación de competencias en los equipos de Castilla con los supervisores mecánicos en turno (RIG 885, RIG 882, RIG 149, RIG 05, RIG 40). Ver anexo I.</p>	<p>Objetivo 3</p>
<p>14/08 – 18/08</p>	<p>Finaliza la etapa de divulgación de los procedimientos PR-RF-01, PR-RF-02 y PR-RF-30 en los equipos de la zona de Apiay RIG 886 y RIG 147 con sus respectivos supervisores mecánicos. Ver anexo J.</p> <p>Durante la visita al RIG 147 se realiza un recorrido junto con el superintendente de mantenimiento y supervisor mecánico a fin de inspeccionar el estado general de los equipos realizando las siguientes tareas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Inspección general de la caseta de grupos electrógenos. • Inspección de nivel de fluido y arranque de los motores del grupo electrógeno. • Inspección general del acumulador. • Inspección del nivel de líquido hidráulico del acumulador. • Inspección del nivel de líquido hidráulico en bomba de lodos. • Inspección del nivel de líquido lubricante y arranque en el motor de la bomba de lodos. 	<p>Objetivo 3</p>

	<ul style="list-style-type: none"> • Revisión de parámetros de la servotransmisión Allison de la bomba de lodos. • Inspección general del sistema de bombeo del tanque de lodos. • Inspección del general de la unidad básica LoadCraft 550. • Inspección general del motor y arranque de la unidad básica Scania DC13. • Inspección de nivel de líquido lubricante del motor de la unidad básica. • Inspección de parámetros de la servotransmisión Allison de la unidad básica desde su ubicación en la unidad y panel de control en el lugar del maquinista. <p>La unidad básica del RIG 886 presenta fallos de potencia al auto propulsarse y debido a esto se hace acompañamiento al supervisor de mantenimiento para intervenir la unidad y dar solución durante la visita al supervisor mecánico del RIG 886, se encuentra solución a la falla presentada y continúa la movilización de la unidad básica hacia un nuevo pozo. Ver anexo K.</p>	
<p>21/08 – 25/08</p>	<p>Iniciando la semana se presenta la necesidad de sustituir el árbol de levas y realizar la calibración y/o ajuste de válvulas de admisión, escape e inyectores de los motores Detroit S60 de la unidad básica y motor de generación del RIG 882. Por lo anterior mencionado inicia el desarrollo del procedimiento de CALIBRACIÓN DE VÁLVULAS E INYECTORES EN MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA teniendo como base los manuales y documentos de motores CAT C15, Detroit S60 DDEC IV y DDEC V, Scania DC13 074A PDE/HPI:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Calibración Motor Detroit Diésel Series 60. • GUÍA DEL OPERADOR DEL MOTOR DE LA SERIE 60. • SERIES 60 SERVICE MANUAL • Calibración C15 GECOLSA • Calibración de válvulas Motor CAT C15 • Manual del operador Motor industrial DC13 XPI • Manual del operador Motor industrial DC13 PDE • Ajuste de inyectores-bomba SCANIA <p>Finaliza el desarrollo del procedimiento y se envía a revisión con los supervisores de mantenimiento y supervisores mecánicos.</p>	<p>Objetivo 2</p>
<p>28/08 – 01/09</p>	<p>Durante el transcurso de la semana se finaliza el procedimiento MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE SISTEMAS NEUMÁTICOS el cuál se envía a los supervisores de mantenimiento, superintendente de mantenimiento y coordinador de mantenimiento, la información utilizada para el desarrollo del procedimiento fue:</p> <ul style="list-style-type: none"> • LoadCraft LCI 550 manual Pneumatic Controls. • Service King SK675 PARTS & SERVICE manual Pneumatic Controls. • GARDNER DENVER OPERATING AND SERVICE MANUAL COMPRESSOR EBE99Q 	<p>Objetivo 2</p>

	<ul style="list-style-type: none"> • Instruction and maintenance manual compressor FINI K-MAX 15-20 • Manual de frenos de aire BENDIX <p>El motor SCANIA DC13 de la unidad básica del RIG 149 presenta problemas durante su funcionamiento habitual por lo cual se realiza una visita al equipo con el supervisor mecánico a cargo del equipo y el coordinador de mantenimiento con el fin de realizar el escaneo del motor en búsqueda de anomalías, ver anexo L.</p> <p>Se finaliza la semana participando junto al superintendente de mantenimiento en la construcción de los planes de acción y edición de planes de mantenimiento para evitar fallas a futuro relacionadas con el evento ocurrido en la semana 10 (Falla de AirTube).</p>	
04/09 – 08/09	<p>La semana inicia asistiendo a la capacitación programada sobre lubricación en motores de combustión interna llevada a cabo por la empresa Petrobras, la capacitación se realiza con el objetivo de reforzar los conocimientos en el tema y la mejora en la toma de decisiones con respecto al tipo de lubricación aplicada y/o contemplada en los planes de mantenimiento preventivo de Braserv, durante la capacitación expongo mis dudas sobre el tipo de lubricación que se aplica en servotransmisiones y compresores industriales de tornillo. Ver anexo M.</p> <p>Se hace acompañamiento al supervisor de mantenimiento durante la rutina de inspección semanal por los equipos de Castilla, se visita el RIG 05 junto con el supervisor mecánico del equipo dando encendido a los equipos electrógenos y seguimiento a trabajos pendientes.</p>	Objetivo 2 y 3
11/09 – 15/09	<p>La empresa inicia en varios equipos el periodo de ventana operativa el cual es solicitado a Ecopetrol para realizar trabajos específicos o inspecciones reglamentarias sin afectar la producción, la ventana operativa inicia en el RIG 886 en la zona de Apiay donde se hace acompañamiento al ingeniero de integridad y confiabilidad durante el proceso de inspecciones clase 3 y clase 4 las cuales se ejecutan bajo las normas API RP 4G y API RP 8B. Ver anexo N.</p> <p>Se actualiza el contenido de los procedimientos de mantenimiento para sistemas hidráulicos y sistemas neumáticos, desinstalación e instalación de clutch del malacate de la unidad básica y calibración de válvulas e inyectores para motores de combustión interna.</p>	Objetivo 2
18/09 – 22/09	<p>Los procedimientos de mantenimiento para sistemas neumáticos e hidráulicos, calibración de válvulas e inyectores para motores y cambio de clutch de malacate son enviados por correo electrónico a la base de Braserv en Barrancabermeja para su nueva revisión y posterior aprobación.</p> <p>Debido a la entrada de dos equipos más a ventana operativa e inspecciones reglamentarias (RIG 882 y RIG 147) se presta apoyo al ingeniero de integridad llevando el control y verificación del cumplimiento de las órdenes de trabajo, reportes diarios y</p>	Objetivo 2

	horómetros a cargo del supervisor mecánico de cada equipo, lo anterior mencionado a través del software de mantenimiento usado eMaint X4, además del acompañamiento en campo durante las inspecciones.	
25/09 – 29/09	Durante la semana se hace acompañamiento al supervisor de mantenimiento a cargo de los equipos de Apiay prestando apoyo durante las labores de inspección en el RIG 147, en este equipo se realiza inspección de los cilindros telescópicos de la primera sección de la torre y son reemplazados por unos en mejores condiciones, desmontaje del malacate principal para cambio de rodamientos, pistas de frenado e inspección de puntos críticos, desmontaje e inspección del bloque viajero junto con sus cables (guayas). Ver anexo O.	Objetivo 3
02/10 – 06/10	<p>Continúa el apoyo al ingeniero de integridad y confiabilidad mientras él se encuentra en los equipos de Castilla presente en la finalización de la ventana operativa en los RIG 149 y RIG 882, a través del software de mantenimiento Emaint X4 se sigue y controla la ejecución de las ordenes de trabajo, de la misma manera se generan ordenes de trabajo para el mantenimiento de 250 hr y 750 hr del motor de la unidad básica y bomba de lodos del RIG 40.</p> <p>Se da apoyo al levantamiento dimensional de la corona del RIG 03, equipo que se encuentra en la base para alistamiento, el levantamiento dimensional se realiza junto al ingeniero Daniel Barrios de la empresa Incetar, usando software CAD Solidworks e Inventor se modela en 3D el bastidor de la corona y se modelan los soportes para las luminarias de la corona. Finalmente se recibe una breve capacitación del ingeniero Daniel Barrios con base en los métodos y modos de modelado y simulación de estructuras metálicas.</p> <p>En espera de comentarios acerca de procedimientos enviados a la base de Barrancabermeja.</p>	Objetivo 2 y 3
09/10 – 13/10	<p>Durante esta semana se hace acompañamiento al supervisor de mantenimiento durante la visita al RIG 885 en su fase de movilización hacia un nuevo pozo de completamiento, una vez en el sitio se identifica el monkey board sobre la unidad básica y se verifica el dimensionamiento de una sección para posteriormente compararla con el monkey board del RIG 03 que se encuentra en la base por motivos de alistamiento.</p> <p>Se lleva a cabo la asistencia virtual a la conferencia técnica <i>Cómo aplicar mantenimiento e ingeniería inversa de torres de perforación (bajo norma API 4G y 4F)</i>.</p> <p>La base en Barrancabermeja responde el correo de solicitud de revisión de procedimientos indicando que son necesarios cambios en la sección práctica, por tal motivo se programa una reunión virtual para la siguiente semana y así recibir y aplicar los cambios sugeridos.</p>	Objetivo 3
16/10 – 20/10	Se recibe indicaciones del superintendente para la creación de una presentación donde se exponga la teoría básica del torque y el uso correcto de la llave dinamométrica (torquímetro) con el objetivo de exponerla a las cuadrillas del RIG 147 como parte de	Objetivo 2

	<p>los compromisos hechos con Ecopetrol para la reactivación del equipo.</p> <p>Se lleva a cabo el meeting programado con la base de Barrancabermeja acordando lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Corrección y ajuste del procedimiento de calibración de motores de combustión interna por parte del equipo de Barrancabermeja y retroalimentación de este al equipo de Acacías. • Revisión y ajuste a detalle de los procedimientos con los supervisores mecánicos con más experiencia. • Aterrizar de una mejor manera el contenido de los procedimientos buscando una comunicación más efectiva enfocada al personal en campo, garantizando su seguridad y la de los equipos. • Retroalimentación constante de cambios realizados con el equipo de Barrancabermeja. <p>Termina la semana recibiendo la segunda capacitación en el nuevo sistema implementado por la empresa para el almacenamiento y control de la información SoftExpert donde uno de los ítems tratados durante la capacitación fue la edición de documentos en línea tales como los procedimientos de mantenimiento facilitando el acceso, interacción y sugerencias por parte de cualquier miembro de la compañía.</p>	
23/10 – 27/10	Se lleva a cabo la capacitación al personal de la cuadrilla de día en el RIG 147 sobre el uso correcto del torquímetro y generalidades para la selección del ajuste según los tipos de tornillería que se utilizan en la industria, esta se realiza por solicitud de Ecopetrol. Ver anexo P.	No aplica
30/10 – 01/11	Finaliza el contrato de pasante universitario con la empresa, se hace entrega formal de los formatos en físico producto de validaciones de competencias y capacitaciones para su almacenamiento en los archivos del área de recursos físicos, asimismo, el área de gestión humana oficializa la terminación del contrato con el certificado de finalización de pasantía	No aplica

Fuente: Autor

7.1 ANÁLISIS EMPRESA

En el contexto de Braserv Petróleo Ltda. Sucursal Colombia, se realiza un análisis DOFA que permite examinar la situación de la empresa en su entorno operativo considerando las fortalezas y debilidades internas, así como las oportunidades y amenazas externas que enfrenta la organización con la finalidad de obtener una comprensión desde el punto de vista de la pasantía con base a la posición actual de la empresa en la industria de hidrocarburos nacional.



Ilustración 6. Análisis DOFA Empresa.

Fuente: Autor

Un equipo con experiencia técnica sólida y el apoyo de expertos de la industria respaldan la calidad de las operaciones de mantenimiento siendo una ventaja valiosa el compromiso del personal en campo contribuyendo y adaptándose ante cualquier evento, la gestión eficaz del área de mantenimiento aprovecha las fortalezas y oportunidades, y al mismo tiempo aborda las debilidades y amenazas dentro de los rangos establecidos por la compañía.

7.2 ANÁLISIS PERSONAL

La DOFA en relación con la experiencia en el cargo durante la pasantía permite una reflexión sobre el desempeño y crecimiento en el entorno laboral evaluando las debilidades y fortalezas personales así como identificando las oportunidades y amenazas, brinda una visión precisa de cómo se pueden maximizar los aprendizajes y las oportunidades facilitando un proceso de desarrollo más efectivo, lo que a su vez contribuye a una experiencia más enriquecedora y una preparación más sólida para la futura carrera profesional.

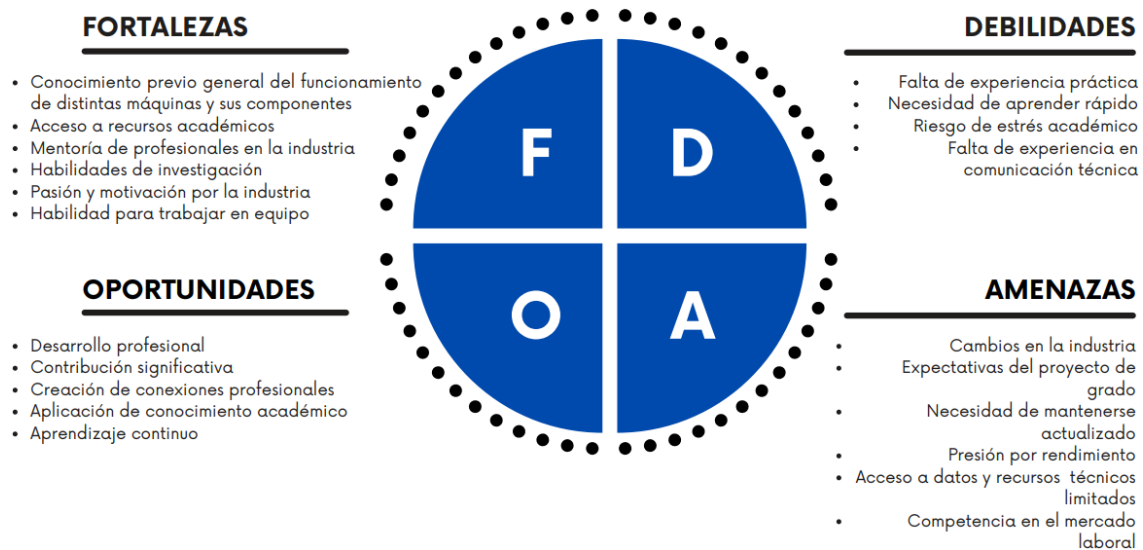


Ilustración 7. Análisis DOFA Personal.
Fuente: Autor

Reconocer y abordar las debilidades personales, como la falta de experiencia o habilidades insuficientes, es esencial para el desarrollo continuo y la mejora constante, afrontar las amenazas como los cambios en la industria o la competencia, permite adaptarse y mantenerse en un entorno laboral en constante evolución junto con la toma de medidas proactivas para gestionar estas áreas contribuye a un crecimiento adaptativo y a un mejor desarrollo en la carrera profesional, demostrando así la importancia de la autorreflexión y la planificación estratégica en el camino hacia el logro de metas laborales y personales.

8 APORTES

Los aportes generados durante el transcurso de la pasantía con su respectivo impacto se exponen a continuación, desde el cargo de ingeniero de mantenimiento se logra apoyar y aportar al proceso de mejora continua de la compañía a través de los conocimientos teórico-prácticos adquiridos durante el transcurso de la carrera.

Tabla 3. Aportes del estudiante.

Aspecto	Descripción	Impacto
Administrativo	Añadir manuales de funcionamiento y mantenimiento actualizados a la base de datos del área de recursos físicos.	Mayor acceso a información actualizada e importante para las actividades de mantenimiento.
Técnico	Diseño de procedimiento PR-RF-11 CALIBRACIÓN DEL SISTEMA DE FRENADO EN MALACATES SERVICE KING 675 & LOADCRAFT 550.	Procedimiento necesario dentro de los requisitos de seguridad del cliente (Ecopetrol) para la operación de los equipos de workover.
Técnico	Desarrollo de procedimiento PR-RF-01 MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE MOTORES DE COMBUSTION INTERNA.	Procedimiento necesario para realizar el respectivo mantenimiento bajo las normas de seguridad del cliente (Ecopetrol) y los estándares del fabricante.
Técnico	Desarrollo de procedimiento PR-RF-02 MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE SERVOTRANSMISIONES.	Procedimiento necesario para realizar el respectivo mantenimiento bajo las normas de seguridad del cliente (Ecopetrol) y los estándares del fabricante.
Técnico	Diseño de procedimiento PR-RF-12 DESINSTALACIÓN E INSTALACIÓN DE SERVOTRANSMISIONES.	Procedimiento necesario dentro de los requisitos de seguridad del cliente (Ecopetrol) para intervenciones/maniobras en locación.
Técnico	Desarrollo junto al equipo de operaciones del procedimiento CAMBIO DE POLEA RÁPIDA EN LA CORONA.	Procedimiento necesario dentro de los requisitos de seguridad del cliente (Ecopetrol) para la intervenciones/maniobras en locación.
Técnico	Diseño de procedimiento PR-RF-13 TRABAJOS DE SOLDADURA.	Procedimiento necesario dentro de los requisitos de seguridad del cliente (Ecopetrol) para los trabajos de soldadura en locación.
Técnico	Diseño de procedimiento PR-RF-31 TRABAJOS CON TENSIÓN (TCT).	Procedimiento necesario dentro de los requisitos de seguridad del cliente (Ecopetrol) para trabajos eléctricos en locación.
Técnico	Diseño de procedimiento PR-RF-09 MANTENIMIENTO	Procedimiento necesario para realizar el respectivo mantenimiento bajo las normas de

	PREVENTIVO SISTEMAS HIDRÁULICOS.	seguridad del cliente (Ecopetrol) y los estándares del fabricante.
Técnico	Diseño de procedimiento PR-RF-10 MANTENIMIENTO PREVENTIVO SISTEMAS NEUMÁTICOS.	Procedimiento necesario para realizar el respectivo mantenimiento bajo las normas de seguridad del cliente (Ecopetrol) y los estándares del fabricante.
Técnico	Diseño de procedimiento PR-RF-21 CAMBIO DE CLUTCH DEL MALACATE PRINCIPAL DE LA UNIDAD BÁSICA.	Procedimiento necesario para realizar el respectivo mantenimiento bajo las normas de seguridad del cliente (Ecopetrol) y los estándares del fabricante.
Técnico	Participación y diseño de presentación MODOS DE FALLA DISPOSITIVO AIRTUBE.	Disponibilidad de información acerca de la vida útil del sistema de accionamiento de embrague en el malacate para futuras creaciones de planes de acción.
Técnico	Diseño de procedimiento PR-RF-20 CALIBRACIÓN DE VÁLVULAS E INYECTORES DE MOTORES DIESEL.	Procedimiento necesario para realizar el respectivo mantenimiento bajo las normas de seguridad del cliente (Ecopetrol) y los estándares del fabricante.
Técnico	Diseño de procedimiento PR-RF-30 INSTALACIÓN DE BRAKE BLOCKS SERVICE KING 675 & LOADCRAFT 550.	Procedimiento necesario para realizar el respectivo mantenimiento bajo las normas de seguridad del cliente (Ecopetrol) y los estándares del fabricante.
Técnico	Desarrollo de procedimiento PR-RF-03 INSTALACION Y DESINSTALACION DE SISTEMA LESS FUEL.	Procedimiento necesario dentro de los requisitos de seguridad del cliente (Ecopetrol) para trabajos eléctricos
Técnico	Diseño de procedimiento PR-RF-04 INSTALACION Y MEDICION DE SISTEMAS PUESTA A TIERRA.	Procedimiento necesario dentro de los requisitos de seguridad del cliente (Ecopetrol) para trabajos eléctricos.
Técnico	Revisión y cambios en PL-RF-07 PLAN DE MANTENIMIENTO SISTEMAS NEUMÁTICOS.	Ajuste en las técnicas de inspección en sistemas neumáticos aumentando la efectividad en la detección de fugas o averías.
Técnico	Disponibilidad y divulgación (comunicación) de los procedimientos de mantenimiento preventivo.	Fácil acceso a los procedimientos de mantenimiento para las intervenciones necesarias junto a la capacitación sobre estos al personal técnico en campo.
Técnico	Levantamiento de planos y asistencia en diseño de estructuras metálicas.	Apoyo a los procesos de mejora continua en infraestructura y equipos de la compañía (Gestión de cambio).
Técnico	Asistencia en los procesos de ventana operativa e inspecciones periódicas.	Asistencia técnica y documental durante los periodos de inspección en la base Acacias y en locación cumpliendo los tiempos

		establecidos por el cliente (Ecopetrol).
Administrativo	Reporte semanal de procesos de mantenimiento abiertos y cerrados en todos los RIG de la región Meta.	Seguimiento constante de los procesos de mantenimiento y su respectivo control para ejecutarlos y dar cierre según las condiciones presentadas.
Administrativo	Seguimiento de órdenes de trabajo y reporte de horómetros en campo usando el software eMaintX4	Verificar la ejecución de las órdenes de trabajo en campo garantizando el correcto funcionamiento de los equipos a través del mantenimiento preventivo.

Fuente: Autor.

9 LECCIONES APRENDIDAS

Durante la pasantía en la empresa, se presentaron inconvenientes debido a varios factores como fueron la inexperiencia, el desconocimiento de los procesos dentro de la empresa y demás como se muestra en la tabla 4. A su vez, surgen aspectos favorables los cuales contribuyeron al correcto desarrollo de las actividades diarias siendo clave para este proyecto como se evidencia en la tabla 5.

Tabla 4. Inconvenientes presentados.

Inconveniente presentado	Solución propuesta
Falta de coordinación logística para el transporte del personal desde la base Acacias a los equipos (RIG).	Identificar el ingeniero de operaciones a cargo del equipo (RIG) para gestionar el transporte directamente con él e informar al superintendente de operaciones para garantizar el cumplimiento de la solicitud de transporte.
Desconocimiento de la fecha de terminación del equipo en pozo.	Solicitar el cronograma de terminación de pozo de los equipos a los ingenieros de operaciones y con base a este planear de forma más eficaz la visita a los RIG.
Dificultades significativas debido a las interrupciones provocadas por las protestas y paros de las comunidades locales.	Reestructurar el cronograma, lo que requirió una adaptación constante para garantizar la continuidad de las actividades programadas.
Revisión de procedimientos de mantenimiento por parte del equipo de Barrancabermeja.	Implementar un programa de revisión y control de procedimientos de mantenimiento periódico y sistemático llevado a cabo los miércoles de cada semana.
Tiempos extendidos en las respuestas del equipo en Barrancabermeja.	Aplicar un sistema de gestión de comunicaciones y plazos para mejorar la eficiencia en las respuestas del equipo, asimismo, la asignación y desarrollo de procedimientos por el equipo en Barrancabermeja.

Fuente: Autor.

Tabla 5. Aspectos favorables.

Aspecto favorable	Descripción
Constante acompañamiento del equipo de recursos físicos.	Desde el inicio hasta el fin del proyecto en la compañía se recibe un acompañamiento constante de los supervisores de mantenimiento, coordinador de mantenimiento, ingeniero de integridad y confiabilidad y superintendente de mantenimiento lo cual tuvo un impacto significativo en el proceso de aprendizaje y perfeccionamiento de aptitudes profesionales influyendo de manera positiva en la experiencia y el desarrollo de las actividades diarias.

Área de operaciones comprometida a impulsar proyecto.	El área de operaciones a cargo de la disciplina operativa orienta constantemente y es un apoyo constante durante el desarrollo de las actividades de consulta y finalización de los procedimientos.
Personal en campo con excelente disposición a escuchar y retroalimentar el trabajo presentado.	Durante la ejecución del cronograma de disciplina operativa los supervisores mecánicos representaron un papel importante, el personal siempre recibió las divulgaciones con la mejor actitud y siempre prestos a dejar sus sugerencias y/o comentarios para mejorar el contenido de los procedimientos de mantenimiento.
Respuesta temprana del departamento de calidad cumpliendo a tiempo con el cronograma.	Con respuestas tempranas y sugerencias para la mejora continua en los documentos el departamento de calidad impulsó el cumplimiento del cronograma establecido para la ejecución del proyecto.

Fuente: Autor.

10 RECOMENDACIONES

Las recomendaciones por dejar en consideración de la compañía se exponen a continuación en la tabla 6.

Tabla 6. Recomendaciones sugeridas.

Problema identificado	Recomendación sugerida
Dificultad para encontrar archivos correspondientes a equipos en la empresa	Generar un mejor orden documental utilizando carpetas clasificadas para los pasos de elaboración de los planes de mantenimiento. Esto minimizará el tiempo de búsqueda y facilitará el registro de información futura.
Falta de seguimiento y evaluación de los procedimientos de mantenimiento	Establecer un sistema de seguimiento regular para monitorear la implementación y efectividad de los procedimientos de mantenimiento. Realizar evaluaciones periódicas y ajustar los procedimientos según sea necesario para garantizar la disponibilidad.
No utilizar los líquidos lubricantes apropiados según el fabricante en máquinas y equipos.	Evaluar el cambio de los líquidos lubricantes en la actualidad utilizados por los especialmente diseñados para la aplicación, haciendo énfasis en la importancia de utilizar lo recomendado por el fabricante y así garantizar un mejor desempeño de los sistemas y garantizar su larga vida útil.
Poca participación del equipo de recursos físicos de Barrancabermeja en la disciplina operativa enfocada a mantenimiento.	Promover de una forma más eficaz la importancia de la disciplina operativa enfocada a mantenimiento la cual garantiza el correcto cumplimiento de procedimientos seguros y acertados a las condiciones en campo.

Fuente: Autor.

11 CONCLUSIONES

Durante la ejecución de este proyecto ha sido recopilada información técnica valiosa la cual ha sido debidamente almacenada en las bases de datos del área de recursos físicos, esta información técnica abarca detalles esenciales sobre los equipos y prácticas de mantenimiento, ha impulsado el desarrollo de los procedimientos de mantenimiento y así mismo cualquier persona dentro de la organización puede acceder a datos precisos y actualizados, lo que facilita la toma de decisiones fundamentadas junto con la planificación estratégica de las actividades de mantenimiento.

Los procedimientos de mantenimiento aportaron con la participación y contribución del área de recursos físicos al programa de disciplina operativa de la compañía donde se busca la excelencia operacional a través del cumplimiento de los estándares promoviendo las mejores prácticas y trabajando por una cultura de seguridad, del mismo modo, el desarrollo de los procedimientos significó una participación directa del personal en campo donde plasmaron sus mejores prácticas y recomendaciones durante la construcción de cada procedimiento.

La disponibilidad de los procedimientos de mantenimiento jugaron un papel clave en eventos ocurridos en locación tales como maniobras y/o intervenciones, en estos eventos el cliente (Ecopetrol) en la gran mayoría de ocasiones no autorizaba la ejecución de trabajos en locación sin antes presentarse debidamente aprobado el procedimiento acorde a la maniobra a realizar, la disponibilidad y agilidad en la creación de estos contribuyó a recortar tiempos NPT (tiempos no productivos) de la compañía.

La divulgación de los procedimientos de mantenimiento en conjunto con la validación de competencias con el personal en campo contribuyó a reforzar el conocimiento teórico-práctico de los supervisores mecánicos de manera directa e indirecta, esto último con base en los resultados obtenidos en la validación de competencias y la posterior retroalimentación.

El apoyo durante las actividades de supervisión en maniobras y/o intervenciones de mantenimiento fue fundamental para comprender que no solo implica seguir procedimientos, sino también adaptarlos y mejorarlos continuamente a través de la recopilación y análisis de datos técnicos precisos esenciales para la toma de decisiones fundamentadas y enfocadas para una futura aplicación de mejoras efectivas en los procesos de mantenimiento.

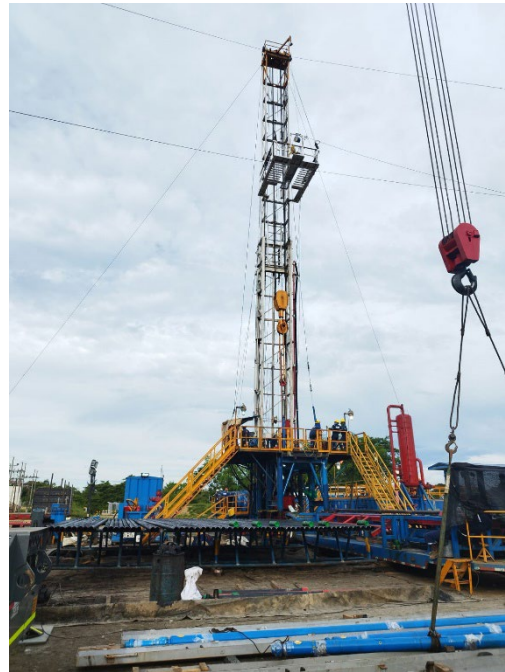
12 REFERENCIAS

- [1] J. O. V. Osorio, “Gestión de mantenimiento para equipos de workover de la empresa STS DE LOS ANDES S.A”, Trabajo de grado, Universidad Ind. de Santander, Bucaramanga, 2010. Accedido el 11 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible: <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2010/133343.pdf>
- [2] J. D. Parra Quintero, “REVISIÓN Y ACTUALIZACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO PARA LOS EQUIPOS DE WORKOVER”, Trabajo de grado, Univ. Tecnol. Pereira, Pereira, 2020. Accedido el 11 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible: <https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/c2d459cb-a420-4917-b9d5-894297b5ec08/content>
- [3] “Nuestra empresa BRASERV PETRÓLEO LTDA - Sucursal Colombiana”. BRASERV Well Services & WorkOver. Accedido el 12 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible: <https://braservcolombia.com/>
- [4] Ubicación de RIGs en el territorio nacional. (13 de junio de 2019). Accedido el 12 de octubre de 2023. [Imagen]. Disponible: <https://braservcolombia.com/wp-content/uploads/2023/06/braserv-mapa-de-rigs-en-colombia-2048x1386.webp>
- [5] “Reseña histórica BRASERV PETRÓLEO LTDA - Sucursal Colombiana”. BRASERV Well Services & WorkOver. Accedido el 12 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible: <https://braservcolombia.com/>
- [6] “Desempeño de los equipos BRASERV PETRÓLEO LTDA - Sucursal Colombiana”. BRASERV Well Services & WorkOver. Accedido el 12 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible: <https://braservcolombia.com/equipos-de-workover-rigs-en-colombia/>
- [7] “Servicios e innovación BRASERV PETRÓLEO LTDA - Sucursal Colombiana”. BRASERV Well Services & WorkOver. Accedido el 12 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible: <https://braservcolombia.com/servicios-e-innovacion-en-equipo-de-workover/>
- [8] “Innovación y tecnología BRASERV PETRÓLEO LTDA - Sucursal Colombiana”. BRASERV Well Services & WorkOver. Accedido el 12 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible: <https://braservcolombia.com/wp-content/uploads/2020/01/Braserv-Petr%C3%B3leo-Innovaci%C3%B3n.pdf>
- [9] Organigrama. (19 de octubre de 2023). Accedido el 24 de octubre de 2023. [Imagen]. Disponible: <https://braservcolombia.com/>
- [10] W. Andrade y Y. Lugo, “Guía de mantenimiento e inspección de malacate de equipos de perforación terrestre petrolera operando en Colombia”, Trabajo de grado, Univ. Surcolombiana, Neiva, 2014. Accedido el 14 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible: <https://repositoriousco.co/bitstream/123456789/2410/1/TH%20IP%200336.pdf>
- [11] W. F. Córdoba, “Actualización del programa de mantenimiento de los equipos petroleros utilizados por la empresa Sociedad Técnica de la Industria Petrolera S.A.S.”, Trabajo de grado, Univ. Surcolombiana, Orito, 2017.
- [12] A. Quiñonez Valencia, “Análisis del sistema de gestión de seguridad y salud de la empresa de suministro y mantenimiento de equipos petroleros - SYMEP de la ciudad de Esmeraldas”, Trabajo de grado, Pontif. Univ. Catol. Ecuad., Esmeraldas, 2021. Accedido el 19 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible: <https://repositorio.pucese.edu.ec/handle/123456789/154/browse?type=author&order=ASC&rpp=20&value=Quiñonez+Valencia+Aldo>
- [13] Industrias de petróleo, petroquímica y gas natural — recolección e intercambio de datos de confiabilidad y mantenimiento de equipos, ISO 14224:2016, INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, Ginebra, 2016. Accedido el 20 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible: https://www.academia.edu/44518114/ISO_14224_espa%C3%B1ol
- [14] V. D. Manríquez. “Cambios en la norma ISO 14224:2016 - Recolección e intercambio de data de confiabilidad y mantenimiento para equipos - Categorías de mantenimiento - Predictiva21”. Predictiva21. Accedido el 20 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible: <https://predictiva21.com/cambios-en-la-norma-iso-142242016/>

- [15] F. Mujica. "Descripción y evolución de los cambios en la norma ISO 14224: 2006 y la norma ISO 14224:2016 – Reliabytics". Reliabytics – Gestión Ágil de Activos. Accedido el 20 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible: <https://reliabytics.com/descripcion-cambios-norma-iso-14224-2006/>
- [16] "NORMA ISO 14224-2016 (Grupo3).pptx". Comparte y Descubre Presentaciones | SlideShare. Accedido el 21 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible: <https://es.slideshare.net/Diegocarrera31/norma-iso-142242016-grupo3pptx>
- [17] C. A. Gómez Morales, "Modelo de un plan de mantenimiento preventivo bajo la norma ISO 14224 para moto-generadores diésel de la empresa Confipetrol S.A.S", Trabajo de grado, Univ. St. Tomas, San Martín, 2019. Accedido el 21 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible: <http://hdl.handle.net/11634/20688>
- [18] J. Sifonte. "Criterios de Evaluación para Procesos de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM) - RELIABILITY CONNECT® en Español". RELIABILITY CONNECT® en Español. Accedido el 21 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible: <https://esp.reliabilityconnect.com/norma-sae-ja1011-criterios-de-evaluacion-para-procesos-de-mantenimiento-centrado-en-confiabilidad-rcm/>
- [19] Operación, Inspección, Mantenimiento, y Reparación de Perforación y Pozo Estructuras de servicio. API RP 4G, API RP 4G, AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, Washington, 2020. Accedido el 24 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible: <https://es.scribd.com/document/541377540/API-4g-Spanish>
- [20] J. Sandoval, "PROCEDIMIENTO PARA LA PLANIFICACIÓN DE LA CERTIFICACIÓN API NIVEL III DE LA TORRE DE PERFORACIÓN", TECANA AMERICAN UNIVERSITY (TAU), Anzoategui, octubre de 2016. Accedido el 25 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible: <https://tauniversity.org/sites/default/files/journal-repository/articulo-jose-sandoval-journal-aprobado.pdf>
- [21] R. Prieto Guzmán, LADS, OPERACIÓN, INSPECCIÓN, MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN DE ESTRUCTURAS DE PERFORACIÓN Y SERVICIO A POZOS. Bogotá: LADS COLOMB., 2022. Accedido el 25 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible: <https://es.scribd.com/document/572186403/LADS-OPERACION-INSPECCION-MANTENIMIENTO-Y-REPARACION-DE-ESTRUCTURAS-DE-PERFORACION-Y-SERVICIO-A-POZOS>

13 ANEXOS

ANEXO A. Visita al RIG 885.



ANEXO B. Divulgación del procedimiento PR-RF-11 con los supervisores mecánicos del RIG 149, 885 y 40.



Estandarización de los procesos y prácticas de mantenimiento preventivo en la empresa Braserv petróleo sucursal Colombia base Acacias.



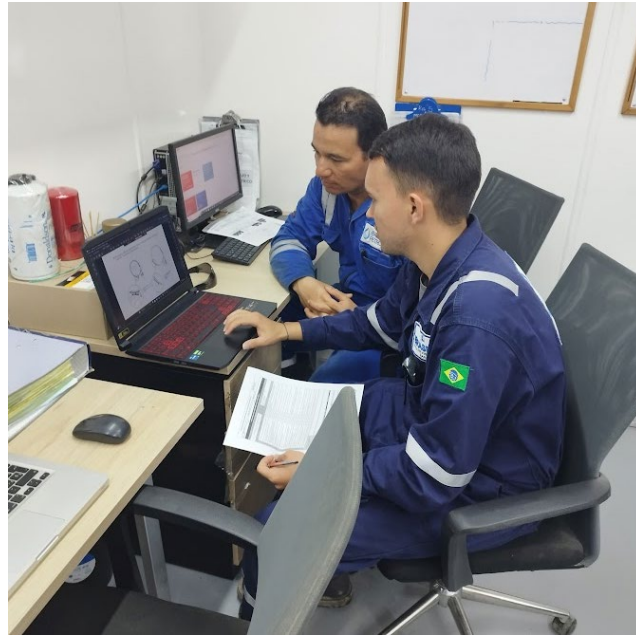
ANEXO C. Visita RIG 149 y RIG 40.





ANEXO D. Divulgación del procedimiento PR-RF-11 con el supervisor mecánico del RIG 882 y 05.

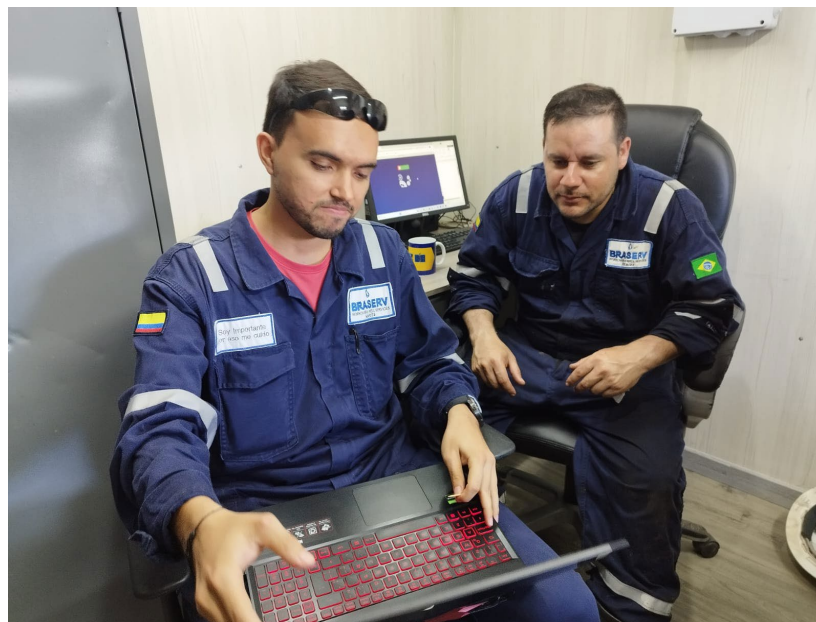




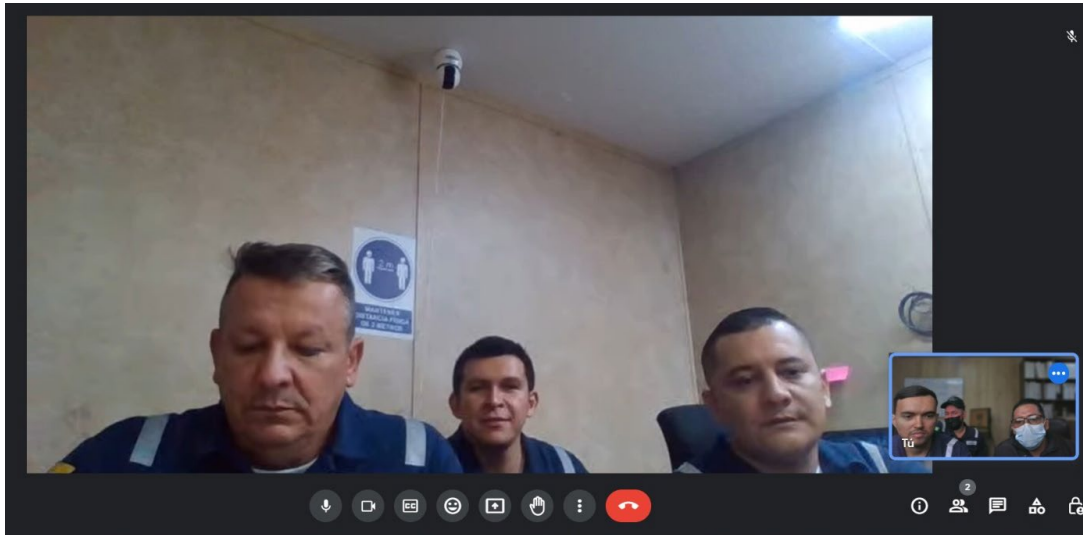
ANEXO E. Divulgación del procedimiento PR-RF-11 con el supervisor mecánico del RIG 147, 03 y 886.



Estandarización de los procesos y prácticas de mantenimiento preventivo en la empresa Braserv petróleo sucursal Colombia base Acacias.



ANEXO F. Meeting con el equipo de trabajo base Barrancabermeja.



ANEXO G. Asistencia en el RIG 03 en el procedimiento de cambio de polea rápida en la corona de la torre.



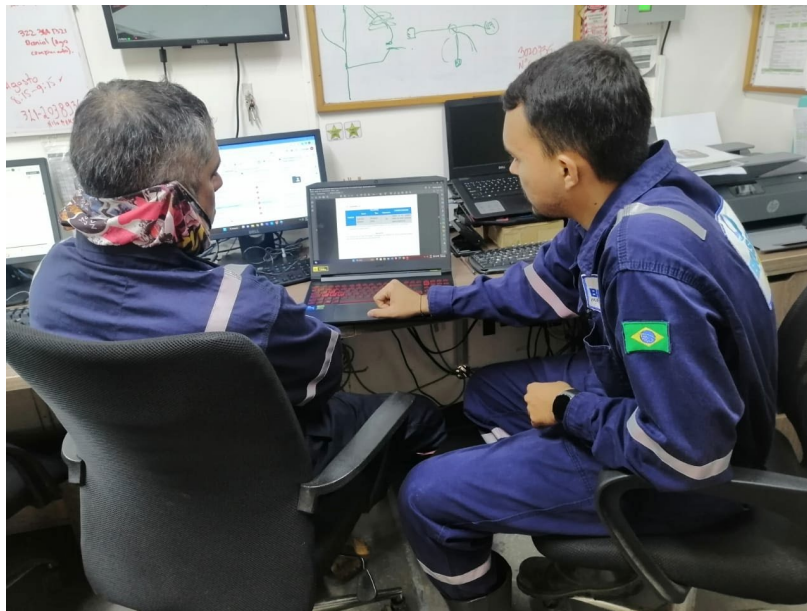
ANEXO H. Asistencia en la intervención a la unidad básica del RIG 147, cambio de servotransmisión.



ANEXO I. Divulgación de procedimientos de mantenimiento PR-RF-01, PR-RF-02, PR-RF-30 y la respectiva validación de competencias en los equipos de Castilla con los supervisores mecánicos en turno (RIG 885, RIG 882, RIG 149, RIG 05, RIG 40).



Estandarización de los procesos y prácticas de mantenimiento preventivo en la empresa Braserv petróleo sucursal Colombia base Acacias.



ANEXO J. Divulgación de procedimientos de mantenimiento PR-RF-01, PR-RF-02, PR-RF-30 y la respectiva validación de competencias en los equipos de Apiay con los supervisores mecánicos en turno (RIG 886, RIG 147).



ANEXO K. Asistencia en la intervención a la unidad básica del RIG 886.



Estandarización de los procesos y prácticas de mantenimiento preventivo en la empresa Braserv petróleo sucursal Colombia base Acacias.

ANEXO L. Asistencia en el procedimiento de escaneo al motor de la unidad básica del RIG 149.



ANEXO M. Capacitación por parte de PETROBRAS Colombia.



ANEXO N. Inspección en poleas de la corona en el RIG 886.



ANEXO O. Apoyo en las labores de supervisión y coordinación de inspecciones en el RIG 147.



Anexo P. Capacitación y práctica sobre el correcto uso del torquímetro con la cuadrilla de día en el RIG 147.

