



Unidades
Tecnológicas
de Santander

TÍTULO DEL TRABAJO DE GRADO

Plan estándar de mejoramiento para el mantenimiento preventivo de los equipos rotativos en el taller de mecánica de campo dependencia 10.000.295, en la Gerencia Refinería Barrancabermeja (GRB), modalidad de practicas

AUTORES

Cristian Camilo Rangel Zambrano – 1.005.187.152

**UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGIENERÍA
TECNOLOGIA EN OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO ELECTROMECAÁNICO
BARRANCABERMEJA, SANTANDER
FECHA DE PRESENTACIÓN: 12/02/2020**



TÍTULO DEL TRABAJO DE GRADO

Plan estándar de mejoramiento para el mantenimiento preventivo de los equipos rotativos en el taller de mecánica de campo dependencia 10.000.295, en la Gerencia Refinería Barrancabermeja (GRB), modalidad de practicas

AUTORES

Cristian Camilo Rangel Zambrano – 1.005.187.152

Trabajo de Grado para optar al título de
Tecnólogo en operación y mantenimiento electromecánico

DIRECTOR

MSc. Leidys Marleyn Rodríguez Castro

GRUPO DE INVESTIGACIÓN – DIANOIA

**UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERÍA
TECNOLOGIA EN OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO ELECTROMECAÁNICO
BARRANCABERMEJA, SANTANDER
FECHA DE PRESENTACIÓN: 12/02/2020**

Nota de Aceptación


Firma del jurado

Firma del Jurado

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado en primer lugar a Dios, quien me permitió la realización de las prácticas empresariales, base fundamental para la elaboración del presente informe final y en segundo lugar a mi familia, quienes sin su apoyo este sueño de titularme como tecnólogo, no sería posible.

AGRADECIMIENTOS

El autor ofrece su agradecimiento a la Empresa Colombiana de petróleos (ECOPETROL) por permitirme la realización de las prácticas empresariales. Un reconocimiento especial al Ingeniero Líder del taller de mecánica Julio Díaz, al Supervisor del taller de mecánica Carlos Garcés, al Planeador Julio Quintero, al Jefe del departamento de mantenimiento Humberto Rueda y a cada uno de los compañeros del taller de mecánica quienes con su conocimiento y aporte de información hicieron posible que este informe final de prácticas se llevara a cabo.

Por otra parte, también expreso mi agradecimiento a las Unidades Tecnológicas de Santander y en ella, a la Ingeniera Leidys Rodríguez tutora del presente trabajo de grado, quien con su corrección ha sido pieza clave para su perfeccionamiento, a la Ingeniera María Eugenia por su apoyo a lo largo de toda la carrera y demás profesores por todo lo el conocimiento brindado para llegar a ser el profesional que soy hoy y en el que me quiero convertir.

Por último, agradezco a la ingeniera Sandy Macías Quintero por su asesoría en el presente trabajo de grado.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN EJECUTIVO.....	9
INTRODUCCIÓN.....	10
1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.....	11
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	11
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	14
1.3. OBJETIVOS.....	15
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	15
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
1.4. ESTADO DEL ARTE / ANTECEDENTES.....	16
2. MARCOS REFERENCIALES.....	20
3. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO.....	29
4. RESULTADOS.....	45
5. CONCLUSIONES.....	61
6. RECOMENDACIONES.....	62
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	63
8. ANEXOS.....	66

LISTA DE FIGURAS

Ilustración 1. Diagrama de flujo del actual procedimiento para la elaboración del plan de mantenimiento	29
Ilustración 2. Orden de mantenimiento.	31
Ilustración 3. Check list proceso de mantenimiento equipo rotativo	32
Ilustración 4. Data Sheet del equipo	33
Ilustración 5. Formato de calibraciones del equipo	34
Ilustración 6. Formato para la solicitud de materiales o repuestos	36
Ilustración 7. Protocolo de entrega de equipo del taller al área	37
Ilustración 8. Formato de reporte de actividades diarias	38
Ilustración 9. Taller de mecánica de campo.	40
Ilustración 10. Equipos en reparación.	41
Ilustración 11. Zona de acopio para equipos en reparación y por falta de repuestos	42
Ilustración 12. Bodega de repuestos del taller	43
Ilustración 13. Bodega de rodamientos y carbones de repuesto	44
Ilustración 14. Equipos en espera de repuestos.....	45
Ilustración 15. Socialización del formato de checklist al supervisor del taller de mecánica de campo.....	50
Ilustración 16. Socialización del formato de checklist al supervisor de planeación	51
Ilustración 17. Diagramas comparativos del flujo de procedimiento para la elaboración del plan de mantenimiento	58
Ilustración 18. Protocolo para cambio de custodia Pág. 1.....	66
Ilustración 19. Formato de verificación del sello.....	67
Ilustración 20. Formatos de inspección visual de los componentes del equipo	68
Ilustración 21. Formato de calibraciones del equipo	69
Ilustración 22. Formato de calibraciones del equipo	69
Ilustración 23. Formato de alcance para trabajos en máquinas y herramientas	70
Ilustración 24. Tablero de control de proceso	71

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Equipos en espera de mantenimiento preventivo por faltante de repuestos.

Tabla 2. Equipos en espera de repuestos.

Tabla 3. Formato de checklist para el cumplimiento de las actividades del plan de mantenimiento.

RESUMEN EJECUTIVO

La presente propuesta de investigación tiene como propósito el diseño de un plan de mejoramiento para el mantenimiento preventivo de los equipos rotativos en la empresa Ecopetrol S.A., con excelencia, de tal manera que se pueda dar cumplimiento al estándar de operaciones establecido por la empresa. La metodología a manejar es de tipo descriptiva y explicativa, ya que se relata a detalle el método que se está manejando actualmente a la hora de intervenir un equipo, pero a su vez se plantean las mejoras con el fin de optimizar este proceso.

Lo que se busca con el mejoramiento del plan elaborado es que se cumplan de manera detallada todos los procedimientos y/o tareas que este contiene, para así asegurar un mantenimiento preventivo eficiente, con lo cual se espera que la empresa no siga presentando pérdidas tanto de tiempo, así como tampoco en la productividad de horas/hombre.

Para el cumplimiento de lo anterior, se entrega un trabajo de investigación con el correspondiente plan para el mantenimiento preventivo de los equipos.

PALABRAS CLAVE. Mantenimiento, Sello mecánico, Planeación, Rodamientos & Activos

INTRODUCCIÓN

En el taller de mecánica de campo dependencia 10.000.295 ubicado en la Gerencia Refinería Barrancabermeja (GRB) de la empresa Ecopetrol S.A., se viene presentando un problema que se mantiene a la fecha, el cual consiste en el represamiento y retraso en el mantenimiento de los equipos, debido a la falta de repuestos.

En el presente proyecto de investigación, se pretende profundizar en el tema, no sólo explicando el paso a paso desde que ingresa el equipo al taller de mecánica de campo, sino también identificando cuales son las anomalías o fallas por las cuales está ocurriendo el problema y estableciendo las posibles soluciones que permitan corregirlo.

Por último, para este trabajo de investigación, el diseño metodológico utilizado es de tipo descriptivo-explicativo.

1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El taller de mecánica de campo dependencia 10.000.295 ubicado en la Gerencia Refinería Barrancabermeja (GRB) de la empresa Ecopetrol S.A., cuenta con 6 parejas de operarios entre los cuales se encuentran 2 aprendices. Cada uno de estos operarios cuenta con una caja de herramientas suministrada por la empresa, en la cual se encuentra toda clase de herramienta necesaria para el mantenimiento correcto a los equipos. La finalidad del taller de mecánica de campo es brindar un adecuado mantenimiento con confiabilidad y excelencia a cada uno de los equipos que llegan para ser intervenidos. En el área se realizan mantenimientos preventivos y correctivos a los equipos rotativos como son toda clase de bombas, turbinas, reductores de velocidad, agitadores y compresores.

En vista de que se realizan dos tipos de mantenimiento, preventivo y correctivo, para el caso del primero, a los equipos rotativos se les planea su intervención de forma anual, para así asegurar una larga vida útil y su eficiencia durante la operación, para el caso del segundo, al presentarse fallas o reprocesos (equipos a los cuales ya se les ha efectuado el mantenimiento y al ser puestos en servicio presentan anomalías) se considera como urgente, por lo cual éste tiene prioridad, ya que de esto depende la continuidad en un determinado proceso. Los equipos son trasladados al taller mediante automóviles de gran capacidad de carga pertenecientes a los activos de ECOPETROL S.A., después de haber cumplido con todos los requisitos, tales como haber obtenido todos los permisos necesarios para que estos puedan ser sacados de las plantas en la que estos operan.

Una vez los equipos llegan al taller son recepcionados por el supervisor de turno el cual llena una orden de recibido, donde se registran ciertos datos y son

inmediatamente ubicados en una zona del taller en donde se encuentran los equipos que están pendientes por reparación, posteriormente se realiza la programación de horas hombre y se asigna a los operarios que van a efectuar el trabajo, una vez que el equipo se desarma es llevado a la zona de lavado para descontaminarlo y dejarlo en óptimas condiciones para que los operarios continúen con sus labores, luego de reparado es llevado a una zona donde se disponen los equipos que están listos para ser trasladados hacia su lugar de operación.

La problemática que se está presentando radica en el hecho de que varios equipos hacen su ingreso al taller para realizarles el respectivo mantenimiento preventivo, sin embargo, debido a las fallas en la elaboración del plan de mantenimiento como lo son la falta de repuestos, la programación realizada por el departamento de planeación no se cumple, hecho que se viene presentando desde el mes de agosto del año 2018, por lo que varios de ellos tienen meses fuera de operación, tal y como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Equipos en espera de mantenimiento preventivo por faltante de repuestos

Referencia del equipo	Equipo	Fecha de programación	Meses de retraso	Repuestos pendientes
SP-2032 C	BOMBA CENTRIFUGA	06/07/18 - 02/08/18	14	Rodamientos, eje e impulsor
SP-4574 C	BOMBA CENTRIFUGA	13/04/19 - 01/05/19	5	Sello mecánico & eje
SP-485 A	BOMBA CENTRIFUGA	10/08/19 - 21/08/19	2	Sello & rodamientos
SP-4081 B	BOMBA CENTRIFUGA	15/04/19 - 30/04/19	6	Impulsor
SP-3860	BOMBA CENTRIFUGA	10/05/19 - 05/06/19	4	Rodamientos
NP-876 A	TURBINA	22/05/19 - 05/06/19	4	Carbones, eje & chumacera
XP-876 A	REDUCTOR DE VELOCIDAD	11/06/19 - 26/06/19	4	Piñonería, rodamientos & retenedores

Fuente: el autor

Una de las fallas detectadas en este proceso es que el plan trazado por planeación no se está ejecutando de forma correcta, ya que éste departamento es el encargado de revisar o verificar que el equipo cuente con todos los repuestos necesarios o por lo menos, los más importantes para su correcto mantenimiento y posterior puesta en servicio, sin embargo, existen equipos que son sacados de funcionamiento y enviados al taller a reparación sin constatar que estos cuenten con los elementos que se necesitan para que el mantenimiento se cumpla en los tiempos estimados.

Todo lo anterior está ocasionando represamientos de equipos y trabajos en el taller de mecánica de campo, lo que dificulta además el mantenimiento que se les debe realizar a equipos que son prioridad o se tienen que reparar de forma urgente. ¿Cómo elaborar un plan de mejoramiento del mantenimiento de los equipos rotativos con el fin de evitar los retrasos que se están presentando una vez llega al taller de mecánica de campo, dependencia 10.000.295, debido a la falta de los repuestos requeridos?

1.2. JUSTIFICACIÓN

En la empresa Ecopetrol S.A se pretende investigar la problemática que se viene presentando desde el año 2018, en el taller de mecánica de campo, dependencia 10.000.295 de la GRB donde existe una larga lista de equipos que se encuentran represados por falta de repuestos, lo que ocasiona que no se esté llevando a cabo un correcto mantenimiento preventivo de los equipos rotativos.

En el presente documento se va a presentar una propuesta de mejora de un plan para el mantenimiento preventivo de los equipos rotativos en el taller de mecánica de campo dependencia 10.000.295, en la Gerencia Refinería Barrancabermeja (GRB). La mejora en el plan de mantenimiento para los equipos rotativos se va a realizar de la mano de los ingenieros de confiabilidad de mecánica donde ellos dan sus respectivas recomendaciones y unos pasos a seguir para que este plan cumpla con todos los estándares manejados por la empresa.

Este proyecto será realizado con el fin de eliminar completamente las fallas detectadas en el plan de mantenimiento con el que cuenta la empresa, ya que estas fallas ocasionan represamientos de los equipos por falta de repuestos. Uno de los beneficios más importantes que se obtienen al resolver la problemática planteada es que se va a lograr una mayor efectividad en el proceso de mantenimiento de tal manera que no existan desperdicios de tiempo y tampoco de dinero, ya que esto afecta seriamente a la empresa.

Al ser solucionada la problemática planteada anteriormente se generan un efecto positivo socioeconómico, ya que al ser remediada esta situación se va a ahorrar una gran cantidad de dinero por los equipos que no están trabajando ya que estos represamientos bajan la producción y la productividad de la empresa, como también

hacen ver de una u otra forma improductivos a los trabajadores del taller ya que estos son programados por Horas/Hombre.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

- ✓ Elaborar un plan de mejoramiento para el mantenimiento preventivo de los equipos rotativos en el taller de mecánica de campo, dependencia 10.000.295, en la Gerencia Refinería Barrancabermeja (GRB), con el fin de evitar retrasos durante el mismo.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Recolectar y analizar la información concerniente al actual proceso de mantenimiento preventivo que se le realiza a los equipos rotativos desde su llegada al taller, de tal forma que se puedan identificar las fallas que están ocasionando los retrasos.
- ✓ Elaborar un formato que permita hacer un checklist de tareas, para así controlar el cumplimiento de lo dispuesto en el plan de mantenimiento elaborado.
- ✓ Plantear posibles soluciones para evitar que se presenten faltantes de repuestos en el área de trabajo durante el mantenimiento preventivo de los equipos.

1.4. ESTADO DEL ARTE / ANTECEDENTES

A nivel nacional se encontró un proyecto de investigación titulado “Diseño de un plan de mejora del mantenimiento correctivo y actualización del mantenimiento preventivo en multidimensionales s.a.” en la universidad “Universidad Distrital Francisco José de Caldas” de la ciudad de “Bogotá” (Méndez, 2012). Inicialmente se realizó el reconocimiento general de la compañía y la filtración de información del mantenimiento correctivo para la detección del estado actual con el fin de realizar el respectivo análisis bajo gráficas e indicadores de la información por medio de Baan; seguidamente se realizó el análisis de la información procesada junto a los responsables del área, para realizar los ajustes y correcciones pertinentes, posteriormente se desarrolló el proceso de actualización del mantenimiento preventivo y se llevó a cabo la validación de la información para la presentación final del proyecto. El trabajo de grado se desarrolló debido a la necesidad de mejorar continuamente e incrementar la eficacia y eficiencia del mantenimiento para lograr cumplir los objetivos de la compañía en mención, y la decisión estratégica de la empresa de crear un plan de mejora capaz de optimizar el desempeño de los equipos, y los requerimientos de un entorno cada día más competitivo. Este proyecto tuvo como resultado el mejoramiento de los procesos y procedimientos en cuanto al mantenimiento correctivo y preventivo dentro de la empresa.

A nivel Nacional se encontró un proyecto de investigación titulado “Desarrollar un plan de mantenimiento preventivo para una empresa prestadora de servicio de transporte interdepartamentales” de la universidad “Universidad Autónoma del Caribe” de la ciudad de “Barranquilla” (Guevara & Osorio, 2014). En este proyecto se realizó un modelo de mantenimiento preventivo que ayude a una inspección constante para tomar decisiones basadas en criterios de ingeniería y desempeño de los elementos que conforman la producción. Realizando una planificación supervisada que ayudara a documentar los mantenimientos que se aplica a cada

una de las flotas de transporte, llevando un historial de desempeño de cada uno y así prevenir fallas. La propuesta para gestión de mantenimiento que se plantea en este documento está diseñada para aumentar la rentabilidad y competitividad de la línea de despacho. En la cual se espera un escenario ideal de 50% a 80% de los esfuerzos concentrados en mantenimiento preventivo y de 5% a 25% a correctivo. De esta manera se facilitará la obtención de índices de desempeño que permitirá la mejora continua de los activos físicos de la empresa y con ello la eficacia de las tareas de mantenimiento.

A nivel internacional se encontró un artículo titulado “Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para centrales de aire acondicionado” de la universidad “Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua” de la ciudad de “Mangua, Nicaragua” (Pérez, Torres, Camacho, & Van de Velde, 2015). Este documento se basó en la elaboración de un plan de gestión de mantenimiento preventivo para las unidades centrales de aire acondicionado del Hospital San Juan de Dios en la ciudad de Estelí. Esta investigación contempla el diagnóstico del sistema de mantenimiento implementado en los equipos centrales de aire acondicionado en dicho centro médico con el propósito de diseñar una propuesta que sirva de base para un plan de mantenimiento preventivo para estas unidades y garantizar de esta manera un servicio de calidad para la población en general. De esta manera obtuvieron como resultado un diagnóstico de dicha área administrativa y pudimos apreciar su organización clasificada como tipo jerárquica siendo el principal y único responsable el ingeniero y jefe, procedimientos de contingentes compuesto principalmente por órdenes de trabajo, bitácora de incidentes y reportes, planeaciones de tareas semanales

A nivel Nacional se encontró un proyecto de investigación titulado “Plan de mantenimiento preventivo para los Procesos de trituración y molienda de la Planta de beneficio maría dama Frontino gold mines” de la universidad “Universidad

Industrial de Santander” de la ciudad de “Bucaramanga” (Pacheco, 2005). Con este proyecto de grado modalidad práctica industrial buscaba la elaboración de un plan de mantenimiento preventivo inicialmente para la maquinaria perteneciente a los procesos de trituración y molienda de la planta de beneficio María Dama de la empresa minera Frontino Gold Mines, que sirva de base para la implementación y conciencia de la necesidad del mantenimiento preventivo en las demás instalaciones.

El estudio inicia con una revisión del estado de la maquinaria y con la realización de un diagnóstico del sistema actual de mantenimiento que se lleva en la planta de beneficio; luego se realizó la codificación y el análisis de criticidad por equipo que determina el tipo de mantenimiento adecuado a llevar en cada máquina. Posteriormente se realiza el diseño del sistema de información con los formatos y la programación necesaria. El resultado de estas actividades busca mejorar las condiciones operacionales de la maquinaria y de la planta en general, y medir a través de índices de gestión de mantenimiento el funcionamiento del plan de mantenimiento preventivo desarrollado.

A nivel Nacional se encontró un proyecto de investigación titulado “Programa de mantenimiento preventivo para la empresa metalmecánica industrias AVM S.A” de la universidad “Universidad Industrial de Santander” de la ciudad de “Bucaramanga” (Sierra, 2004). En el trabajo se describe la elaboración e implementación del programa de mantenimiento preventivo para las máquinas y equipos críticos que intervienen en el proceso de producción de la empresa metalmecánica Industrias AVM S.A.

La implementación del programa de mantenimiento preventivo en Industrias AVM S.A., tiene como objetivo garantizar la disponibilidad y confiabilidad operacional de

los equipos de la planta de producción, de una manera eficiente y segura, con el fin de contribuir en el cumplimiento de la política de calidad establecida por la empresa. Se realizaron unas actividades para cumplir con el objetivo en primer lugar el diagnóstico de la función de mantenimiento en Industrias AVM S.A., describiendo las fortalezas y debilidades al respecto. Posteriormente se elaboró el modelo para la administración del mantenimiento en la empresa. Durante la implementación se realizó el inventario y codificación de los equipos. Seguidamente se determinó el índice de criticidad para cada uno de ellos. Con base en los equipos críticos diseñaron un programa de mantenimiento preventivo que está conformado por el mantenimiento autónomo, las inspecciones periódicas programadas, ajustes menores y las actividades de lubricación por equipo. Al final se presenta los indicadores de mantenimiento que permiten evaluar el desempeño del programa y realizar los ajustes y correcciones pertinentes.

2. MARCOS REFERENCIALES

2.1. Marco teórico

2.1.1. Teoría del mantenimiento industrial.

Esta teoría “plantea un conjunto de técnicas y sistemas que permiten prever las averías, efectuar revisiones, engrases y tareas eficaces para evitar paros imprevistos, dando a la vez normas de buen funcionamiento a los usuarios de las máquinas. Se busca alargar su vida de forma rentable manteniéndolas en su condición de diseño.” (Aescuderor, 2015)

Las funciones fundamentales del mantenimiento tienen estrecha relación con las actividades de mantenimiento propiamente dichas las cuales son:

- Desarrollo e implementación de un sistema de mantenimiento efectivo de la maquinaria, equipos e instalaciones.
- Montaje y/o puesta de nuevas máquinas y equipos.
- Abastecimientos de servicio: energía eléctrica, neumática, hidráulica, agua potable, agua caliente, vapor, etc.
- Control de costos del mantenimiento.

Mantenibilidad

La mantenibilidad, es conocida como la probabilidad de reincorporar un activo a su estado inicial de operación dentro de un periodo de tiempo, es decir, la facilidad que un activo presenta a la realización del mantenimiento. (Aescuderor, 2015)

Confiabilidad

La confiabilidad es la probabilidad de que una instalación, máquina y/o equipo desempeñe satisfactoriamente la función para la que fue diseñado sin fallar.

Mantenimiento Preventivo

El desarrollo tecnológico ha posibilitado el reemplazo cada vez más intensivo de sistemas industriales de producción convencionales por otros automatizados y más complejos. Paralelamente se han propuesto nuevas formas de realizar el mantenimiento en una industria productiva. El mantenimiento preventivo es una estrategia en la que se programan periódicamente las intervenciones en las máquinas, con el objeto principal de inspeccionar, reparar y/o reemplazar componentes. Las intervenciones se realizan aun cuando la máquina esté operando satisfactoriamente. Se basa en programar el mantenimiento basado en estimaciones de vida útil o tiempo entre fallas esperadas. (Aescuderor, 2015)

Mantenimiento

El uso tiende claramente a alterar el normal funcionamiento de las cosas, particularmente cuando los equipos han alcanzado un cierto tiempo en servicio. En estos momentos la velocidad a que se incrementa el número de desperfectos suele ser cada vez mayor. Retrasar la entrada de esta fase acelerada de degradación es, en primera instancia, el mantenimiento. Por lo tanto, para el concepto de mantenimiento la variable fundamental es el tiempo. Así, los sucesos, fallos, averías, actuaciones, etc., se suceden en una secuencia temporal y el estudio de ésta es la clave de la actuación del servicio de mantenimiento. Atendiendo a las particularidades anteriores, se puede definir el mantenimiento como: el conjunto de actividades destinadas a mantener o restablecer un bien a un estado o unas condiciones dadas para su seguridad y buen uso. Las actividades pueden ser técnicas (actuación en los equipos) y de administración (contabilidad, control) y gestión (toma de decisiones). El concepto de mantenimiento va, tanto o más que al de tiempo, muy íntimamente ligado al de fallo. De este modo, el (MIL-STD-721C, 1981) lo define como: "The event, or inoperable state, in which any item or part of an item does not, or would not, perform as previously specified". Con lo que a nuestros efectos podemos definir, fallo de un equipo, máquina o instalación¹ a la

situación en que estos dejan de prestar, en las condiciones establecidas, aquella función o servicio para la que están previstos (diseñados) o que se espera de ellos. (Calvo & Fernández, 2017)

2.1.2. Teoría del desplazamiento de fluidos (equipos rotativos).

El desplazamiento de fluidos, líquidos o gases (en ocasiones incluso con sólidos en suspensión) se desarrolla normalmente en sistemas de flujo, más o menos largos y complejos que implican conducciones rectas, generalmente cilíndricas de diámetros variados, enlazadas por uniones convenientes, curvaturas, codos, válvulas, etc. A través de estos sistemas el fluido sólo fluye espontáneamente si su energía total disminuye en la dirección del flujo. De no ser así, habrá que comunicarle energía desde el exterior mediante dispositivos tales como bombas, en el caso de líquidos, o compresores, soplantes o ventiladores, en el caso de gases. Tal aporte de energía puede invertirse en aumentar la velocidad, la altura o la presión del fluido. La cuantía de la energía que deberá suministrarse a un fluido para conseguir su desplazamiento por un sistema determinado dependerá de su caudal, de la altura a que deba elevarse, de la presión con que se requiera al final de su recorrido, de las longitudes y diámetros de los tramos rectos de conducción, de los accidentes (ensanchamientos, estrechamientos, curvaturas válvulas, codos, etc.) intercalados entre ellos y de sus propiedades físicas, fundamentalmente su viscosidad y su densidad. (Martin, Salcedo, & Font, 2011)

2.2. Marco Conceptual

El **mantenimiento** es el procedimiento por el cual se trata un bien determinado de manera que el paso del tiempo, el uso o el cambio de circunstancias externas no lo afecten. Hay muchos campos en los que se puede aplicar el término, ya sea para bienes físicos o virtuales. Así, es posible referirse al mantenimiento de una casa,

una obra de arte, un vehículo, un programa o conjunto de programas, un sistema, etc. El mantenimiento suele ser realizado por especialistas en la materia. (Mantenimiento, s.f.).

Un **plan de mejoramiento** es el resultado de un conjunto de procedimientos, acciones y metas diseñadas y orientadas de manera planeada, organizada y sistemática desde las instituciones. (Ministerio de Educacion Nacional, 2004).

El **mantenimiento preventivo** es la palabra que nos permite designar a aquella actividad a partir de la cual es plausible mantener un producto, una máquina, un equipo, entre otros, para que el mismo funcione de modo correcto, o en su defecto, la que nos permite practicarles a algunos de estos una reparación en caso que así lo demande, para que pueda recuperar su funcionamiento normal. (Ucha, 2012).

El **rodamiento**, en su forma actual, se desarrolló a finales del siglo XIX. Inicialmente se fabricaban a mano. Hoy en día, los rodamientos son una de las piezas de maquinaria más utilizadas, ya que su movimiento giratorio facilita todos los movimientos y además ayuda a reducir la fricción entre los distintos elementos móviles.

Los rodamientos tienen dos funciones principales:

- Transfieren el movimiento, es decir, apoyan y guían componentes que giran entre sí.
- Transmiten fuerzas

Los rodamientos pueden transmitir cargas en una dirección radial o en una dirección axial (empuje) y, en muchos casos, hay una combinación tanto de cargas radiales como axiales en la transmisión del movimiento. (NSK, 2019).

Un **impulsor** es un disco giratorio de hierro o acero con álabes en una bomba centrífuga. El impulsor transfiere energía desde el motor que impulsa a la bomba al

líquido que se va a bombear, sin más que acelerar radialmente el líquido hacia fuera desde el centro de giro. La velocidad alcanzada por el impulsor se transforma en presión cuando el movimiento radial del líquido se ve confinado por la carcasa de la bomba. Existen dos tipos de ruedas de paletas: de vórtice y de canal. (Grundfos Colombia S.A.S., 2019).

Una **bomba centrífuga**, llamada también bomba roto dinámica, es la máquina que se emplea para el bombeo de cualquier tipo de fluido. Se presenta como un tipo de bomba hidráulica que tiene un funcionamiento rotativo, donde la energía mecánica de un impulsor es transformada en energía cinética de un fluido.

Un **eje** se trata de los elementos de transmisión entre la bomba y el motor. Son elaborados con diferentes materiales como es en base a acero aleado, acero común, acero inoxidable y acero al carbono.

El **sello mecánico** con esto se crea un estado de estanqueidad entre la parte estructural y el eje rotativo de la bomba, el cual por lo general es fijo. El nombre de **turbina** se utiliza para referirse a la mayor parte de las turbomáquinas motoras que existen. Este motor rotativo se encarga de convertir la energía mecánica en energía cinética de una corriente de agua, de gas o de vapor. (Partesdel.com, s.f.).

Un **taller mecánico** es donde se dedican a la reparación de equipos rotativos (Turbinas, Bombas...). Sólo pasar por uno de los talleres, se percibe que todo está diseñado para que, con un mínimo conocimiento de la mecánica, cualquier mano puede reparar o reemplazar los repuestos de los equipos, básicamente en los talleres se realizan las operaciones de mantenimiento y los controles habituales antes de poner en servicio un equipo. Además, en un taller encontraras personal capacitado para cualquier problema mecánico. (Autosoporte, 2014).

Un **procedimiento** es una forma específica para llevar a cabo una actividad o un proceso. Cuando se tiene un proceso que tiene que ocurrir en una forma específica, y se especifica cómo sucede, usted tiene un procedimiento. Un ejemplo de procedimiento puede ser un proceso de revisión de un contrato que puede que haya establecido con uno de sus clientes para dar la orden de compra, existe un conjunto definido de medias para revisar, aprobar y aceptar dicha orden, además la orden se registra y se distribuye de cierta forma en sus trabajadores. (ISO 9000, 2015).

Los **activos** son los bienes, derechos y otros recursos de los que dispone una empresa, pudiendo ser, por ejemplo, muebles, construcciones, equipos informáticos o derechos de cobro por servicios prestados o venta de bienes a clientes. También, se incluirían aquellos de los que se espera obtener un beneficio económico en el futuro. (Reviso Soluciones Cloud SL, 2019).

La **planeación** simple es la "toma anticipada de decisiones" En este sentido, toda decisión de planeación se basa en el conocimiento previo de la realidad para controlar las acciones presentes, encaminadas al logro de un objetivo deseado y satisfactorio, y prever sus consecuencias futuras. (Ministerio de Ambiente, 2019).

Planear significa elegir, definir opciones frente al futuro, pero también significa, proveer los medios necesarios para alcanzarlo. Se trata de trazar con premeditación un mejor camino desde el presente con el propósito de obtener o impedir un determinado estado futuro de las cosas.

2.3. Marco Legal

La norma internacional API 610 / ISO 13709 establece los requisitos para las bombas centrífugas en voladizo, entre cojinetes y suspendidas verticalmente que trabajan en servicios de proceso de la industria de petróleo, petroquímica y gas.

Un área de particular interés es el programa de hoja de datos que ha sido mejorado

para convertirse en una guía para contratistas de ingeniería, usuarios finales y fabricantes de bombas por igual para especificar con precisión requisitos del equipo. (Jones, Korkowski, & Sanders, 2011).

La normativa API 611 es un estándar establecido por el Instituto Americano de Petróleo (American Petroleum Institute) para la selección, diseño, instalación, y evaluación de turbinas a vapor, enfocándose en turbinas de propósitos generales, es decir turbinas utilizadas para accionar equipos, usualmente de tamaño y potencia pequeña, y que no se encuentra en servicio crítico, como limitación se habla de turbinas con presiones de admisión máxima 48bar (700psig) y 400°C (750°F), o cuya velocidad no exceda las 6000RPM (API standard 611, 2008).

La norma cubre aspectos generales en cuanto a las turbinas, así como aspectos más técnicos y diferentes áreas referentes a ingeniería, entre esto se incluye:

- Atornillado.
- Carcasas y conexiones.
- Materiales.
- Fuerzas externas y momentos.
- Elementos rotativos.
- Sellos.
- Dinámica.
- Cojinetes.
- Lubricación.
- Accesorios (como transmisiones, control e instrumentación, tuberías, etc).

También define las responsabilidades e información que debe manejar comprador y proveedor, así como definir las pruebas, inspección y preparación necesaria previa al envío.

La norma API 612 al igual que la 611 es un estándar establecido por el Instituto Americano de Petróleo (American Petroleum Institute), en donde se establecen los requisitos de selección y diseño de turbinas de propósitos especiales excluyendo las turbinas de propósitos generales (normalmente cubierta por la ISO 10436). Estas turbinas suelen poseer grandes potencias, son usadas para generación de energía eléctrica y por lo tanto operan a velocidad constante o con un rango muy reducido de velocidades (API standard 612, 2008). Entre los aspectos que cubre la normativa 612 esta:

- Requerimientos.
- Diseño básico.
- Carcasas.
- Elementos rotativos.
- Dinámica del rotor.
- Cojinetes, casa de cojinetes y sellos.
- Materiales.
- Control e instrumentación.
- Sistemas eléctricos.
- Tuberías y anexos.
- Accesorios.
- Inspección pruebas y preparación para el envío.
- Información del vendedor.

La ISO 9001 es una norma ISO internacional elaborada por la Organización Internacional para la Estandarización (ISO) que se aplica a los Sistemas de Gestión de Calidad de organizaciones públicas y privadas, independientemente de su tamaño o actividad empresarial. Se trata de un método de trabajo excelente para la mejora de la calidad de los productos y servicios, así como de la satisfacción del cliente.

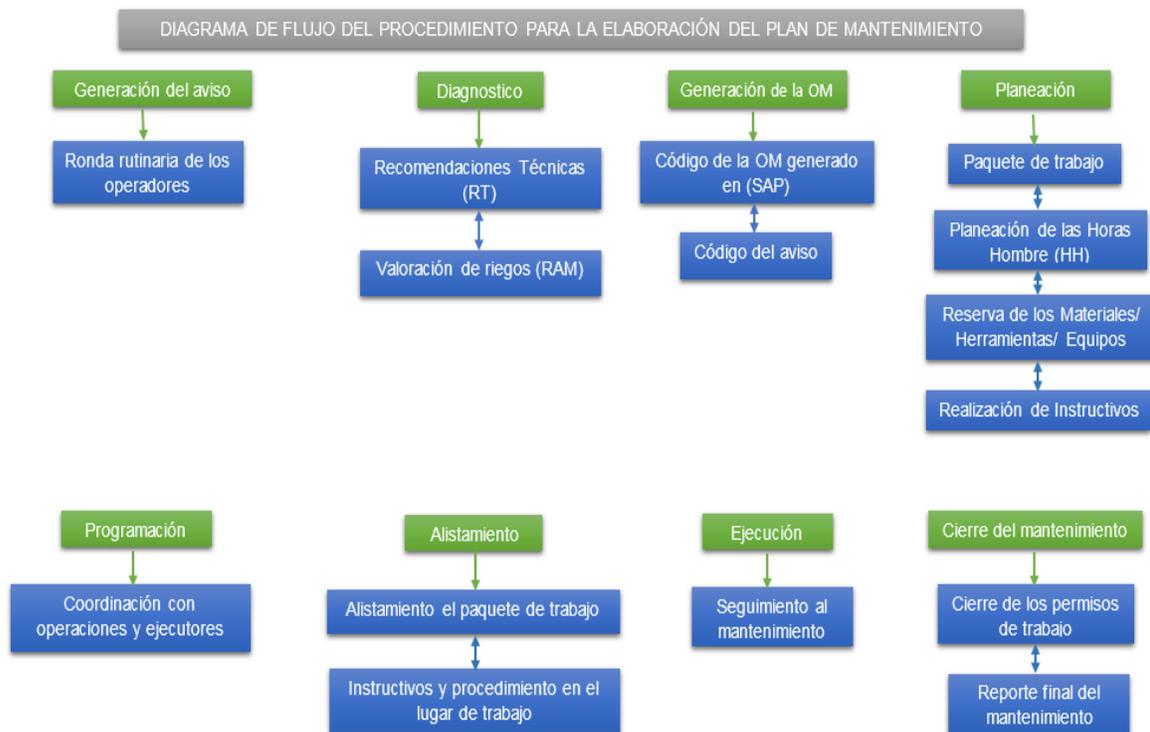
El **sistema de gestión de calidad** se basa en la **norma ISO 9001**, las empresas se interesan por obtener esta certificación para garantizar a sus clientes la mejora de sus productos o servicios y estos a su vez prefieren empresas comprometidas con la calidad. Por lo tanto, las normas como la ISO 9001 se convierten en una ventaja competitiva para las organizaciones. (ISO 9001, 2015)

3. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO

3.1. Recolectar y analizar la información concerniente al actual proceso de mantenimiento preventivo que se le realiza a los equipos rotativos desde su llegada al taller, de tal forma que se puedan identificar las fallas que están ocasionando los retrasos.

En la ilustración 1 se puede observar el paso a paso del plan de mantenimiento, desde el momento en que se genera el aviso dada la revisión del operador a los equipos, hasta el proceso de cierre una vez ya ha sido intervenido.

Ilustración 1. Diagrama de flujo del actual procedimiento para la elaboración del plan de mantenimiento



Fuente: el autor

3.1.1. Recolectar toda la información necesaria mediante documentos y sitios web de la empresa para obtener mayor conocimiento frente al tema:

Una vez culminada la etapa de diagnóstico (ver ilustración 1), donde se realizan las recomendaciones técnicas y la valoración de riesgos, se procede a la generación de la orden de mantenimiento.

En la Ilustración 2. se puede observar el documento que acompaña a cada equipo, la Orden de Mantenimiento, la cual es generada por el departamento de planeación. Cada vez que ingresa un equipo al taller debe venir acompañado de este archivo, donde se relacionan los Datos Generales, que es una especie de hoja de vida del equipo donde se referencian unos datos específicos de cada equipo (como lo es el TAG del equipo, su ubicación, sus datos técnicos...), la Descripción de la Orden, que es prácticamente una recomendación técnica entregada por el ingeniero de confiabilidad del área y el planeador de la misma, las Operaciones de Mantenimiento, que consiste en cada una de las actividades que fueron planeadas para el mantenimiento del equipo, los Materiales/ Servicios/ Herramientas, en esta parte del formato van especificados los repuestos, herramientas y demás servicios que fueron reservados para el mantenimiento del equipo, también se relacionan los Documentos Adjuntos que traen anexos y son importantes tenerlos en cuenta para el mantenimiento del equipo, y por último se encuentra un espacio para las Observaciones y las Firmas que son diligenciadas por el supervisor encargado del mantenimiento.

En la Ilustración 3 se puede observar el formato de recepción del equipo denominado “Check list proceso de mantenimiento equipo rotativo”, el cual se tiene en cuenta durante la etapa de alistamiento (ver ilustración 1) del equipo; éste y toda la documentación relacionada en el mismo (hasta el “Formato de reporte de actividades diarias”), son documentos estándar que se encuentran en una plataforma digital denominada SAP, listos para imprimirse cuando se necesiten, el encargado de su impresión es el ingeniero de confiabilidad del taller de mecánica.

Con este Check list se verifica que se encuentren disponibles todos los documentos relacionados en el mismo, para proceder con las labores de desarme, ya que con todos estos documentos se elabora el expediente del equipo que es de gran importancia para tener constancia de que se realizó un mantenimiento con calidad y excelencia.

Ilustración 3. Check list proceso de mantenimiento equipo rotativo

TAG DEL EQUIPO:		FECHA DE REPARADO:			
TAREAS					OBSERVACIONES
1	¿Se encuentra la Orden de Mantenimiento del Equipo?	SI	NO	N/A	
2	¿Está el protocolo de cambio de custodia de operaciones a mantenimiento completo?				
3	¿Está el data Sheet del equipo y corresponde al mismo?				
4	¿Está diligenciado el formato de identificación del sello tanto de entrada como de salida?				
5	¿Está diligenciado completamente el formato de inspección de los componentes del equipo con firmas y fecha de inspección?				
6	¿Está diligenciado completamente el formato de calibraciones del equipo con firmas y fechas de calibración?				
7	¿Está diligenciado el formato de alcance para trabajos de Máquinas herramientas con firmas de validación?				
8	¿Está diligenciado el formato de solicitud de materiales para la reparación del equipo con firmas de verificación?				
9	¿Están documentadas las pruebas de verificación del equipo recibidas por el Supervisor?				
10	¿Están documentadas las tareas diarias ejecutadas en el equipo?				
OBSERVACIONES GENERALES					

En la Ilustración 4 podemos observar el Data Sheet del equipo, en él se puede encontrar todos los datos entregados por el fabricante CENTRIFUGAL PUMPS los cuales corresponden al equipo.

Ilustración 4. Data Sheet del equipo

GERENCIA COMPLEJO BARRANCABERMEJA		PLANT: ACIDO SULFURICO		TAG: P-485	
PROYEC: #EPO2000	UNITE: U470	DOC.TYME: ESPEC	PROGE: No. Req. d. 2	REV. 2	SHEET 1 of 1
DATE: 28/03/2000					
For: ECOPETROL GCB	Main/Driver: ELECTRIC MOTOR	Pump MFR: MFR	Item: P-485 A/B		
OPERATING CONDITIONS			PERFORMANCE		
Service: WEAK H2SO4 (1)	Location: <input type="checkbox"/> Indoor <input checked="" type="checkbox"/> Outdoor	Proposed Curve No:			
Disch. Press. Psg: 33.34	GPM at PT: Norm. 40 Rated 50	NPSH Req. d. (water) ft:			
Disch. Press. Psg: 33.76	Suct. Press. Psg: Max. 35 Rated 40	No. of Stages:	rpm 1800		
Disch. Head. Ft: 60	NPSH Avail. Ft: 10	Suction Ht. ft: -8	Rated Power (BHP):	2.8 (12) Eff % 35%	
LIQUID			Max. Power Rated Impeller hp:		
Type of Liquid: <input checked="" type="checkbox"/> Liquid <input type="checkbox"/> Hazardous <input type="checkbox"/> Flammable	Name of Liquid: Acid solution	Suction Specific Speed:	< 4,000 (English Units)		
Sp. Gr. at PT: 1.3	PT #: 140	Min. Continuous Flow (GPM):			
Vs at PT or P: 1.0	V. Press. at PT psig: 3	Allowable Operating Region (GPM):			
Can./Hrs. caused by: weak sulfuric acid and suspended solids (selenium and sulfur)		Max. Head Rated Imp. ft:			
Flow Controlled by: <input checked="" type="checkbox"/> PLC <input type="checkbox"/> TIC <input type="checkbox"/> PC <input type="checkbox"/> TC		Rotation Facing Coupling and:			
CONSTRUCTION			Max. Sound Press. Level Reqd: 85 db @ 1 Meter		
Applicable standards: <input checked="" type="checkbox"/> ANSI/ASME B73.3M-1997		Cooling Water:	Plan		
Casing Mounting: <input type="checkbox"/> Centerline <input type="checkbox"/> Foot <input type="checkbox"/> Bracket		Total Water:	Plan		
Seal Type: <input type="checkbox"/> Vertical <input type="checkbox"/> In-line <input type="checkbox"/> Radial		Flushing:	Plan		
Seal Type: <input type="checkbox"/> Single Volume <input type="checkbox"/> Double Volume <input type="checkbox"/> Diffuser <input type="checkbox"/> Staggered		External Fluid Seal Plan:	Plan		
Tabbed Coverings: <input type="checkbox"/> Invert <input type="checkbox"/> Drain		Aux. Piping by MFR:	<input type="checkbox"/> Aux. Accessory by MF		
NOZZLES	Size in. Rating Facing Position	Stuffing Box Pressure (PSI):			
Suction:		Starting Torque Curve:			
Discharge:		MATERIALS:			
Impeller Diam. in. Rated Max. Min. Type: Closed		Impeller:	CN7M		
Impeller: <input checked="" type="checkbox"/> Overhung <input type="checkbox"/> Between Bearings <input type="checkbox"/> Single Suction <input type="checkbox"/> Double Suction		Inner Case Parts:	Alloy 20 Cb3		
External Bearing: <input type="checkbox"/> Radial <input type="checkbox"/> Thrust		Containment Shell:	Hastelloy C		
Coupling: MFR Type Flexible No. Lubricate MDT by Fabricante		Casing / Barrel:	ASTM A742 - CN7M		
Spacer: S Guards S		Adapter:	Alloy 20		
Seal: Magnets Driver Pump - Sealless		Wear Parts Casing:	Alloy 20		
Vertical Shaft Trust to Max. Allow in. 1/8 (in. 3.2mm) Sceptacle S (7)		Wear Parts Imp.:	Alloy 20		
Casing Min. Thick/Corr. Allow in. 1/8 (in. 3.2mm) Sceptacle S (7)		Shaft:	ASTM B73		
<input checked="" type="checkbox"/> Secondary containment option <input type="checkbox"/> Liquid leak detection - Pressure switch (11)		SHOP TEST	Req. d.	Observed	Witnessed
<input checked="" type="checkbox"/> Temperature sensor (10) <input checked="" type="checkbox"/> Control monitor temperature (10)		Running Part:	S		
AUXILIARY PIPING			Disassembly:		
Flushing: <input type="checkbox"/> Tubing <input type="checkbox"/> Pipe <input checked="" type="checkbox"/> Stainl. Steel <input type="checkbox"/> Screwed <input type="checkbox"/> Seal Weld		NPSH:			
Cool Water: <input type="checkbox"/> Tubing <input type="checkbox"/> Pipe <input checked="" type="checkbox"/> Carb. Steel <input checked="" type="checkbox"/> Stainl. Steel		Hydra. PSIG:	S		
MOTOR DRIVER BY:	TURBINE DRIVER BY:	Design Press. PSIG:			
Item: MP-485A/B	Item: MFR	Case MAWP:	PSIG	at	°F
HP: rpm 1800	HP: rpm	Weights: Pump lb. Base			
MFR: induction Enc. TEFC	MFR: MFR	Motor lb. Turbine lb.			
Insul. Class F	Inlet Steam PSIG: #	Tor. lb.			
Volt./Phase/Cycle: 460/3/50	Exhaust PSIG: CW req. d. LB / HP h.	REQUIRE MFR FINAL DATA (AS BUILT)			
Bearings: Ball Lube Grease	Stream Rate: Lube	Actual Impeller Diam. in. Req. d.:			
Full Load Amper: Serviced factor 1.15	Bearings: Size in. Rating Facing Position	Test Curve No. Req. d.:			
	Inlet	Outline Dwg No. Req. d.:			
	Exhaust	Pump Sect Dwg No. Req. d.:			
		Seal Dwg No. Req. d.:			
		Pump Serial No. Req. d.:			
		W.R. Clearance Diam. in. Req. d.:			
		(Mech. Seal/Packing) Imposed:			
		Installed:			
		Locked Separately:			
NOTES: 1- The material of the pump shall withstand sulfuric acid solution 0 - 30% wt and sodium hydroxide solution from 0 - 8%wt. 2- Impeller reduction below 80% of maximum diameter is not acceptable. 3- Impeller may not be used without the Purchaser approval for the specific application. 4- Coupling shall be not lubricated multiple flexible discs type. 5- Coupling shall be designed to retain the spacer in case of disc failure. 6- Vendor shall include a NPSH curve for complete capacity range. 7- Common associate shall be provided. 8- Supplies shall be order by ECOPETROL, 3 vendor list (GCB-309-1006). 9- Vendor shall have stable head/flow curve which continuously rise to shut-off. 10- Vendor shall include a containment shell or recirculation fluid temperature sensor and controller temperature for identify malfunctions. 11- Vendor shall include a liquid leak detection - pressure switch. 12- Rated power (BHP) was calculated assume pump eff 35%.					
INGENIERIA ELECTRONICA	29/03/2000	HRPS			
INGENIERIA MECANICA	29/03/2000	EFMG			
INGENIERIA PROCESOS	29/03/2000	HNS			
INGENIERIA ELECTRICA	29/03/2000	JUMB			
INGENIERIA METALURGICA	26/03/2000	PSBM			
Rev. Description	Date	Prd.	Clad.	App.	Rev. Description

En la Ilustración 5 del formato de calibraciones se pueden observar los distintos puntos específicos de las mediciones, los cuales son de gran importancia ya que estos brindan confiabilidad al mantenimiento, por lo que obedeciendo a sus holguras o ajustes depende el funcionamiento correcto del equipo. Este formato solo aplica a las bombas.

Ilustración 5. Formato de calibraciones del equipo

FORMATO DE MEDICIÓN Y VERIFICACIÓN DE BOMBAS TIPO OH1 - OH2									
MEDICIÓN DEL IMPULSOR 1					MEDICIÓN DEL IMPULSOR 2 (SI APLICA)				
DIBUJO	ÁREA/PUNTO	MEDIDA (mm)	CUMPLE		MEDIDA (mm)	CUMPLE		N/A	
			SI	NO		SI	NO		
	DES ARM	DES ARM			DES ARM				
	DES ARM	DES ARM			DES ARM				
	DES ARM	DES ARM			DES ARM				
	DES ARM	DES ARM			DES ARM				
	DES ARM	DES ARM			DES ARM				
	DES ARM	DES ARM			DES ARM				
No Álabes					No Álabes				
DESARMADO					DESARMADO				
EJECUTOR 1	REGISTRO	EJECUTOR 1	REGISTRO	REGISTRO	EJECUTOR 1	REGISTRO	EJECUTOR 1	REGISTRO	REGISTRO
FIRMA					FIRMA				
EJECUTOR 2	REGISTRO	EJECUTOR 2	REGISTRO	REGISTRO	EJECUTOR 2	REGISTRO	EJECUTOR 2	REGISTRO	REGISTRO
FIRMA					FIRMA				
FECHA:		FECHA:		FECHA:	FECHA:		FECHA:		FECHA:

ELABORADO POR:
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:
soporte al sistema integrado de gestión

APROBADO POR : Asesor de planeación
FECHA APROBACION:

Una vez se revisa el formato “Check list proceso de mantenimiento equipo rotativo” (Ilustración 3) y se verifica que se encuentren todos los documentos relacionados en el mismo (exceptuando los que no aplican), se procede a desarmar el equipo para realizar su respectivo mantenimiento.

Cabe resaltar que en el formato “Orden de mantenimiento”, hay un ítem llamado “Materiales/Servicios/Herramientas” donde se relacionan los elementos que se necesitan para intervenir el equipo, sin embargo, si durante el proceso surge la necesidad de algún otro, que no esté contemplado en este apartado, se procede a diligenciar el llamado “Formato de solicitud de materiales”, el cual es entregado al supervisor del taller y éste se encarga de realizar el trámite para la adquisición del faltante.

Ilustración 6. Formato para la solicitud de materiales o repuestos

GERENCIA REFINERIA BARRANCABERMEJA DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO TALLER DE MECÁNICA				
FORMATO DE SOLICITUD DE MATERIALES O REPUESTOS				
TAG EQUIPO:			OM:	
ÍTEM	No. Plano	NOMBRE O DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	CÓDIGO DE MATERIAL
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
ELABORÓ (Mantenedores):				
Nombre		Registro		Firma
APROBÓ (Supervisor):				
Nombre		Registro		Firma

3.1.2. Organizar y clasificar la información recolectada mediante tablas:

En tabla 2 se observa el listado de los equipos que por falta de repuestos en el momento del mantenimiento preventivo, se encuentran represados en el taller de mecánica de campo, esto es de vital importancia, porque como bien se pudo observar en los formatos anteriores, antes de intervenir el equipo se establece un protocolo y se diligencian ciertos documentos en los que se hace referencia a los materiales que se han de necesitar, entre los que se encuentran la orden de mantenimiento, específicamente en el aparte “Materiales/ Servicios/ Herramientas” y el formato de solicitud de materiales o repuestos, sin embargo aún con todo esto se sigue presentando el hecho de que no se cuentan con todos los elementos para el cumplimiento del mantenimiento a cabalidad.

Tabla 2. Equipos en espera de repuestos.

Referencia del equipo	Equipo	Fecha de programación	Repuestos pendientes
SP-2032 C	BOMBA CENTRIFUGA	06/07/18 - 02/08/18	Rodamientos, eje e impulsor
SP-1101 B	BOMBA CENTRIFUGA	06/02/19 - 25/02/19	Rodamientos, tornillería & sello
SP-4574 C	BOMBA CENTRIFUGA	13/04/19 - 01/05/19	Sello mecánico & eje
SP-4505 B	BOMBA CENTRIFUGA	16/01/19 - 02/02/19	Tornillería, empaque & eje
SP-485 A	BOMBA CENTRIFUGA	10/08/19 - 21/08/19	Sello & rodamientos
SP-4081 B	BOMBA CENTRIFUGA	15/04/19 - 30/04/19	Impulsor
SP-3860	BOMBA CENTRIFUGA	10/05/19 - 05/06/19	Rodamientos
NP-876 A	TURBINA	22/05/19 - 05/06/19	Carbones, eje & chumacera
XP-876 A	REDUCTOR DE VELOCIDAD	11/06/19 - 26/06/19	Piñonera, rodamientos & retenedores
SP-1203 A	BOMBA CENTRIFUGA	01/07/19 - 11/07/19	Rodamientos, sello & tornillería

Fuente: el autor

3.1.3. *Tomar evidencia fotográfica del taller de mantenimiento y de los equipos que aún se encuentran fuera de servicio por el no mantenimiento de los mismos:*

3.1.3.1 Fotografías del taller de mecánica de campo

En la ilustración 9 se puede observar el taller de mecánica de campo donde se elabora el mantenimiento preventivo de todos los equipos rotativos a nombre de Ecopetrol S.A.

Ilustración 9. Taller de mecánica de campo.



Fuente: el autor

En la ilustración 10 se pueden observar algunos de los equipos que se encuentran en la fase de armado del mantenimiento preventivo elaborado en el taller de mecánica.

Ilustración 10. Equipos en reparación.



Fuente: el autor

En la ilustración 11 se pueden observar todos los equipos que están en las diferentes fases del mantenimiento (desarmado, calibración de partes, lavado, etc.), los cuales son organizados en la zona de acopio del taller de mecánica.

Ilustración 11. Zona de acopio para equipos en reparación y por falta de repuestos



Fuente: el autor

3.1.3.2 Fotografías del stock que se maneja en el taller de mecánica de campo

En la ilustración 12 se puede observar la bodega del taller de mecánica la contiene una pequeña reserva de los materiales más utilizados en los mantenimientos preventivos de los equipos rotativos.

Ilustración 12. Bodega de repuestos del taller



Fuente: el autor

En la ilustración 13 se puede observar la bodega de rodamientos y carbones de repuesto del taller de mecánica la cual contiene una reserva de los suministros más importantes en los mantenimientos preventivos que se les realizan a los equipos rotativos.

Ilustración 13. Bodega de rodamientos y carbones de repuesto



Fuente: el autor

3.1.3.3 Fotografías de equipos repesados

En la ilustración 14 se pueden observar todos los equipos que se encuentran en espera de repuestos para el mantenimiento, estos equipos son aquellos que aparecen referenciados en la Tabla 1

Ilustración 14. Equipos en espera de repuestos.



Fuente: el autor

3.2. Elaborar un formato que permita hacer un checklist de tareas, para así controlar el cumplimiento de lo dispuesto en el plan de mantenimiento elaborado.

3.2.1. Elaborar cada una de las tareas a verificar en el checklist teniendo en cuenta el plan de mantenimiento realizado.

Tareas del checklist:

- Se seleccionó una actividad específica de la estrategia de mantenimiento.
- Se realizó la planeación para cada una de las tareas que contiene la actividad.
- Se elaboró el paquete de trabajo.

- Se revisó que se cumplan cada uno de los ítems del paquete de trabajo (Horas hombre planeadas, materiales y equipos reservados, instructivos vigentes ...).
- Si todo esta OK, Se realizó la programación con fechas exactas.
- Se realizó el alistamiento de todos los materiales, herramientas y demás que se necesiten para realizar la ejecución de la actividad a realizar.
- Se realizaron todas las operaciones de mantenimiento que se registran en la orden de mantenimiento del equipo (Ilustración 2) en su debido momento.
- Se cumplieron con todas las actividades que contiene el formato de protocolo de entrega del taller de mecánica al área (Ilustración 7).

3.2.2. Establecer el orden en que se deben realizar cada una de las tareas y clasificarlas de acuerdo al área (mantenimiento y planeación) que le corresponda.

Tareas del checklist que corresponden al departamento de planeación para la producción:

- Se seleccionó una actividad específica de la estrategia de mantenimiento.
- Se realizó la planeación para cada una de las tareas que contiene la actividad.
- Se elaboró el paquete de trabajo.
- Se revisó que se cumplan cada uno de los ítems del paquete de trabajo (Horas hombre planeadas, materiales y equipos reservados, instructivos vigentes ...).
- Si todo esta OK, Se realizó la programación con fechas exactas.

Tareas del checklist que corresponden al departamento de mantenimiento:

- Se realizó el alistamiento de todos los materiales, herramientas y demás que se necesiten para realizar la ejecución de la actividad a realizar.
- Se realizaron todas las operaciones de mantenimiento que se registran en la orden de mantenimiento del equipo (Ilustración 2) en su debido momento.
- Se cumplieron con todas las actividades que contiene el formato de protocolo de entrega del taller de mecánica al área (Ilustración 7).

En la tabla 3 se muestra el formato para realizar el checklist, en aras de verificar que las actividades señaladas anteriormente sean llevadas a cabo y así no dejar por fuera ninguna tarea competente tanto al departamento de planeación como al de mantenimiento.

Tabla 3. Formato de checklist para el cumplimiento de las actividades del plan de mantenimiento.

Tareas checklist del departamento de planeación para la producción.	Descripción de la tarea.	SI	NO
1	Se seleccionó una actividad específica de la estrategia de mantenimiento.		
2	Se realizó la planeación para cada una de las tareas que contiene la actividad.		
3	Se elaboró el paquete de trabajo.		
4	Se revisó que se cumplan cada uno de los ítems del paquete de trabajo (Horas hombre planeadas, materiales y equipos reservados, instructivos vigentes ...).		
5	Si todo esta OK, Se realizó la programación con fechas exactas.		
Tareas del checklist departamento de mantenimiento.	Descripción de la tarea.	SI	NO
1	Se realizó el alistamiento de todos los materiales, herramientas y demás que se necesiten para realizar la ejecución de la actividad a realizar.		

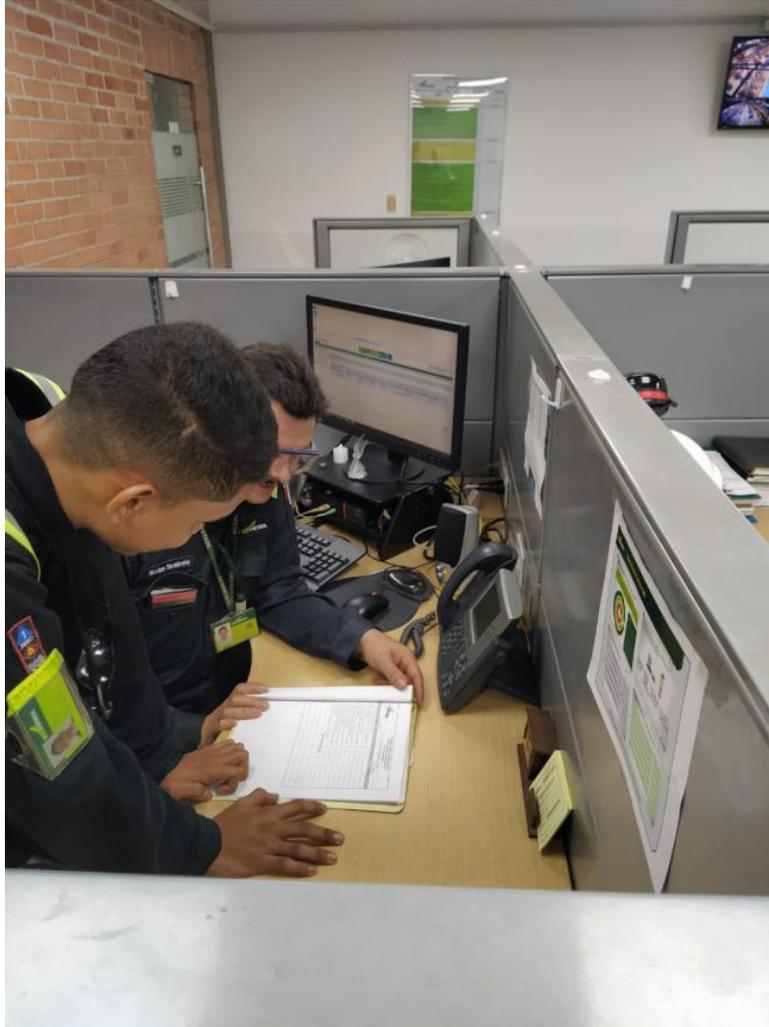
2	Se realizaron todas las operaciones de mantenimiento que se registran en la Orden de Mantenimiento del equipo (Ilustración 2) en su debido momento.		
3	Se cumplieron con todas las actividades que contiene el formato de protocolo de entrega del taller de mecánica al área (Ilustración 7).		

Fuente: el autor

3.2.3. Socializar el formato tanto en el área de planeación como en el de mantenimiento, de tal forma que se asegure su comprensión.

En la ilustración 15 se puede observar el momento en que se está realizando la socialización al supervisor del taller de mecánica de campo del nuevo formato de checklist que se implementó como parte de las mejoras que se le adicionaron al plan de mantenimiento.

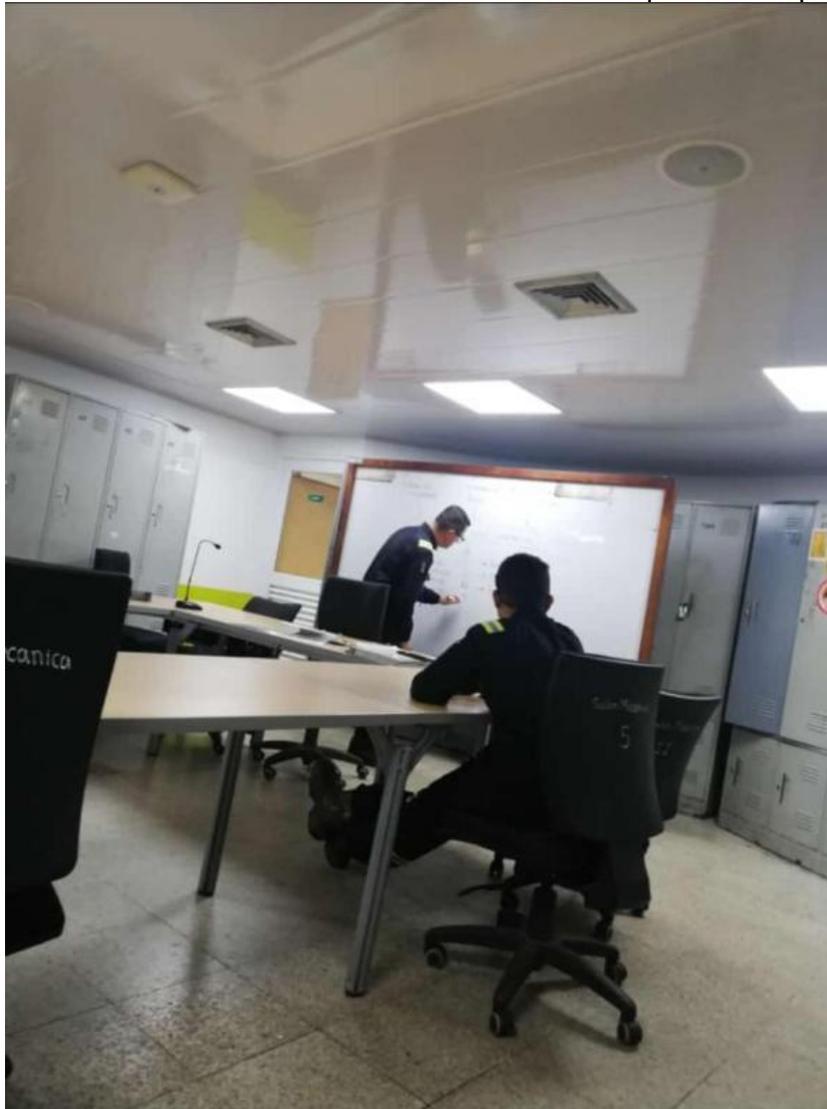
Ilustración 15. Socialización del formato de checklist al supervisor del taller de mecánica de campo.



Fuente: el autor

En la ilustración 16 se puede observar el momento en que se está realizando la socialización al supervisor del departamento de planeación para la producción del nuevo formato de checklist que se implementó como parte de las mejoras que se le adicionaron al plan de mantenimiento.

Ilustración 16. Socialización del formato de checklist al supervisor de planeación



Fuente: el autor

3.3. Plantear posibles soluciones para evitar que se presenten faltantes de repuestos en el área de trabajo durante el mantenimiento preventivo de los equipos.

3.3.1. Identificar cual es la ruta que se está manejando actualmente para la adquisición de los repuestos.

Procedimiento para la solicitud de repuestos con stock:

1. Los mecánicos del taller llenan el formato de solicitud de materiales o repuestos (Ilustración 6).
2. Se le hace entrega al supervisor encargado de las compras en el taller
3. El supervisor busca el código del repuesto.
4. Luego se busca la OM (orden de mantenimiento del equipo).
5. Posteriormente se realiza la compra por medio del software de la empresa (SAP).
6. Después se hace la solicitud al PLP (Planeación de la producción) encargado del área para que autorice la compra.
7. Luego se lleva el número de la reserva a la central de materiales.
8. Por último, se reclama en la zona de despacho el repuesto comprado.

Procedimiento para la solicitud de repuestos sin stock:

1. Los mecánicos del taller llenan el formato de solicitud de materiales o repuestos (Ilustración 6).
2. Se le hace entrega al supervisor encargado de las compras en el taller
3. El supervisor busca el código del repuesto.
4. Luego se busca la OM (orden de mantenimiento del equipo).
5. Posteriormente se realiza la compra por medio del software de la empresa (SAP).

6. Después se hace la solicitud al PLP (Planeación de la producción) encargado del área para que autorice la compra.
7. Luego se lleva el número de la reserva a la central de materiales.
8. Si los repuestos o materiales solicitados son menores (rodamientos, empaques, tornillería, retenedores...), los administradores de inventarios en la coordinación de inventarios y herramientas son los encargados de agilizar el proceso de compra del repuesto con el proveedor por medio de las diferentes estrategias que tienen.
9. Si los repuestos o materiales solicitados no son menores (ejes de bombas o de turbinas, volutas, pistones, impulsores...) se espera que los administradores de inventarios en la coordinación de inventarios y herramientas realicen la compra con los respectivos proveedores.
10. Luego de que la compra es realizada, el repuesto llega a la bodega de recibo y chequeo, allí el repuesto es reclamado por el supervisor encargado de las compras en el taller.

3.3.2. Determinar cuáles son los errores o fallas que se están presentando de acuerdo a la ruta establecida en la actualidad.

En la ruta que se está utilizando para la solicitud de materiales con stock en la bodega no se encuentran errores o fallas las cuales causen retrasos o represamientos de equipos en el taller.

Por lo contrario, en la ruta para la solicitud de materiales sin stock en la bodega se encuentra una falla la cual es causante que existan los represamientos de equipos en el taller, se puede observar un error en el paso 8 y 9 del procedimiento de solicitud de materiales ya que estos repuestos deben ser solicitados con anticipación por el planeador del área para que su proceso de compra y transporte

del mismo no consume tanto tiempo, ya que esto sería una ventaja para que cuando el supervisor del taller realice el cuadro de actividades ya cuente con un tiempo estipulado y mínimo para el mantenimiento de esos equipos.

3.3.3. Realizar entrevistas al personal que se encuentra al frente del mantenimiento preventivo de los equipos rotativos (planeación y mantenimiento).

Preguntas realizadas en las entrevistas a los supervisores de cada una de las áreas (planeación y mantenimiento).

1. ¿Dónde cree usted que radica el problema de la falta de repuestos durante el mantenimiento de los equipos?
2. ¿Cuáles serían las posibles soluciones que usted daría frente a esos problemas?
3. ¿Qué beneficios cree usted que se obtienen al resolver el inconveniente de los repuestos?

Entrevista al supervisor del taller de mecánica de campo.

1. ¿Dónde cree usted que radica el problema de la falta de repuestos durante el mantenimiento de los equipos?.
- El problema puede radicar en que los encargados de realizar la planeación para el mantenimiento de los equipos no se están tomando el tiempo necesario para realizar bien la tarea de averiguar si los repuestos que se necesitan para el mantenimiento de los equipos cuentan con un stock en la bodega de materiales.

2. ¿Cuáles serían las posibles soluciones que usted daría frente a esos problemas?.

- La posible solución sería la implementación de un documento donde se pueda llevar el control del procedimiento, donde con él se pueda evidenciar que se está cumpliendo con cada una de las tareas o actividades con las que cuenta el procedimiento para la planeación de los equipos

3. ¿Qué beneficios cree usted que se obtienen al resolver el inconveniente de los repuestos?.

- El beneficio que puede traer la solución del inconveniente de los repuestos no solo es para el taller de mecánica sino también para toda la organización, ya que se podría realizar un mayor número de equipos reparados, esto sería un gran golpe en los indicadores de productividad para la producción. Según Carlos Garcés, supervisor del taller, actualmente se tenía trazada una meta de 350 equipos al año y sobrepasamos esa meta con 375 equipos reparados. Estoy seguro que, con la calidad y la experiencia de nuestros mecánicos, si nos entregaran los equipos con todos los repuestos necesarios para su mantenimiento repararíamos 800 equipos al año.

Entrevista realizada al supervisor de planeación.

1. ¿Dónde cree usted que radica el problema de la falta de repuestos durante el mantenimiento de los equipos?

- El problema radica en la bodega de materiales y su coordinación, ya que cuando el planeador del área (PLP) realiza la gestión de los repuestos por

medio del software empresarial (SAP) a veces se presentan dos situaciones, se evidencia que existen materiales que no cuentan con un stock, por lo tanto no se puede realizar la reserva de esos materiales, o también se evidencia que existe un stock en la bodega, pero en el momento que el gestor de materiales del taller va a reclamar la reserva a la bodega de despacho de materiales, no existe stock para algunos repuestos solicitados en la reserva

2. ¿Cuáles serían las posibles soluciones que usted daría frente a esos problemas?

- Diría que una posible solución es realizar inventarios en tiempos determinados para así poder tener un stock real y también acabar con la problemática de que no exista un stock para algunos materiales necesarios o de alta demanda.

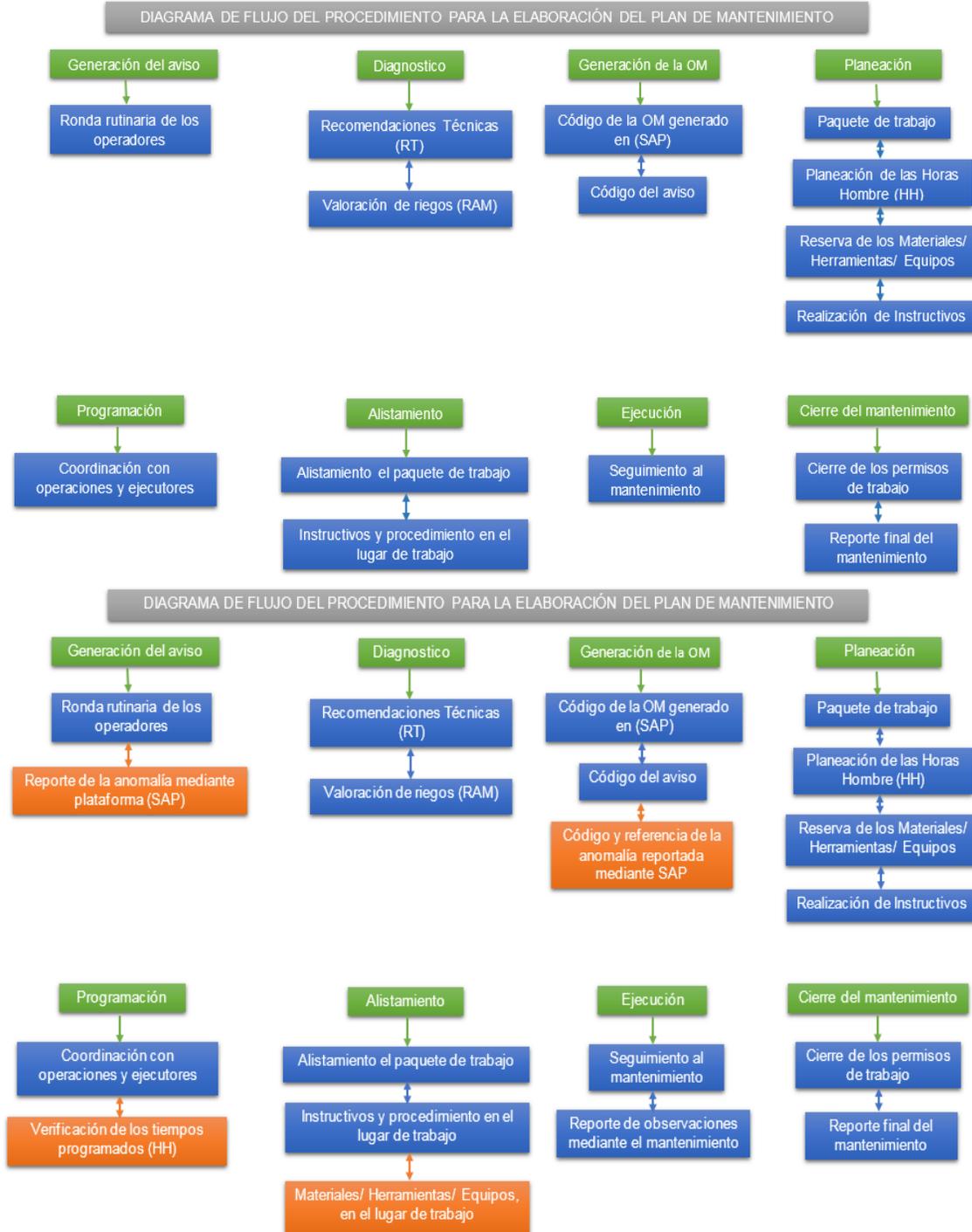
3. ¿Qué beneficios cree usted que se obtienen al resolver el inconveniente de los repuestos?

- Al ser solucionado este problema ya no existirían retrasos en las programaciones realizadas a los equipos que salen a mantenimiento.

4. RESULTADOS

En la ilustración 17 se puede observar una imagen comparativa del procedimiento que se está utilizando actualmente en la organización para realizar el mantenimiento de los equipos, versus el plan mejorado que es desarrollado en aras de perfeccionarlo. En la figura se puede observar de color naranja las adiciones o mejoras realizadas.

Ilustración 17. Diagramas comparativos del flujo de procedimiento para la elaboración del plan de mantenimiento



Fuente: el autor

Como resultados en el nuevo plan de mantenimiento se agregaron las siguientes actividades en las diferentes fases del procedimiento:

- En la fase de la generación del aviso, la cual le corresponde al departamento de producción, se añadió una actividad muy importante, la cual consiste en que a que los operadores de plantas, quienes son los encargados de avisar respecto de alguna anomalía, se les brinde un espacio en la plataforma SAP, para que de esta manera, ellos hagan el reporte en ella y así éste pueda ser guardado y archivado. Con esta actividad se busca que al tener el reporte en una base de datos, éste pueda ser anexado en la Orden de Mantenimiento para que se pueda cumplir con otra de las actividades añadidas en el nuevo plan.
- En la fase de la generación de la OM (orden de mantenimiento), la cual le corresponde al departamento de planeación para la producción, se añadió una actividad la cual consiste, en que al ser generado el documento anterior, éste traiga consigo el código y la referencia de la anomalía reportada por los operadores en el SAP. Con esta actividad se busca que los mecánicos a los cuales les corresponde el mantenimiento del equipo, tengan una idea de cuáles eran las fallas o anomalías que venía presentando el mismo.
- Por otra parte, teniendo en cuenta la ilustración 17, en el aparte de “reserva de los Materiales/ Herramientas/ Equipos”, sino existe el stock de los elementos que se necesitan para intervenir en el equipo, es recomendable no seguir con las siguientes fases del proceso de mantenimiento, ya que no solamente sería muy difícil continuar con el resto de las etapas al existir un faltante o falla en la cadena, sino que a su vez quedarían incorrectamente

planeadas las horas/hombre, por lo tanto la productividad en el taller se vería afectada dada las otras labores que se realizan diariamente en el mismo.

- En la fase de la programación, la cual le corresponde al departamento de planeación para la producción, se añadió una actividad la cual consiste, en que los PLP (planeadores de la producción) del área, tengan como una tarea fundamental, realizar la verificación de las Horas/Hombre programadas, mediante la concertación con el supervisor del taller de mecánica, ya que ésta es la persona indicada para saber los tiempos que se requieren para la realización del mantenimiento del equipo. Con esto se busca que no existan malas programaciones de tiempo y personal y por lo tanto, que no existan retrasos innecesarios que afecten los indicadores de productividad del taller de mecánica.
- En la fase de alistamiento, la cual le corresponde al departamento de mantenimiento, se agregó una actividad la cual consiste en que se realice un barrido a todos los equipos, herramientas y repuestos que van a ser utilizados y posteriormente ubicarlos en el lugar de trabajo. Con esta nueva actividad se busca que se reduzca la programación de Horas/Hombre, al utilizar eficientemente el tiempo y por lo tanto que exista más productividad en el taller de mecánica.

5. CONCLUSIONES

Como se mencionó a lo largo de todo el documento, uno de los grandes problemas que se encontraron en el taller de mecánica de campo, dependencia 10.000.295, en la Gerencia Refinería Barrancabermeja (GRB), fue el represamiento de equipos debido a la falta de repuestos para la realización de su respectivo mantenimiento.

Después de un minucioso análisis del procedimiento que se está utilizando actualmente y de la debida identificación de fallas en el mismo y en la ruta de adquisición de materiales, se plantearon diversas soluciones, entre las más importantes se tienen:

- Se elaboró un formato de tipo check list, que reúne las tareas que permitirán controlar el cumplimiento del plan de mantenimiento elaborado, tanto para el departamento de mantenimiento como para el de planeación.
- Respecto al flujo de procedimiento para la elaboración del plan de mantenimiento (Ilustración 1), se añadieron nuevas tareas que son base para la corrección y mejoramiento de las falencias que existen, las cuales son: el reporte de anomalías mediante plataforma SAP por parte de los operadores, esto en la etapa de generación del aviso, segundo, codificar y referenciar la anomalía reportada, en la fase de generación de la orden de mantenimiento, tercero, verificar las horas /hombre a utilizar, en la etapa de programación y por último, en la fase de alistamiento, el disponer eficientemente de materiales, herramientas y equipos.

6. RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar una mejor estadística de los repuestos que normalmente se necesitan a la hora de intervenir un equipo en específico, de tal manera que se mantenga un stock suficiente de los mismos. A su vez se sugiere prever aquellos que no son tan comunes pero que pudieran ser requeridos a futuro, aunque se manejen en cantidad limitada.

También se recomienda realizar una adecuación al taller de mecánica de campo, donde en ella se tenga en cuenta la compra de equipos que faciliten, aseguren y le den confiabilidad a el mantenimiento, esto sería de mucha importancia ya que con estas intervenciones se elevarían los indicadores de producción y se reducirían los indicadores de accidentalidad en el trabajo. Ya que esta es una de las metas que tiene planteada la organización.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aescuderor. (08 de Septiembre de 2015). *Wordpress*. Obtenido de <https://mantenimientofacil.wordpress.com/2015/09/08/teoria-del-mantenimiento-industrial/###targetText=Conjunto%20de%20técnicas%20y%20sistemas,los%20usuarios%20de%20las%20máquinas>.
- API standard 611. (2008). *General Purpose Steam Turbine for Petroleum*. Washington.
- API standard 612. (2008). *Steam Turbines Special Purpose Applications*. Washington.
- Autosoporte. (18 de Febrero de 2014). *Autosoporte*. Obtenido de <https://www.autosoporte.com/blog-automotriz/item/298-que-es-un-taller-mecanico>
- Calvo, E., & Fernández, C. (2017). *Teoría general del mantenimiento y de la fiabilidad*. Tesis, Universidad de Cantabria, Santander. Obtenido de <https://ocw.unican.es/pluginfile.php/2489/course/section/2495/Mantenimiento1.pdf>
- Grundfos Colombia S.A.S. (2019). *Grundfos*. Obtenido de <https://co.grundfos.com/service-support/encyclopedia-search/impeller.html>
- Guevara, R., & Osorio, P. (2014). *Desarrollar un plan de mantenimiento preventivo para una empresa prestadora de servicio de transporte interdepartamentales*. Tesis, Universidad Autónoma del Caribe, Atlántico, Barranquilla. Obtenido de <http://190.144.180.114/bitstream/handle/123456789/789/TMEC%201123.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- ISO 9000. (2015). *Iso 9000*. Obtenido de <https://www.iso.org/obp/ui/es/#iso:std:iso:9000:ed-4:v1:es>

- ISO 9001. (2015). *Isotools*. Obtenido de <https://www.isotools.org/normas/calidad/iso-9001>
- Mantenimiento. (s.f.). *Mantenimiento.win*. Obtenido de <https://mantenimiento.win>
- Martin, R., Salcedo, R., & Font. (2011). *Mecanica de fluidos*. Tesis, Universidad de Alicante, Alicante, San vicente del Raspeig. Obtenido de https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/20299/4/tema2_impulsion.pdf
- Méndez, L. (2012). *Diseño de un plan de mejora del mantenimiento correctivo y actualización del mantenimiento preventivo en multidimensionales s.a*. Tesis, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Cundinamarca, Bogotá. Obtenido de <http://udistrital.edu.co:8080/documents/138588/3099636/final.pdf>
- MIL-STD-721C. (12 de Junio de 1981). *Military Standard*. Obtenido de http://www.barringer1.com/mil_files/MIL-STD-721RevC.pdf
- Ministerio de Ambiente. (2019). *MinAmbiente*. Obtenido de <http://www.minambiente.gov.co/index.php/temas-planeacion-y-seguimiento/47-tema-inicial>
- Ministerio de Educacion Nacional. (Enero-Febrero de 2004). *MinEducación*. Obtenido de <https://www.mineducacion.gov.co/1621/article-87254.html###targetText=Un%20Plan%20de%20Mejoramamiento%20es,y%20sistem%C3%A1tica%20desde%20las%20instituciones.&targetText=Este%20instrumento%20les%20permite%20saber,que%20necesita%20mejorar%20el%20ni%C3%B1o>.
- NSK. (2019). *NSKeurope*. Obtenido de <https://www.nskeurope.es/es/products/what-s-a-bearing.html>
- Pacheco, M. (2005). *“Plan de mantenimiento preventivo para los Procesos de trituración y molienda de la Planta de beneficio maría dama Frontino gold mines*. Tesis, Universidad Industrial de Santander , Santander, Bucaramanga. Obtenido de <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2005/116184.pdf>

Partesdel.com. (s.f.). *Partesdel.com.* Obtenido de
<https://www.partesdel.com/partes-de-la-bomba-centrifuga.html>

Pérez, W., Torres, C., Camacho, R., & Van de Velde, W. (2015). *Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para centrales.* Tesis, Universidad Nacional Abierta de Nicaragua, Managua. Obtenido de
<https://www.lamjol.info › index.php › FAREM › article › download>

Reviso Soluciones Cloud SL. (2019). *Reviso.* Obtenido de
<https://www.reviso.com/es/que-es-un-activo>

Sierra, G. (2004). *Programa de mantenimiento preventivo para la empresa metalmecánica industrias AVM S.A.* Tesis, Universidad Industrial de Santander, Santander, Bucaramanga. Obtenido de
<http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2004/112490.pdf>

8. ANEXOS

En Ilustración 18 se puede observar el protocolo para el cambio de custodia, el cual es necesario para la recepción del equipo en el taller, ya que con este formato diligenciado el responsable del equipo es el taller de mecánica de campo.

Ilustración 18. Protocolo para cambio de custodia Pág. 1.

The image displays two technical forms from PETROL, used for equipment custody change. The top form is titled 'PROTODCO PARA CAMBIO DE CUSTODIA SISTEMA BOMBA - MOTOR' and the bottom form is 'PROTODCO PARA CAMBIO DE CUSTODIA SISTEMA MOTOR-REDUCTOR'. Both forms include sections for equipment identification, inspection of components, and a checklist of operational checks.

Form 1: PROTODCO PARA CAMBIO DE CUSTODIA SISTEMA BOMBA - MOTOR

- A. IDENTIFICACION DEL EQUIPO:** Includes fields for equipment name, plant, OT, date, and distance.
- B. REVISION DEL ALARMADO:** Includes a diagram of the alarm system and a checklist for alarm components.
- C. REVISION DE PARTES:** Includes a checklist for various parts and their status.
- D. REVISION DE INSTRUMENTOS:** Includes a checklist for instrument readings and status.
- E. VERIFICACION DE CONEXIONES:** Includes a checklist for connection points.
- F. REVISION DE RESERVORIOS:** Includes a checklist for reservoir levels and status.
- G. PLAN DE MANTENIMIENTO:** Includes a checklist for maintenance tasks.

Form 2: PROTODCO PARA CAMBIO DE CUSTODIA SISTEMA MOTOR-REDUCTOR

- A. IDENTIFICACION DEL EQUIPO:** Includes fields for equipment name, plant, OT, date, and distance.
- B. ENTREGA DE CUSTODIA (OPERACIONES & MANTENIMIENTO):** Includes a checklist for operational and maintenance tasks.
- C. IDENTIFICACION DEL EQUIPO (ENTREGA DE CUSTODIA DE MANTENIMIENTO & OPERACIONES):** Includes fields for equipment name, plant, OT, date, and distance.
- D. ENTREGA DE CUSTODIA (MANTENIMIENTO & OPERACIONES):** Includes a checklist for maintenance and operational tasks.
- E. ENTREGA DE CUSTODIA (OPERACIONES & MANTENIMIENTO) - VALORES DE VIBRACION POR PARTE DE ASES:** Includes a checklist for vibration values.

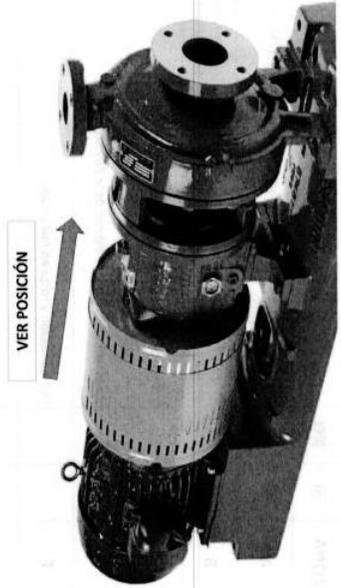
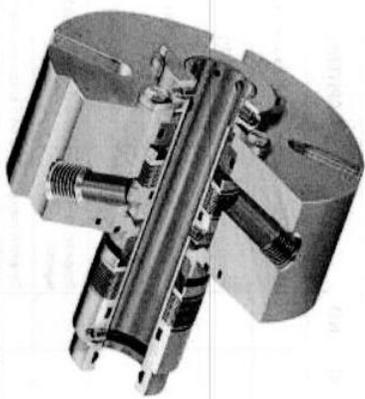
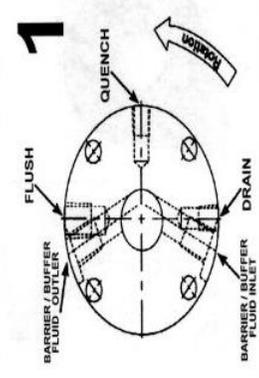
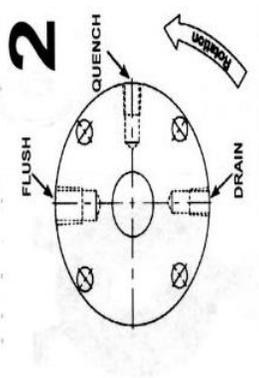
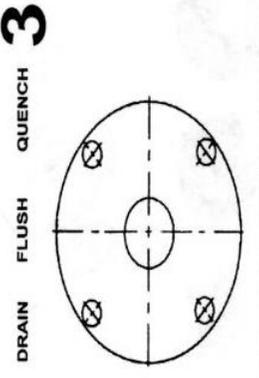
ELABORADO POR:
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:
soporte al sistema integrado de gestión

APROBADO POR : Asesor de planeación
FECHA APROBACION:

En la Ilustración 19 se puede observar el formato de verificación del sello mecánico, este formato consiste en que el mecánico encargado del mantenimiento identifique qué clase de sello es y verifique la posición del mismo si aplica.

Ilustración 19. Formato de verificación del sello.

GERENCIA REFINERIA BARRANCABERMEJA - DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO - COORDINACIÓN DE MANTENIMIENTO PROACTIVO CENTRALIZADO - TALLER DE MECÁNICA DE CAMPO		FECHA DE INSPECCIÓN:	
FORMATO DE INSPECCIÓN VISUAL DE COMPONENTES EN BOMBAS TIPO OH1 - OH2		TAG DEL EQUIPO:	
IDENTIFICACIÓN DE LA POSICIÓN Y CONEXIONES DEL SELLO MECÁNICO			
			
			
	OPCIÓN 1	OPCIÓN 2	OPCIÓN 3

En la ilustración 20 se puede observar el formato de inspección visual de los componentes del equipo, los diferentes criterios de calificación para cada uno de los componentes del equipo, donde en ellos se define el estado de cada uno de los elementos del equipo, el cual es muy importante para la realización de la compra de repuestos o materiales.

Ilustración 20. Formatos de inspección visual de los componentes del equipo

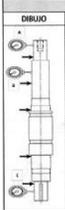
INSPECCIÓN VISUAL DE VOLUTA O CARCASA DE LA BOMBA				INSPECCIÓN VISUAL DE IMPULSOR DE LA BOMBA				INSPECCIÓN VISUAL DE EJE DE LA BOMBA				INSPECCIÓN VISUAL DE CABEZOTE O CAMARA DE SELLADO			
ESQUEMA		FOTOGRAFÍA		ESQUEMA		FOTOGRAFÍA		ESQUEMA		FOTOGRAFÍA		ESQUEMA		FOTOGRAFÍA	
ZONA	SI	NO	CRITERIO	ZONA	SI	NO	CRITERIO	ZONA	SI	NO	CRITERIO	ZONA	SI	NO	CRITERIO
A			Desgaste localizado, rameras, grietas, sup. a 3.2mm (1/8") en guía cabezote o campo.	A			Rayos o surcos profundos superiores a 1.6mm (1/16").	A			Rayos, grietas, erosión o desgaste de la superficie del eje Área Acople.	A			Daño en superficies de sellado de juntas/juntas tóricas.
B			Desgaste localizado, rameras, grietas, sup. a 3.2mm (1/8") en anillo de desgaste. Irregularidad en zona de asiento de la junta de la carcasa.	A			Desgaste parajo superior a 0.8mm (1/32").	B	TODO		Rayos, grietas, erosión o desgaste de la superficie del eje Área Rodamientos Axiales.	TODO			Desgaste, daño o corrosión de las superficies del cabezote superior a 0.8mm (1/16").
C			Irregularidad en zona de asiento de la succión.	B			Borlas de las paletas con corrosión, grietas o picaduras.	C			Rayos, grietas, erosión o desgaste de la superficie del eje Área Rodamientos Axial.	B			Taponamiento en conductos de drenaje, refrigeración o lavado (Si aplica).
D			Irregularidad en zona de asiento de la descarga.	B			Deformación de la curvatura de los flabos superior a 0.8mm.	D			Rayos, grietas, erosión o desgaste de la superficie del eje Área Sello Mecánico.	B			Fugas por grietas, poros o fracturas en el sistema de enfriamiento (Fluïda Hidrostática).
E			Ventosa tapado y rosca en mal estado.	C			Desgaste, corrosión, erosión o grietas anillo lado cabezote o puntos de sujeción.	E			Rayos, grietas, erosión o desgaste de la superficie del eje Área Impulsor.	C			Anillo de desgaste corroído o erosionado.
F			Drenaje tapado y rosca en mal estado.	D			Desgaste, corrosión, erosión o grietas en anillo lado Voluta o puntos de sujeción.	F			Daños en los hilos o roscas del agujero o extremo roscado.	D			Casquillo o buje de restricción corroído o erosionado.
G			Roscas de agujeros de fijación en mal estado.				Anillos de desgaste corroídos o erosionados.	G			Grietas, deformaciones, erosión en cañero del eje.	TODO			Roscas de agujeros de fijación en mal estado.

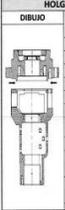
INSPECCIÓN VISUAL DE MANZANA DE ACOPILE				RESUMEN DE DESVIACIONES Y OBSERVACIONES ADICIONALES			
ESQUEMA		FOTOGRAFÍA					
ZONA	SI	NO	CRITERIO				
TODO			Grietas o fisuras.				
TODO			Deformaciones que afecten integridad.				
TODO			Roscas de agujeros de fijación en mal estado.				
A			Caja de cufero en mal estado.				
Referencia del Acople:				EJECUTOR 1 REGISTRO FIRMA			
				EJECUTOR 2 REGISTRO FIRMA			
				VALIDADO SUPERVISOR REGISTRO FIRMA			

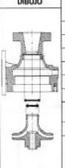
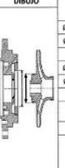
INSPECCIÓN VISUAL DE CAJA DE RODAMIENTOS				INSPECCIÓN VISUAL DE CAJA DE RODAMIENTOS			
ESQUEMA		FOTOGRAFÍA		ESQUEMA		FOTOGRAFÍA	
ZONA	SI	NO	CRITERIO	ZONA	RADIAL	AXIAL	CRITERIO
A			Grietas, fisuras o daños en las superficies de la caja de rodamientos o en el eje.	TODO			Superficies corroídas, fisuras, grietas.
			Anillos de lubricación en mal estado (Si aplica).	A			Caravilla fisurada, con grietas, partida.
			Conductos de lubricación obstruidos o tapados.	TODO			Elementos rodamientos quemados, erosionados.
B			Visor de aceite dañado.	B			Diámetro interno con huella de desplazamiento.
C			Ventosa dañado.	C			Diámetro externo con huella de desplazamiento.
D			Superficies internas con óxido, incrustaciones o residuos.	TODO			Pistas internas con erosión, desgaste o quemadura. Cebrazón anormal en las pistas.
TODO			Roscas de agujeros de fijación en mal estado.	TODO			Tuerca de sujeción esta floja, rosca o sin anillo de sujeción.

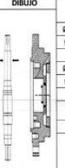
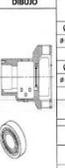
En la ilustración 21 & 22 se pueden observar las demás páginas del formato de calibraciones del equipo.

Ilustración 21. Formato de calibraciones del equipo
Ilustración 22. Formato de calibraciones del equipo

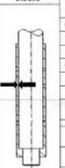
FORMATO DE MEDICIÓN Y VERIFICACIÓN DE BOMBAS TIPO OH1 - OH2									
RUN OUT DEL EJE				HOLGURA GUÍAS CUERPO Y CABEZOTE					
DIBUJO	ÁREA/PUNTO	MEDIDA (mm)	CUMPLE	DIBUJO	ÁREA/PUNTO	PUNTO 1 (mm)	PUNTO 2 (mm)	CUMPLE	
	A: Área Acasole	0,05	SI NO N/A		Ø Casing			SI NO N/A	
	B: Área Sello Mecánico	0,05	SI NO N/A		Ø Casing			SI NO N/A	
	C: Área Impulsor	0,05	SI NO N/A		Ø Casing			SI NO N/A	
NOTA: Cambiar el Eje si el Runout excede de 0,002 pulgadas (0,05mm) del TIR.									
DESARMADO		ARMADO		DESARMADO		ARMADO			
EJECUTOR 1	REGISTRO	EJECUTOR 1	REGISTRO	EJECUTOR 1	REGISTRO	EJECUTOR 1	REGISTRO	EJECUTOR 1	REGISTRO
FIRMA		FIRMA		FIRMA		FIRMA		FIRMA	
EJECUTOR 2	REGISTRO	EJECUTOR 2	REGISTRO	EJECUTOR 2	REGISTRO	EJECUTOR 2	REGISTRO	EJECUTOR 2	REGISTRO

FORMATO DE MEDICIÓN Y VERIFICACIÓN DE BOMBAS TIPO OH1 - OH2									
HOLGURA GUÍAS CABEZOTE Y CAJA DE RODAMIENTOS					HOLGURA GUÍAS CABEZOTE Y BRIDA DE SELLO				
DIBUJO	ÁREA/PUNTO	PUNTO 1 (mm)	PUNTO 2 (mm)	CUMPLE	DIBUJO	ÁREA/PUNTO	PUNTO 1 (mm)	PUNTO 2 (mm)	CUMPLE
	Ø Caja			SI NO N/A		Ø Sello			SI NO N/A
	Ø Cabezote			SI NO N/A		Ø Sello			SI NO N/A
	Ø Caja			SI NO N/A		Ø Cabezote			SI NO N/A
OVALAMIENTO (Hasta Ø457,2mm): +0,025 hasta +0,127mm (Por encima de Ø457,2mm) +0,076 hasta +0,20mm									
DESARMADO		ARMADO		DESARMADO		ARMADO			
EJECUTOR 1	REGISTRO	EJECUTOR 1	REGISTRO	EJECUTOR 1	REGISTRO	EJECUTOR 1	REGISTRO	EJECUTOR 1	REGISTRO
FIRMA		FIRMA		FIRMA		FIRMA		FIRMA	
EJECUTOR 2	REGISTRO	EJECUTOR 2	REGISTRO	EJECUTOR 2	REGISTRO	EJECUTOR 2	REGISTRO	EJECUTOR 2	REGISTRO

FORMATO DE MEDICIÓN Y VERIFICACIÓN DE BOMBAS TIPO OH1 - OH2									
HOLGURA ANILLO CUERPO Y ANILLO IMPULSOR					HOLGURA ANILLO CUERPO Y ANILLO IMPULSOR				
DIBUJO	ÁREA/PUNTO	PUNTO 1 (mm)	PUNTO 2 (mm)	CUMPLE	DIBUJO	ÁREA/PUNTO	PUNTO 1 (mm)	PUNTO 2 (mm)	CUMPLE
	Ø Anillo Cuerpo			SI NO N/A		Ø Anillo Cabezote			SI NO N/A
	Ø Anillo Impulsor			SI NO N/A		Ø Anillo Impulsor			SI NO N/A
	Holgura			SI NO N/A		Holgura			SI NO N/A
	Holgura			SI NO N/A		Holgura			SI NO N/A
OVALAMIENTO Ver Tabla No. 6 Holguras Mínimas Internas. API 610									
DESARMADO		ARMADO		DESARMADO		ARMADO			
EJECUTOR 1	REGISTRO	EJECUTOR 1	REGISTRO	EJECUTOR 1	REGISTRO	EJECUTOR 1	REGISTRO	EJECUTOR 1	REGISTRO
FIRMA		FIRMA		FIRMA		FIRMA		FIRMA	
EJECUTOR 2	REGISTRO	EJECUTOR 2	REGISTRO	EJECUTOR 2	REGISTRO	EJECUTOR 2	REGISTRO	EJECUTOR 2	REGISTRO
FIRMA		FIRMA		FIRMA		FIRMA		FIRMA	
FECHA:		FECHA:		FECHA:		FECHA:		FECHA:	

FORMATO DE MEDICIÓN Y VERIFICACIÓN DE BOMBAS TIPO OH1 - OH2									
HOLGURA BUJE DE RESTRICCIÓN Y EJE (CAMISA SELLO MECÁNICO)					HOLGURA RODAMIENTO RADIAL Y CAJA DE RODAMIENTOS				
DIBUJO	ÁREA/PUNTO	PUNTO 1 (mm)	PUNTO 2 (mm)	CUMPLE	DIBUJO	ÁREA/PUNTO	PUNTO 1 (mm)	PUNTO 2 (mm)	CUMPLE
	Ø Interior Bujes			SI NO N/A		Ø Interior Caja			SI NO N/A
	Ø Exterior Eje			SI NO N/A		Ø Exterior Rodamiento			SI NO N/A
	Holgura			SI NO N/A		Holgura			SI NO N/A
	Holgura			SI NO N/A		Holgura			SI NO N/A
OVALAMIENTO Ver Tabla No. 7 para definir holguras.									
DESARMADO		ARMADO		DESARMADO		ARMADO			
EJECUTOR 1	REGISTRO	EJECUTOR 1	REGISTRO	EJECUTOR 1	REGISTRO	EJECUTOR 1	REGISTRO	EJECUTOR 1	REGISTRO
FIRMA		FIRMA		FIRMA		FIRMA		FIRMA	
EJECUTOR 2	REGISTRO	EJECUTOR 2	REGISTRO	EJECUTOR 2	REGISTRO	EJECUTOR 2	REGISTRO	EJECUTOR 2	REGISTRO
FIRMA		FIRMA		FIRMA		FIRMA		FIRMA	
FECHA:		FECHA:		FECHA:		FECHA:		FECHA:	

FORMATO DE MEDICIÓN Y VERIFICACIÓN DE BOMBAS TIPO OH1 - OH2									
HOLGURA RODAMIENTO(S) AXIAL(ES) Y CAJA DE RODAMIENTOS					AJUSTE RODAMIENTO RADIAL Y EJE				
DIBUJO	ÁREA/PUNTO	PUNTO 1 (mm)	PUNTO 2 (mm)	CUMPLE	DIBUJO	ÁREA/PUNTO	PUNTO 1 (mm)	PUNTO 2 (mm)	CUMPLE
	Ø Interior Caja			SI NO N/A		Ø Interior Rodamiento			SI NO N/A
	Ø Exterior Rodamiento			SI NO N/A		Ø Exterior Eje			SI NO N/A
	Holgura			SI NO N/A		Ajuste			SI NO N/A
	Holgura			SI NO N/A		Ajuste			SI NO N/A
OVALAMIENTO Ø90 - 120mm: 0,010 hasta +0,037mm Ø130 - 150mm: 0,010 hasta +0,043mm Ø160 - 180mm: 0,010 hasta +0,050mm									
DESARMADO		ARMADO		DESARMADO		ARMADO			
EJECUTOR 1	REGISTRO	EJECUTOR 1	REGISTRO	EJECUTOR 1	REGISTRO	EJECUTOR 1	REGISTRO	EJECUTOR 1	REGISTRO
FIRMA		FIRMA		FIRMA		FIRMA		FIRMA	
EJECUTOR 2	REGISTRO	EJECUTOR 2	REGISTRO	EJECUTOR 2	REGISTRO	EJECUTOR 2	REGISTRO	EJECUTOR 2	REGISTRO
FIRMA		FIRMA		FIRMA		FIRMA		FIRMA	
FECHA:		FECHA:		FECHA:		FECHA:		FECHA:	

FORMATO DE MEDICIÓN Y VERIFICACIÓN DE BOMBAS TIPO OH1 - OH2									
AJUSTE RODAMIENTO(S) AXIAL(ES) Y EJE					AJUSTE CAMISA Y EJE				
DIBUJO	ÁREA/PUNTO	PUNTO 1 (mm)	PUNTO 2 (mm)	CUMPLE	DIBUJO	ÁREA/PUNTO	PUNTO 1 (mm)	PUNTO 2 (mm)	CUMPLE
	Ø Interior Rodamiento			SI NO N/A		Ø Interior Camisa			SI NO N/A
	Ø Exterior Eje			SI NO N/A		Ø Exterior Eje			SI NO N/A
	Ajuste			SI NO N/A		Ajuste			SI NO N/A
	Ajuste			SI NO N/A		Ajuste			SI NO N/A
OVALAMIENTO Ø35 - 50mm: -0,002 hasta -0,025mm Ø55 - 80mm: -0,002 hasta -0,030mm Ø85 - 120mm: -0,003 hasta -0,038mm									
DESARMADO		ARMADO		DESARMADO		ARMADO			
EJECUTOR 1	REGISTRO	EJECUTOR 1	REGISTRO	EJECUTOR 1	REGISTRO	EJECUTOR 1	REGISTRO	EJECUTOR 1	REGISTRO
FIRMA		FIRMA		FIRMA		FIRMA		FIRMA	
EJECUTOR 2	REGISTRO	EJECUTOR 2	REGISTRO	EJECUTOR 2	REGISTRO	EJECUTOR 2	REGISTRO	EJECUTOR 2	REGISTRO
FIRMA		FIRMA		FIRMA		FIRMA		FIRMA	
FECHA:		FECHA:		FECHA:		FECHA:		FECHA:	

En la Ilustración 23 se puede observar los distintos formatos que existen para la solicitud de trabajos en el taller de máquinas y herramientas, el cual es necesario cuando se requieren hacer correcciones, cambios o recuperaciones en algunas de las partes del equipo.

Ilustración 23. Formato de alcance para trabajos en máquinas y herramientas

GERENCIA REFINERIA BARRANCABERMEJA DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO TALLER DE MECÁNICA DE CAMPO					
FORMATO DE SOLICITUD DE TRABAJOS DE FABRICACIÓN Y/O MAQUINADO DE PARTES					
TAG EQUIPO:	OH:	TAREA:	Fecha recibo Taller MH:	Fecha entrega Taller MH:	
DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO SOLICITADO:					
Especifique Material Vc. No. De Supervisor Para Ejecución					
EJECUTOR 1:			EJECUTOR 2:		
ELABORÓ ALCANCE			RECIBE POR TALLER DE MÁQUINAS		
NOMBRE	REGISTRO	FIERHA	NOMBRE	REGISTRO	FIERHA
RECIBE A CONFORMIDAD			ENTREGA POR TALLER DE MÁQUINAS		
NOMBRE	REGISTRO	FIERHA	NOMBRE	REGISTRO	FIERHA

GERENCIA REFINERIA BARRANCABERMEJA DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO TALLER DE MECÁNICA DE CAMPO					
FORMATO DE SOLICITUD DE TRABAJOS DE FABRICACIÓN Y/O MAQUINADO DE PARTES					
TAG EQUIPO:	OH:	TAREA:	Fecha recibo Taller MH:	Fecha entrega Taller MH:	
DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO SOLICITADO:					
COMPONENTE 1:					
FABRICAR PARTE	MAQUINAR Y/O RECUPERAR	BALANCEAR	OTRO		
Especifique Material Vc. No. De Supervisor Para Ejecución					
EJECUTOR 1:			EJECUTOR 2:		
ELABORÓ ALCANCE			RECIBE POR TALLER DE MÁQUINAS		
NOMBRE	REGISTRO	FIERHA	NOMBRE	REGISTRO	FIERHA
RECIBE A CONFORMIDAD			ENTREGA POR TALLER DE MÁQUINAS		
NOMBRE	REGISTRO	FIERHA	NOMBRE	REGISTRO	FIERHA

GERENCIA REFINERIA BARRANCABERMEJA DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO TALLER DE MECÁNICA DE CAMPO					
FORMATO DE SOLICITUD DE TRABAJOS DE FABRICACIÓN Y/O MAQUINADO DE PARTES					
TAG EQUIPO:	OH:	TAREA:	Fecha recibo Taller MH:	Fecha entrega Taller MH:	
DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO SOLICITADO:					
COMPONENTE 2:					
FABRICAR PARTE	MAQUINAR Y/O RECUPERAR	BALANCEAR	OTRO		
Especifique Material Vc. No. De Supervisor Para Ejecución					
EJECUTOR 1:			EJECUTOR 2:		
ELABORÓ ALCANCE			RECIBE POR TALLER DE MÁQUINAS		
NOMBRE	REGISTRO	FIERHA	NOMBRE	REGISTRO	FIERHA
RECIBE A CONFORMIDAD			ENTREGA POR TALLER DE MÁQUINAS		
NOMBRE	REGISTRO	FIERHA	NOMBRE	REGISTRO	FIERHA

ELABORADO POR:
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:
soporte al sistema integrado de gestión

APROBADO POR : Asesor de planeación
FECHA APROBACION:

En la Ilustración 24 se puede observar el tablero de control de proceso, en el cual se lleva un listado del estado del procedimiento o de las fases del mantenimiento en el que se encuentra cada equipo que llega al taller.

Ilustración 24. Tablero de control de proceso

ENTRADA	DESARMADO	LAVADO	CALIBRACION DEFINICION ALCANCE	MAGQUINAS REPARACIONES	SELLOS	X REPIESTOS	BALANCO	ANUNDO	PROBLEMAS	SALIDA
1	P 3812 (7)		A6-2802 (6)	P 2017C (8)	P 2010E (5)	P 2032C (8-10)				
2	C-4531B (4)		P 9021B (10)	NP 4-431B (9)	P 4566A (9)	P 4574C (1)		P 3069 (8)		P 4505A
3	P 4091B (12)		P 4431B (4)	NP 2022D (8)	P 3713 (9)	P 4505B (4)		P 4216 (9)		NP 232B
4	P 261D (12)		P 2974A (9)	P 811C (10)	P 4105A (9)	C-4531A (4)		NP 250C (1)		SE-2740F
5	P 506C (12)		P 517 (9)	P 509C (12)	P 836D (8)	P 2023B (8)		NP 309B (2)		NP 2440A
6			P 2355B (10)	P 1002B (9)	P 2015B (8)	P 232A (8)		P 4702A (10)		P 002
7			P 681A (12)		P 3153C (10)	P 232B (10)		P 3081 (10)		P 003
8					P 4562A (9)	P 2457A (12)		C-2359B (4)		P 201D
9					P 220D (9)	P 1203A (1-10)		SE-835 (10)		P 526B
10					P 4110B (10)	NP 836A (1-11)		NP 1102B (6)		NP 409B
11						IP 836A (1-14)				P 319A
12						P 4081B (4)				P 451B
13						NP 230D (9)				P 276A
14						P 281B (10)				P 3501B
15						P 4121B (9)				P 1251A
16										
17										
18										
19										
20										
21										
22										
23										
24										
25										