

ANALISIS, SELECCIÓN Y GUIA PARA LA IMPLEMENTACION DE UN
PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA EQUIPOS DE CONTROL DE SOLIDOS,
TRATAMIENTO DE AGUAS Y FLUIDOS DE PERFORACION
QMAX SOLUTIONS COLOMBIA

Lidumary Castro Carrillo
Juan David González Valencia
Oscar Antonio Romero Prada

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOMECANICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACION EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA

2014

ANALISIS, SELECCIÓN Y GUIA PARA LA IMPLEMENTACION DE UN
PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA EQUIPOS DE CONTROL DE SOLIDOS,
TRATAMIENTO DE AGUAS Y FLUIDOS DE PERFORACION
QMAX SOLUTIONS COLOMBIA

Lidumary Castro Carrillo
Juan David González Valencia
Oscar Antonio Romero Prada

Monografía como proyecto de grado para la especialización de
Gerencia de Mantenimiento

DIRECTOR
Jorge Hernán Vélez

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOMECHANICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACION EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA

2014

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION	15
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
2. OBJETIVOS	18
2.1. OBJETIVOS GENERALES	18
2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	18
3. JUSTIFICACION	19
4. ANALISIS DE LA LITERATURA RECOPIADA	20
4.1. MARCO TEORICO	29
4.2. TIPOS DE MANTENIMIENTO	21
4.2.1. Mantenimiento correctivo	21
4.2.2. Mantenimiento preventivo	22
4.2.3. Mantenimiento predictivo	23
5. DESARROLLO	26
5.1. INSPECCION DE EQUIPOS EN BASE	26
5.1.1 Centrifugas decantadoras	26
5.1.2 Generadores	27
5.1.3 Compresores	28
5.1.4 Bombas centrifugas	28
5.2 EVALUACION DE CRITICIDAD OPERATIVA DE EQUIPOS	29
5.3 REVISION DE SUBSISTEMAS DE EQUIPOS	33
5.4 RUTINAS DE MANTENIMIENTO	34

5.5 ANÁLISIS DE EQUIPOS ENVIADOS A POZO Y RECIBIDOS EN BASE	34
5.6 ANALISIS DE INFORMACION	35
5.6.1 Centrifugas	35
5.6.2 Generadores	36
5.6.3 Compresores	36
5.6.4 Bombas centrifugas	36
5.7 PLAN DE MANTENIMIENTO	37
5.7.1 Creación formatos	37
5.7.2 Mantenimiento preventivo pozo	37
5.7.3 Determinación criticidad equipos	38
5.7.4 Evaluación de desempeño de equipos	38
5.7.5 Creación del diagrama de flujo	38
5.7.6 Implementación	39
6. CONCLUSIONES	41
7. RECOMENDACIONES	42
BIBLIOGRAFIA	43
ANEXOS	44

LISTA DE TABLAS

	Pag.
TABLA # 1. FACTORES DE VALIDACION DE CRITICIDAD DE EQUIPOS.	30
TABLA # 2. CRITICIDAD EQUIPOS FUNDAMENTALES.	33
TABLA # 3. RANGO DE CRITICIDAD DE EQUIPOS.	33

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A Formatos de Inspección e Informe	44
ANEXO B Subsistemas	45
ANEXO C Actividades de Mantenimiento Preventivo	46
ANEXO D Graficas envío de equipos a pozo	47
ANEXO E Graficas de llegadas de equipos a la Base	48
ANEXO F Grafica de recurrencia	49
ANEXO G Flujograma mantenimiento Base	50

RESUMEN

TITULO: ANÁLISIS, SELECCIÓN Y GUÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA EQUIPOS DE CONTROL DE SÓLIDOS, TRATAMIENTO DE AGUAS Y FLUIDOS DE PERFORACIÓN; QMAX SOLUTION COLOMBIA.

AUTOR: Lidumary Castro, Juan David Valencia y Oscar Romero Prada.

PALABRAS CLAVES: Control de sólidos, Centrífuga, inspección.

CONTENIDO: En el proceso de perforación en la etapa de exploración de un yacimiento petrolífero, se encuentra la fase de decantación acelerada, la cual separa la fase sólida y la líquida por un medio mecánico, para facilitar la disposición de estas sustancias según un plan ambiental para cada proyecto.

Q´max Solution Colombia presta el servicio de control de sólidos cuyas principales máquinas en la primera fase del proceso se realiza con centrífugas, Bombas Centrífugas (alimentan las Centrífugas), compresores y generadores, que la mayoría de las veces salen desde la base en Cota-Cundinamarca.

Con el fin de garantizar que los equipos enviados a proyectos se encuentren en óptimas condiciones operacionales con un alto grado de confiabilidad y disponibilidad, se ha venido desarrollando en los últimos tres años un plan de mantenimiento que comienza con la recepción del equipo proveniente de pozo o taller (Servicio externo de mantenimiento) donde se realiza una inspección integral mecánica, eléctrica y de funcionamiento, donde se verifican los niveles de vibración del equipo, todo este proceso queda evidenciado en sus correspondientes formatos.

La aprobación del equipo lo deja validado para ser enviado a un próximo frente según la programación.

Con la no aprobación de alguna de las condiciones operacionales del equipo y sus correspondientes soportes, éste se envía a taller, el cual debe cumplir con los requerimientos establecidos por Q´max para la aprobación de reparaciones y cambio de repuestos, dicho proceso queda registrado también.

Cada vez que llega un equipo a la base se realiza el procedimiento de inspección y validación de sus condiciones operacionales sin excepción. Todo el proceso culmina con la aprobación del equipo, la entrega del Informe de Mantenimiento correspondiente por cada proveedor y la actualización de la hoja de vida.

*Monografía de Grado

**Facultad Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela Ingeniería Mecánica. Especialización en Gerencia de Mantenimiento. Director: Jorge Hernán Vélez.

SUMMARY

TITLE: ANALYSIS, SELECTION AND GUIDE FOR THE IMPLEMENTATION OF A MAINTENANCE PROGRAM FOR SOLIDS CONTROL EQUIPMENT, WATER TREATMENT AND DRILLING FLUIDS; SOLUTION QMAX COLOMBIA

AUTHOR: Lidumary Castro, Juan David Gonzalez y Oscar Romero Prada.

KEYWORDS: Solid Control, Centrifugal, Inspection.

In the process of drilling the exploration phase of an oilfield, is the phase of accelerated sedimentation, which separates the solid and liquid phase by mechanical means, to facilitate the provision of these substances as an environmental plan for each project.

Solution Q'max Colombia serves of solids control whose main machine in the first stage of the process is done with Centrifuges, Centrifugal Pumps (Centrifugal fueling) Compressors and Generators, most of the time out from the base Cota-Cundinamarca.

In order to ensure that the equipment is sent to projects in optimal operating conditions with a high degree of reliability and availability, has been developed in the last three years a maintenance plan that begins with receipt of equipment from oilfields or workshop (external service maintenance) where a comprehensive mechanical inspection, electrical and functional where vibration levels are verified equipment is performed, this process is evidenced in their respective formats.

The approval of the validated computer stops to be sent to the near front on schedule.

With the non-approval of any of the operating conditions of the equipment and their supports, it is sent to workshop, which must meet the requirements established by **Q'max** for approval of repairs and replacement of parts, this process is also registered.

Whenever a team reaches the base the inspection procedure and validation of operational conditions without exception is made. The whole process culminates with the approval of equipment, delivery of Maintenance Report for each supplier and updating the resume.

All stages of inspection, diagnosis and adoption of basic equipment, are evidenced by registration in developed and implemented for each type of machine formats.

*Monograph

** Faculty of engineering physical. Mechanical engineering school. Specialization in management of maintenance. Director: Jorge Hernan Velez.

INTRODUCCIÓN

Q'Max Solutions Inc. Es una empresa independiente, de propiedad privada, prestadora de servicios en campos petroleros fundada en 1993 que a partir de sus cinco socios originales ha llegado a evolucionar en una empresa multinacional de servicio de la industria de petróleo y gas. En la actualidad se encuentra situada en el oeste de Canadá.

La visión de los socios fundadores originales era proporcionar servicios de perforación de productos y técnicas de fluidos con un enfoque en el valor. Lo llamaron “La asociación de crecimiento”, y significaba que Q'Max, se centraba en ayudar a los clientes a alcanzar el éxito en sus proyectos a un costo total más bajo a diferencia de la mayoría de los otros modelos de negocios de la época, los cuales, se basaban en una relación de cliente-proveedor, que tendía a ser contradictoria debido a la búsqueda de más bajo costo percibido.

El enfoque ha sido exitoso. Hoy en día, Q'Max emplea a casi 1.400 personas en nueve países; cada país representa una unidad de negocio independiente totalmente equipada y autosuficiente, que cuenta con una cantidad considerable de autonomía, permitiendo una respuesta rápida a las necesidades del negocio y de los clientes, quienes disfrutan de las ventajas de acceder a la información técnica, logística, de compras y la experiencia financiera y operativa de la empresa en su conjunto.

El Verdadero éxito de la empresa se debe a la aplicación de la experiencia, el desarrollo del conocimiento, las tecnologías, la investigación y la administración de productos para ayudar a los clientes a lograr sus objetivos, a través de las personas que trabajan en la organización Q'Max. La cultura de la empresa fomenta y recompensa el pensamiento innovador y la orientación al cliente. Esta actitud ayuda a cumplir con el objetivo de ser visto como el proveedor de elección y el empleador de elección, para la industria. El objetivo principal es *Q MAX will be the “go to the 15ompany”*, es decir: ser el “Ir a la empresa”. La misión es hacer una diferencia en el proceso de perforación.

Desde 2001 **Q'Max Solutions Colombia** ha estado ofreciendo sus servicios en los fluidos de perforación, fluidos de terminación, el control y la gestión de residuos sólidos a la mayoría de los operadores activos en diversas regiones del país. En lo que respecta al control y gestión de residuos sólidos, la compañía comenzó en 2006. **Q'Max Solutions Colombia** cuenta con la última tecnología en centrífugas de decantación, con un máximo de 350 gpm. También cuenta con unidades de deshidratación especializadas, floculadores, unidades de filtración, tanques y accesorios para gestionar eficazmente todos los cortes producidos durante la perforación y actividades de terminación de pozo.

Empezó en Colombia el 12 de octubre de 2001 y desde entonces ha trabajado con los siguientes operadores: Ecopetrol, Petrominerales, Petrobras, Repsol, Canacol, Pacific Rubiales, Mansarovar, Parex Recursos Nexen, P1, Alange, Omega, Hocol, Petrotesting, GPC, CEPCOLSA, C & C Energía, Repsol PetroMagdalena, Vetra, Ramshorn, Talisman, Oxy, Thorneloe, Petrocol, Trayectoria UIS (ANH), Turkish Petroleum International, Limited Petrolífera Petroleum, Limited Quetzal Energy Ltda. Harken de Colombia.

Uno de los principales aspectos de los sistemas de fluidos de perforación, control de sólidos y los procesos de gestión de residuos, es el de contribuir con el medio ambiente, evitando su contaminación, usando productos respetuosos y supervisando todos los pasos críticos cuando se hacen los recortes de perforación en el medio ambiente.

Q'Max Solutions Colombia también cuenta con una Base de control de sólidos en Cota, Cundinamarca, para dar el mejor soporte técnico a los ingenieros de campo, gestionar las actividades de mantenimiento del equipo de control de sólidos que se requieran, al igual que la recepción y el despacho de equipos e insumos necesarios para todos los frentes de trabajo a nivel nacional.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Control de Sólidos se enfoca en el tratamiento de los cortes de perforación, es decir, en el tratamiento de pequeños pedazos de roca, su composición depende del tipo de formación geológica que se esté perforado, asimismo, se generan grandes volúmenes de tierra.

Estos cortes deben ser devueltos al medio ambiente según el PMA (Plan de Manejo Ambiental) de cada región. El objetivo de las empresas prestadoras de este servicio es reducir los costos y disminuir el impacto ambiental que pueda ser generado sobre el entorno, evitando al máximo las pérdidas de fluido.

La descarga de estos fluidos al medio ambiente está prohibida legalmente y se encuentra regulada de manera diferente para cada fase (Sólida y Líquida), así como para el producto de la descomposición de los cortes y el empleo de diversos tratamientos.

Cada proyecto de perforación demora aproximadamente entre tres y seis meses en promedio, durante este periodo no se permiten paros inesperados del equipo o mantenimientos diferentes a los de rutina o inspección diaria.

Teniendo en cuenta que cada equipo es importante para la operación y no cuenta con *back ups*, se debe iniciar el proceso garantizando toda la operatividad técnica mecánica confiable y segura para la operación y el personal involucrado en ésta.

En 2011, al hacer la Verificación de equipos pertenecientes a la operación de control de sólidos, en **Q´Max Solutions Colombia**, se encontró que había una ostensible deficiencia en la gestión de mantenimiento para establecer y evidenciar los trabajos correctivos y de puesta a punto de los equipos tanto por el servicio de mantenimiento interno como el externo, al igual que la condición operativa de cada uno de ellos, listos para salir hacia campo, o que se encontraban en operación. Lo que hizo necesaria la creación e implementación de un plan de mantenimiento para los equipos acorde a las exigencias del proceso de tratamiento de aguas y control de sólidos, que garantizara su disponibilidad, confiabilidad y seguridad en el proceso productivo.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL:

Diseñar e implementar el programa de gestión de mantenimiento óptimo para cada uno de los equipos del proceso de Control de Sólidos que salen a operar a pozo, garantizando así su disponibilidad, confiabilidad, eficiencia y seguridad en el proceso productivo.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

2.2.1 Analizar y clasificar, según su importancia operativa, los equipos utilizados en el proceso de control de sólidos y tratamiento de aguas.

2.2.2 Realizar el inventario de equipos que se encuentran en la Base de operaciones y en los diferentes pozos de perforación, así como el estado operativo actual.

2.2.3 Diseñar el formato de hoja de vida de cada uno de los equipos que llegan a la Base de operaciones y registrar sus datos.

2.2.4 Diseño de un plan de mantenimiento integral, práctico y funcional para el personal y la operación que permita mejorar el servicio que presta la empresa en control de sólidos.

2.2.5 Desarrollar una breve guía para la implementación de la metodología de flujo de mantenimiento seleccionada.

3. JUSTIFICACIÓN

El concepto de operación de la industria petrolera durante muchos años estuvo relacionado con realizar gastos sin control, buscando obtener la máxima producción de barriles de crudo sin tener en cuenta los gastos operativos y de mantenimiento de equipos en los que se incurría. El concepto de operación estaba centrado en desechar los equipos que presentaban fallas y reemplazarlos por nuevos.

En la actualidad la constante búsqueda del incremento de las ganancias, ha obligado a las empresas prestadoras de servicios petroleros a ofrecer cada vez mejores alternativas que cumplan con las exigencias técnicas de la operación con precios competitivos.

En la búsqueda de ofrecer la mejor opción técnica a precios atractivos, **Q'Max Solutions Colombia** se ve en la necesidad de optimizar y alargar la vida útil de sus equipos, cambiando el concepto de reemplazar completamente los equipos que fallan por el de mantener activos los ya adquiridos y así garantizar y optimizar su desempeño. Para lograr esto se hace necesario implementar planes de mantenimiento acordes a cada uno de los equipos que garanticen su disponibilidad, confiabilidad, eficiencia y seguridad.

4. ANÁLISIS DE LA LITERATURA RECOPIADA

4.1 MARCO TEÓRICO

El Mantenimiento como gestión integral de los activos de una empresa, alcanza los siguientes objetivos:

- ✓ Mantener las instalaciones y el equipo dentro de los estándares de confiabilidad, productividad y seguridad; deben ser el reflejo de un plan de mantenimiento acorde a una industria de talla mundial.
- ✓ Optimizar la efectividad de la inversión en mantenimiento, mediante un análisis de costo y una planificación de vida útil.
- ✓ Maximizar la vida útil de los bienes de la empresa, productividad y eficiencia mediante planes pro-activos de planificación de mantenimiento y programación de recursos y control.

Las tareas de mantenimiento se aplican sobre las instalaciones fijas y móviles, equipos y maquinarias, edificios industriales, comerciales o de servicios específicos; al igual que las mejoras introducidas al terreno y cualquier otro tipo de bien productivo.

El objetivo final del mantenimiento industrial se puede sintetizar en los siguientes puntos¹:

- Evitar, reducir, y en su caso, reparar, los fallos sobre los bienes.
- Disminuir la consecuencia de los fallos que no se lleguen a evitar.
- Evitar detenciones inútiles o paros de máquinas.
- Evitar incidentes y aumentar la seguridad para las personas.
- Conservar los bienes productivos en condiciones seguras y preestablecidas de operación.
- Alcanzar o prolongar la vida útil de los bienes.

En resumen, la gestión de mantenimiento optima, prolonga la vida útil de los bienes, con una operación eficiente, confiable y segura que garantiza al negocio, su competitividad sostenible en el transcurso del tiempo.

4.2 TIPOS DE MANTENIMIENTO.

¹ Optimización Integral del Mantenimiento, Artículo Revista: Club de Mantenimiento, www.club@clubdemantenimiento.com, 8 de Febrero del 2013.

En la actualidad industrial se han generado varias estrategias, para desarrollar la gestión de mantenimiento requerida de los activos de una empresa. Algunas de ellas no solamente centran su atención en la tarea de corregir los fallos, sino en la de actuar ante su primera manifestación (ruido, vibraciones, temperatura, etc.) e inclusive desde la etapa de diseño, enfocado a simplicidad, robustez, mantenibilidad, diseño sin mantenimiento, etcétera.

Las estrategias de mantenimiento que se van a evaluar son los siguientes:

- Mantenimiento correctivo
- Mantenimiento preventivo
- Mantenimiento predictivo

4.2.1 Mantenimiento correctivo: Presenta dos alternativas a saber:

4.2.1.1 Mantenimiento correctivo no programado: Es el conjunto de actividades de reparación y/o sustitución de componentes deteriorados, en el menor tiempo posible cuando es una acción no planificada, con el fin de reducir las consecuencias económicas, humanas y/o de seguridad generadas por dicho evento. También se presenta como un conjunto de acciones planificadas donde se realizan correcciones o cambios programados con anticipación a una posible falla imprevista basados en la vida útil de los componentes o la identificación oportuna de una falla en potencia.

El mantenimiento correctivo no programado se aplica generalmente en:

- ✓ Sistemas complejos.
- ✓ La mayoría de componentes electrónicos o en los que es imposible predecir los fallos.
- ✓ En los procesos que admiten ser interrumpidos en cualquier momento y durante cualquier tiempo, sin afectar la seguridad.
- ✓ Equipos que ya cuentan con cierta antigüedad.

Normalmente la falla se presenta en forma imprevista y generalmente cuando los equipos se encuentran en una exigencia por necesidad del proceso productivo.

Para este tipo de mantenimiento se requiere un stock alto de repuestos fundamentales mecánicos, eléctricos y electrónicos, con su correspondiente infraestructura, al igual que agilidad en la gestión de compra de los que no se encuentran en el almacén de repuestos, suficiente personal capacitado para corrección de la falla en el menor tiempo posible y un taller metalmecánico

confiable ya sea interno o externo que apoye la reconstrucción o fabricación de repuestos, entre otros.

4.2.1.2 Mantenimiento correctivo programado: Presenta la ventaja de determinar con tiempo los requerimientos necesarios en repuestos, recursos internos y externos, tiempo de intervención y la integridad en la actividad ya que se realiza un listado de tareas de recambios, ajustes y montajes a realizar, con la disposición del tiempo programado de la máquina fuera de funcionamiento, aprovechando también los tiempos improductivos de ésta.

4.2.2 Mantenimiento preventivo: Es el conjunto de actividades programadas de antemano, que involucran inspecciones regulares, pruebas, reparaciones, etc., encaminadas a reducir la frecuencia y el impacto de los fallos de un sistema.

Con el mantenimiento preventivo en general se optimizan costos, se prolonga la vida útil de los equipos, se brinda confiabilidad y seguridad en el proceso productivo y se garantiza el correcto funcionamiento de instalaciones y equipos.

Las actividades planteadas en este mantenimiento están basadas en recomendaciones realizadas por las fábricas o el personal con experiencia e idóneo de cada empresa.

Las fases del mantenimiento preventivo son: Manuales de uso, planos de edificaciones e instalaciones y características de cada equipo.

Se hace fundamental un procedimiento técnico que presente los siguientes requerimientos:

- ✓ Un listado de actividades a realizar periódicamente, preventivas y correctivas.
- ✓ Un control de frecuencia y registro de actividades realizadas.
- ✓ Un cronograma con fechas precisas de las actividades en cada área.

Las desventajas que presenta este sistema son:

Anticipación del reemplazo o cambio prematuro de componentes de máquinas o edificaciones.

La no disponibilidad de las máquinas por parte del sistema de producción, según lo programado, alterando frecuencias de intervención en los equipos o edificaciones, generando una deficiencia en la implementación del Plan de Mantenimiento Preventivo.

4.2.3 Mantenimiento Predictivo²: Consta de ensayos no destructivos orientados a realizar actividades de medición, seguimiento y monitoreo para obtener un diagnóstico continuo de un sistema, que permiten la identificación de una falla o anomalía en proceso, con lo cual se puede realizar una intervención oportuna, que reducirá las consecuencias económicas, productivas y de seguridad en una empresa.

Está basado en el concepto que cada equipo rotativo comienza a manifestar cualquier falla, ya sea por desgaste, montaje o diseño, por medio de temperaturas, amperajes, vibraciones altas y ruidos extraños entre otros.

Dentro de los métodos más usados en la industria se encuentran:

- Análisis de aceites
- Boroscopia
- Termografía
- Ultrasonido
- Vibraciones

4.2.3.1 Análisis de aceite: El estudio de las condiciones físico-químicas del aceite de una máquina determina el estado de sus componentes mecánicos, cuantificando el nivel de contaminación de éste debido a partículas de desgaste y sustancias extrañas.

La contaminación de una muestra de aceite está determinada por medio de la cuantificación de:

- ✓ Partículas metálicas de desgaste
- ✓ Combustible
- ✓ Agua
- ✓ Materias carbonosas
- ✓ Insolubles

² Técnicas de Mantenimiento Predictivo utilizadas en la industria, Artículo revista, Scientia Et Technicas año XVI, No.45, Universidad Tecnológica de Pereira ISSN 0122-1701

Con el análisis de aceite se determina el nivel de degradación de sus propiedades fundamentales y aditivos:

- ✓ Viscosidad
- ✓ Detergencia
- ✓ Basicidad
- ✓ Constante Dieléctrica

4.2.3.2 Boroscopia: Procedimiento por el cual se realiza una comparación de las características geométricas de una pieza, especialmente de disposición interna de un equipo. Está basado prácticamente en una inspección visual por medio de un instrumento que amplifica, graba y registra una imagen.

Sus aplicaciones principales están en las siguientes industrias: La aeronáutica para pruebas de turbinas, la química para inspección interna de unidades de destilación a alta presión, tuberías o calentadores; en la industria petrolera se emplea en la inspección interna de catalizadores a alta presión, equipos de destilación, etcétera.

4.2.3.3 Termografía: Técnica que estudia por medio de la temperatura generada por las ondas electromagnéticas, la cantidad de energía emitida de un componente mecánico o eléctrico de un equipo o máquina.

Las áreas más utilizadas de esta técnica son:

- ✓ Instalaciones eléctricas
- ✓ Equipamientos mecánicos
- ✓ Estructuras refractarias

4.2.3.4 Ultrasonido: Está basado en el estudio de las ondas de sonido superiores a 20 kHz. (Alta frecuencia), que produce cualquier componente de una máquina cuando se presenta alguna falla en proceso.

El equipo empleado convierte las altas frecuencias en ondas audibles o codificables que se pueden observar en una pantalla.

Con el ultrasonido se detectan:

- ✓ Fricción en máquinas rotativas
- ✓ Fallas y/o fugas en válvulas
- ✓ Fugas de fluidos
- ✓ Pérdidas vacío
- ✓ Arco eléctrico

4.2.3.5 Vibraciones: Por medio de la medición de las vibraciones se determina la condición mecánica de un sistema en funcionamiento. Las fallas más comunes entre otras son:

- ✓ Desbalanceo
- ✓ Desalineación
- ✓ Excentricidad
- ✓ Solturas o flojedades mecánicas
- ✓ Resonancia

Las fallas mecánicas que se manifiestan con el incremento de la vibración están asociadas a: Desgaste de piezas, mal montaje y deficiencia de diseño.

5. DESARROLLO

Con el fin de establecer un procedimiento que integre la gestión de mantenimiento acorde a las necesidades de **Q'Max Solutions Colombia**, se desarrollan las siguientes actividades:

5.1 INSPECCION DE EQUIPOS EN BASE:

La recepción de equipos provenientes de pozo o del taller de servicio externo de Mantenimiento Correctivo, se realiza en la Bodega de **Q'Max Solutions Colombia** (La Base, ubicada en Cota) donde se reciben como equipos fundamentales los compresores, bombas centrífugas, las centrífugas decantadoras y generadores entre otros.

Se ha generado un formato para la recepción de cada equipo fundamental, donde se recopila la información técnica para la Base de datos, al igual que se evalúa la condición mecánica y eléctrica en éstos (Ver ANEXO A, formatos de inspección) con las siguientes características:

5.1.1 Centrífugas Decantadoras: Para la inspección de este tipo de equipo se desarrollaron e implementaron dos formatos: En la primera parte de ambos, se presentan las secciones correspondientes de **información general** donde se registra el código del equipo, la fecha de inspección, el pozo de procedencia o taller y el responsable de la inspección; posteriormente se presenta la sección de **información del equipo**, para registrar el modelo, marca y tamaño del mismo. Por último se encuentra la sección de **parámetros de operación** donde se registran los datos característicos correspondientes al equipo en operación entre otros.

Los formatos en cuestión presentan las siguientes características:

5.1.1.1 Formato inspección centrífugas rutina eléctrica: Con código Fo CS 020 – V, asignado por el Área de Gestión de Calidad de HQSE de **Q'Max Solutions Colombia**, que aparte de las secciones descritas anteriormente, cuenta con cinco módulos adicionales para validar la inspección eléctrica así (Ver ANEXO A.1, formatos de inspección eléctrica):

- ✓ Motor principal / Motor de lubricación / Motor Back drive.
- ✓ Lubricación.
- ✓ Arrancador estrella triángulo y/o variador.
- ✓ Observaciones.
- ✓ Nombre de quien elabora la inspección y de quien revisa el documento.

En cada módulo descrito se encuentran los componentes y parámetros de inspección, actividad a realizar (Verificar y/o cambiar), con su correspondiente casilla de validación.

5.1.1.2 Formato inspección centrifugas rutina mecánica: Con código Fo CS 019 – V, asignado por el Área de Gestión de Calidad de HQSE de **Q’Max Solutions Colombia**, el cual cuenta con siete módulos adicionales para validar la correspondiente inspección así (Ver ANEXO A.2 formatos de inspección mecánica):

- ✓ Tapa / Skid / Cajón / Accesorios
- ✓ Bowl / Estructura / Montaje
- ✓ Lubricación
- ✓ Gear Box / Cicle Gear
- ✓ Fluid Coupling
- ✓ Observaciones
- ✓ Nombre del responsable de elaborar la inspección y de quien revisa el documento.

En cada módulo descrito se encuentran los componentes y parámetros de inspección, actividad a realizar (Verificar, mejorar, reportar, instalar y corregir), con su correspondiente casilla de validación.

5.1.2 Generadores: Para estos equipos se ha creado e implementado el “**Formato de mantenimiento de generadores 250 horas**”, de código Fo CS V01, asignado por el Área de Gestión de Calidad de HQSE de **Q’Max Solutions Colombia**, el cual presenta las siguientes características (Ver ANEXO A.3, formatos de mantenimiento de generadores):

En la primera parte se tiene la información general donde se registra el pozo anterior, correspondiente al de procedencia, destino, sitio de inspección, fecha de llegada a la Base, fecha de salida de la Base e identificación del activo por el propietario.

Posteriormente se encuentra la sección de información de los sistemas que conforman el generador, donde se registran los datos fundamentales del Motor, Bomba de Inyección, Motor de Arranque y Generador. Adicionalmente se encuentran las casillas correspondientes a la información técnica del conjunto como Potencia, Excitación, ciclos por segundo, KVA, etc., al igual que una sección para registrar las referencias de los consumibles y observaciones.

En seguida se tiene la sección de Parámetros de Operación, para registrar las características principales del equipo en proceso de prueba en vacío.

Posteriormente se encuentra el módulo correspondiente a la validación de la inspección realizada, el cual tiene nueve secciones a saber:

- ✓ Sistema de Lubricación
- ✓ Sistema de Refrigeración
- ✓ Sistema de Admisión de aire
- ✓ Sistema de Combustible
- ✓ Sistema de Motor
- ✓ Sistema Eléctrico
- ✓ Sistema de Generador
- ✓ Sistema de Escape
- ✓ Sistema de Alarmas

En cada sección descrita se encuentran los trabajos de inspección a realizar al igual que la correspondiente casilla de validación. Por último hay un espacio para las Observaciones y Nombre del responsable de elaborar la inspección y de quien revisa el documento.

5.1.3 Compresores: Para los compresores se ha generado e implementado el “**Formato inspección rutina compresores**” (Código en proceso de aprobación) asignado por el Área de Gestión de Calidad de HQSE de **Q’Max Solutions Colombia**, con las siguientes características (Ver ANEXO A.4, formatos de inspección rutina compresores):

En la primera parte se encuentra la información general correspondiente al pozo anterior y la fecha de llegada, destino y la fecha de salida de la Base, sitio de inspección y Activo/Propietario.

En seguida se encuentra el módulo correspondiente a la Información del Equipo y los Parámetros de Operación donde se registra la información técnica del comportamiento del compresor en la prueba en vacío que se realiza en la Base.

Posteriormente se encuentran dos módulos, en los cuales se tienen las actividades de inspección del Sistema Eléctrico/control y el Sistema Mecánico y Transmisión, con sus correspondientes casillas de validación y observaciones.

Luego, se encuentra un módulo para registrar actividades de mantenimiento que se hayan tenido que realizar para la puesta a punto del equipo. Por último hay un espacio para las Observaciones y del responsable de elaborar la inspección y de quien revisa el documento.

5.1.4 Bombas Centrífugas: Para la inspección de recepción de Bombas centrífugas, se ha generado e implementado el formato “**Formato de inspección rutina bombas centrífugas**”, de código Fo CS 019 V asignado por el Área de Gestión de Calidad de HQSE de **Q’Max Solutions Colombia**, el cual presenta las

siguientes características (Ver ANEXO A, formatos de inspección):

En la primera parte se encuentra la información general correspondiente al pozo anterior y la fecha de llegada, destino y la fecha de salida de la Base, sitio de inspección y Activo/Propietario.

Posteriormente se tiene un módulo donde se encuentra la sección de validación de la bomba (Sistema Bomba) y del motor (Sistema Motor) con sus correspondientes actividades de inspección y observaciones. Por último hay un espacio para las observaciones generales y el nombre del responsable de elaborar la inspección y de quien revisa el documento.

Cada formato diligenciado, con su revisión realizada, es archivado en su correspondiente carpeta donde se consulta cada vez que se realiza la inspección de nuevo.

5.2 EVALUACION DE CRITICIDAD OPERATIVA DE EQUIPOS:

Se desarrolla a continuación el nivel de criticidad de los equipos principales del proceso de Control de Sólidos de **Q'Max Solutions Colombia**, para un periodo de proyecto de 6 meses, empleando el modelo de criticidad de factores ponderados basado en la condición de riesgo³.

Se tienen en cuenta los equipos fundamentales del proceso de control de sólidos que corresponden a:

- ✓ Centrifugas Decantadoras: Encargadas de realizar el proceso de separación del lodo y el agua.
- ✓ Generadores: Encargados de suministra la energía al conjunto de equipos que hacen parte del proceso de control de sólidos.
- ✓ Compresores: Suministra el aire comprimido para el funcionamiento de bombas neumáticas, las cuales sirven para realizar proceso de trasiego.
- ✓ Bombas Centrifugas: Son las encargadas de suministrar el fluido alimentación a las centrifugas decantadoras.

3. The Woodhouse Partnership Limited [Woodhouse Jhon. “**Criticality Analysis Revisited**”, The Woodhouse Partnership Limited, Newbury, England 1994].

La criticidad total se determina con las siguientes relaciones y tabla adjunta:

Criticidad total = Frecuencia de fallas x Consecuencia

Consecuencia = (Impacto Operacional x Flexibilidad) + Costo Mtto. + Impacto SAH

Tabla # 1 FACTORES DE VALIDACIÓN DE CRITICIDAD DE EQUIPOS

$$\text{Criticidad Total} = \text{Frecuencia de fallas} \times \text{Consecuencia}$$

$$\text{Consecuencia} = ((\text{Impacto Operacional} \times \text{Flexibilidad}) + \text{Costo Mtto.} + \text{Impacto SAH})$$

Frecuencia de Fallas:		Costo de Mtto.:	
Pobre mayor a 2 fallas/año	4	Mayor o igual a 20000 \$	2
Promedio 1 - 2 fallas/año	3	Inferior a 20000 \$	1
Buena 0.5 -1 fallas/año	2		
Excelente menos de 0.5 falla/año	1		
Impacto Operacional:		Impacto en Seguridad Ambiente Higiene (SAH):	
Pérdida de todo el despacho	10	Afecta la seguridad humana tanto externa como interna y requiere la notificación a entes externos de la organización	8
Parada del sistema o subsistema y tiene repercusión en otros sistemas.	7	Afecta el ambiente /instalaciones	7
Impacta en niveles de inventario o calidad	4	Afecta las instalaciones causando daños severos	5
No genera ningún efecto significativo sobre operaciones y producción	1	Provoca daños menores (ambiente - seguridad)	3
		No provoca ningún tipo de daños a personas, instalaciones o al ambiente	1
Flexibilidad Operacional:			
No existe opción de producción y no hay función de repuesto.	4		
Hay opción de repuesto compartido/almacen	2		
Función de repuesto disponible	1		

Fuente: Autores

5.2.1 Frecuencia de fallas: Basados en la tabla # 1 , y en el movimiento de equipos en la Base Q´max, se determina la frecuencia de falla de los equipos fundamentales así:

5.2.1.1 Centrifugas: Para este equipo se establece nivel **Bueno**, cuya calificación es 2.

5.2.1.2 Generadores: Se establece como nivel **Promedio**, de Calificación 3.

5.2.1.3 Compresor: Establecido como Nivel **Bueno**, Calificación 2.

5.2.1.4 Bombas Centrifugas: Establecido como **Excelente**, correspondiente a la calificación de 1.

30

5.2.2 Impacto operacional: Basados en la tabla # 1, y teniendo en cuenta el proceso estándar productivo de control de sólidos, se establece el nivel de impacto de los equipos así:

5.2.2.1 Centrifugas: Se determina una calificación de siete (7). Por parada inmediata de un sector de la línea productiva, al presentarse el fallo de una centrifuga.

5.2.2.2 Generadores: Se califica como 10. Por parada inmediata de todo el proceso productivo, al presentarse fallo del generador.

5.2.2.3 Compresor: Calificado como 4, Repercute en el proceso de producción en un nivel medio.

5.2.2.4 Bombas Centrifugas: Calificado como 4, repercute en el proceso de producción en un nivel medio, se tiene un equipo de remplazo.

5.2.3 Flexibilidad Operacional: El cambio rápido de un equipo fundamental en fallo, para retomar el proceso productivo se determina así:

5.2.3.1 Centrifugas: Se puede suplir la producción de una centrifuga en el momento de fallo, debido que hay en total 3 de estas en el montaje estándar de control de sólidos, mientras se hace la corrección definitiva o su cambio; Se establece una calificación de 2.

5.2.3.2 Generadores: No hay equipo de Backup en el proceso de producción de control de sólidos. Se estableciendo una calificación de 4.

5.2.3.3 Compresor: No hay equipo de Backup en el proceso de producción de control de sólidos. Se estableciendo una calificación de 4.

5.2.3.4 Bombas Centrifugas: Hay un equipo de Backup en el proceso de producción de control de sólidos. Se establece una calificación de 2.

5.2.4 Costo Mantenimiento: Los costos de solo el mantenimiento de un equipo en el momento de fallo, se establece así:

5.2.4.1 Centrifugas: Costo alto de , con calificación de 2

5.2.4.2 Generadores: De costo de mantenimiento alto, con calificación de 2

5.2.4.3 Compresor: Se establece este equipo de costo de mantenimiento medio, con calificación de 1.

31

5.2.4.4 Bombas Centrifugas: Se establece este equipo de costo de mantenimiento medio, con calificación de 1.

5.2.5 Impacto de seguridad y medio ambiente: Los posibles inconvenientes que se puede causar a las personas o el medio ambiente, son determinados con las siguientes calificaciones.

5.2.5.1 Centrifugas: Se establece un impacto ambiental alto, ya que un daño severo de estos equipos puede afectar la seguridad humana e instalaciones. Se determina una calificación de ocho (8).

5.2.5.2 Generadores: Se establece un impacto ambiental alto, ya que un daño severo de estos equipos puede afectar la seguridad humana e instalaciones. Se determina una calificación de ocho (8).

5.2.5.3 Compresor: Se establece un impacto ambiental alto, ya que un daño seVero de estos equipos puede afectar la seguridad humana e instalaciones. Se determina una calificación de ocho (8).

5.2.5.4 Bombas Centrifugas: Se establece un impacto ambiental medio, ya que un daño de estos equipos puede afectar el ambiente e instalaciones. Se determina una calificación de ocho (7).

La consolidación de los conceptos establecidos para determinar la criticidad de los equipos fundamentales, se presentan en la siguiente tabla (Ver Tabla # 2).

Basados en la tabla correspondiente al rango de criticidad (Ver tabla # 3), y con los valores obtenidos de "Frecuencia de Falla" y "Consecuencia" se determina la criticidad de los equipos fundamentales de mayor criticidad a menor así:

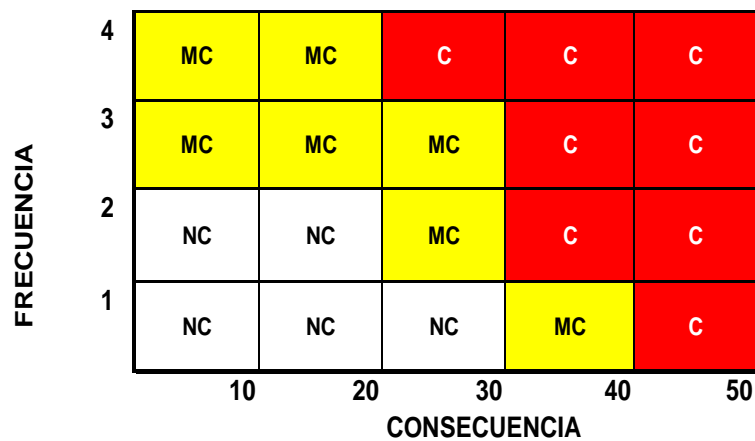
1. Generador
2. Centrifuga
3. Compresor
4. Bombas centrifugas.

TABLA # 2 CRITICIDAD EQUIPOS FUNDAMENTALES

EQUIPO	FRECUENCIA DE FALLA	IMPACTO OPERACIONAL	FLEXIBILIDAD OPERACIONAL	COSTO DEL MTTO	IMPACTO SAH	CONSECUENCIA	CRITICIDAD TOTAL	RANGO CRITICIDAD
1. CENTRIFUGA	2	7	2	2	8	24	48	MC
2. GENERADOR	3	10	4	2	8	50	150	C
3. COMPRESOR	2	4	2	1	8	17	34	MC
4. BOMBA CENTRIFUGA	1	4	2	1	7	16	16	NC

Fuente: Autores

TABLA # 3 RANGO DE CRITICIDAD DE EQUIPOS



NC	No critico
MC	Media criticidad
C	Critico

Fuente: Autores

5.3 REVISIÓN DE SUBSISTEMAS DE EQUIPOS

Se establece para cada máquina sus subsistemas, con los correspondientes componentes, con el fin de realizar un diagnóstico que cubra la totalidad del equipo en conjunto, para garantizar las óptimas condiciones técnicas posibles del

equipo en conjunto, para garantizar las óptimas condiciones técnicas posibles de éste, lo cual se refleja en los altos niveles de eficiencia y confiabilidad en su proceso de producción en pozo.

Los subsistemas establecidos se presentan en el ANEXO B, así:

- ANEXO B.1 Subsistemas Centrífugas
- ANEXO B.2 Subsistemas Generadores
- ANEXO B.3 Subsistemas Bombas centrífugas y Compresores

5.4 RUTINAS DE MANTENIMIENTO

Basados en la importancia de conservar el estado y la condición fundamental de producción de los equipos principales del control de sólidos de **Q'Max Solutions Colombia**, se establecen las rutinas de mantenimiento preventivo en éstos, con el fin de reducir o eliminar las consecuencias que se generan al presentarse una falla del equipo en cuestión en pleno proceso en pozo.

Las actividades de mantenimiento preventivo establecidas se realizan basadas en las recomendaciones de los fabricantes y de personal técnico con experiencia en cada equipo, como soporte al personal responsable de éstos en campo.

En el ANEXO C se presentan las actividades de cada equipo así:

- ANEXO C.1 Actividades de mantenimiento preventivo Centrífugas.
- ANEXO C.2 Actividades de mantenimiento preventivo Generadores.
- ANEXO C.3 Actividades de mantenimiento preventivo Compresores.
- ANEXO C.4 Actividades de mantenimiento preventivo Bombas Centrífugas.

5.5 ANÁLISIS DE EQUIPOS ENVIADOS A POZO Y RECIBIDOS EN BASE.

Con el fin de identificar una tendencia de la rotación de equipos que llegan a la Base como los que salen de ésta, se ha realizado una recopilación de información basada en las remisiones de salida de equipos de BASE (Stock transfer), generando resultados que se observan gráficamente en los siguientes ANEXOS así:

5.5.1 ANEXO D: Corresponde al consolidado de salidas de equipos a nuevos proyectos y envíos de equipos por reposición, entre Marzo de 2011 a Octubre de 2013.

ANEXO D.1 Centrífugas
ANEXO D.2 Generadores
ANEXO D.3 Compresores

ANEXO D.4 Bombas centrífugas

5.5.2 ANEXO E: Se presenta el consolidado de llegadas de máquinas de pozo a la Base y envíos al taller por mantenimiento, lo cual no incluye devoluciones por garantía, entre Marzo de 2011 a Octubre de 2013.

ANEXO E.1 Centrífugas
ANEXO E.2 Generadores
ANEXO E.3 Compresores
ANEXO E.4 Bombas centrífugas

5.5.3 ANEXO F: Teniendo en cuenta las Centrífugas como equipo principal en el proceso de Control de Sólidos, se ha realizado la identificación de su recurrencia de mantenimientos correctivos para el año en curso, lo cual se muestra en este anexo.

5.6 ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

La tendencia obtenida, ha sido herramienta de toma de decisiones para garantizar la función requerida integral de los equipos, con el fin de mejorar la confiabilidad y la disponibilidad de éstos. Para tal fin se pueden identificar los siguientes aspectos:

La relación establecida entre los ingresos de máquinas a la Base provenientes de pozo y los envíos al taller (ANEXO E), se ha tomado inicialmente como el indicador que establece el índice de mantenimiento correctivo realizado por tipo de equipo, lo cual advierte sobre las condiciones de operación y conservación que se han tenido en pozo, al igual que la eficiencia de las intervenciones correctivas y de puesta a punto que han realizado los talleres de servicio externo en cada uno de ellos, interpretándose así:

5.6.1 Centrífugas: Para el año 2012 se realizó casi en un 90% el mantenimiento correctivo general a dichos equipos (Ver ANEXO E.1) con la expectativa de reducción de envíos a taller (máx. 30%) en 2013 lo cual a la fecha no se ha cumplido como se puede observar; adicionalmente, se ha determinado que en la recurrencia de mantenimiento correctivo de las centrífugas, el 66% han ido éste año una vez, pero hay que tener en cuenta que la gran mayoría ya habían tenido mantenimiento general el año anterior y el 28% han ido dos veces por año (Ver ANEXO F).

Tres son los factores que se consideran influyentes en el resultado a saber:

- ✓ El transporte de la Base a pozo y viceversa
- ✓ El mantenimiento y cuidado de los equipos en pozo
- ✓ El procedimiento de montaje de componentes mecánicos y ensamble del equipo.

Con el fin de mejorar el resultado obtenido, se han tomado inicialmente dos acciones, a saber:

La primera corresponde a difundir con los Coordinadores de Proyectos los resultados obtenidos periódicamente, con el fin de sensibilizar en el cuidado y mantenimiento de los equipos en pozo, por el personal encargado de éstos; lo cual se refleja en el momento en que el equipo retorna a la Base para realizar el proceso de recepción y validación de su funcionamiento.

La segunda acción está enfocada en el procedimiento de cambio y montaje de componentes mecánicos como retenedores y o-rings (No reutilizar), tornillos (inspección y torque adecuado), rodamientos (Tolerancia de montaje en eje y alojamiento según su fabricante), entre otros, al igual que la selección y prueba de una segunda alternativa de taller para el servicio de mantenimiento general de estos equipos en cuestión.

Los resultados obtenidos de las decisiones se reflejarán en el próximo año cuando comiencen a retornar los equipos de nuevo a la Base.

En cuanto a la reposición de centrífugas (Ver ANEXO D) dicha labor se realiza por daño de una máquina en pozo, e igualmente implica una acción de mantenimiento correctivo, se puede presentar una reducción significativa, teniendo en cuenta las acciones descritas anteriormente.

5.6.2 Generadores: Para el 2012 los generadores presentan un indicador favorable, el cual no se mantiene en el 2013, debido a que para este año la mayoría de estos equipos pasan de las 4000hr, debido a las condiciones de operación se establece realizar mantenimiento correctivo a la bomba del agua y combustible, inyectores, alternador, generador y radiador (Ver ANEXO E.1).

5.6.3 Compresores: En el 2012 los compresores presentaron un indicador bajo en referencia al 2011. Ya para el 2013 se incrementan las acciones correctivas debidas al daño del equipo por transporte y la mala operación en campo (Ver ANEXO E,3).

5.6.4 Bombas Centrífugas: Para el 2013 se obtiene un satisfactorio indicador de envíos de equipos al taller, reflejo de dos acciones realizadas: La primera corresponde al cambio de proveedor del servicio, y la segunda la de realizar mantenimiento correctivo a la mayoría de las bombas en el año 2012 (Ver ANEXO E,4).

5.7 PLAN DE MANTENIMIENTO

La gestión de mantenimiento realizada en la Base está enfocada primordialmente en la verificación del funcionamiento de los equipos que llegan de pozo o de taller, y la determinación del mantenimiento correctivo y predictivo de cada uno de éstos, pero la operación, conservación y mantenimiento preventivo hacen parte de las funciones del personal de campo.

Con el fin de registrar y enfocar los trabajos necesarios de mantenimiento de los equipos, al igual que la toma de decisiones en repuestos y servicios externos e internos requeridos, se establece como plan de mantenimiento las siguientes actividades:

5.7.1 Creación de formatos: Para las siguientes actividades:

5.7.1.1 Diagnóstico de equipos para su recepción provenientes de pozo o taller (Ver capítulo 5.1 Elaboración de base de datos de equipos).

5.7.1.2 Solicitud del servicio externo de mantenimiento, basados en los hallazgos obtenidos en el diagnóstico realizado en la recepción de cada equipo. (Ver ANEXO A.6 Formato solicitud de atención de mantenimiento.)

5.7.1.3 Diagnostico de equipos por parte del taller de servicio externo, identificando y registrando hallazgos, con las correspondiente correcciones a realizar, lista completa de repuestos e insumos necesarios para la labor de mantenimiento propuesta (Archivo digital para servicios externos, (Ver ANEXO A.7 Formato diagnostico mantenimiento equipos).

5.7.1.4 Protocolo como informe final de trabajos de mantenimiento por servicio externo (Archivo digital para servicios externos, (Ver ANEXO A.8 Formato informe mantenimiento equipos).

5.7.2 Mantenimiento preventivo en pozo: Se genera las rutinas de mantenimiento preventivo de los equipos fundamentales (Ver rutinas de Mantenimiento capítulo 5,4)

5.7.3 Determinar criticidad de equipos: Con herramienta para determinar prioridades en recursos internos y externos, se establece la criticidad de los equipos fundamentales del proceso de control de sólidos (Ver Capítulo 5.2).

5.7.4 Evaluación del desempeño de los equipos: Se determina gráficamente el desempeño de los equipos en pozo, basados en las cantidad de despachos y recepción de los equipos fundamentales del Control de Sólidos, en los siguientes aspectos (Ver capítulo 5,5).

5.7.4.1 Consolidado de salida de equipos a frentes nuevos versus envío por reposición.

5.7.4.2 Consolidado de llegada de equipos a Base versus envío a taller por mantenimiento.

5.7.4.3 Recurrencia de envío de Centrifugas a taller.

5.7.5 Creación del Diagrama de flujo: Con el fin de integrar la gestión de la descrita en la Base Cota, se realiza el Diagrama de Flujo de Flujo de Mantenimiento de Base (Ver ANEXO G) que integra las actividades de diagnóstico para validar el equipo al llegar a la Base, decisión de mantenimiento interno en Base o externo y registro de las actividades realizadas durante la gestión.

En el diagrama se presentan las siguientes etapas a saber:

5.7.5.1 Planeación: En esta etapa se establece y aprueba el plan de mantenimiento, en el cual se crean las rutinas de mantenimiento preventivo de equipos (Ver ANEXO C) y las rutinas de inspección eléctrica y mecánica de equipos (Ver ANEXO A). Adicionalmente se clasifican y seleccionan proveedores o personal de servicio técnico para las actividades de mantenimiento requeridas por equipo.

5.7.5.2 Ejecución: Se realiza el procedimiento de inspección mecánica, eléctrica, al igual que la prueba de funcionamiento por equipo donde se hace seguimiento a parámetros de operación (Amperaje, Temperatura, etcétera.) y se realiza la medición de la vibración (Centrifugas y Bombas centrífugas). El resultado obtenido en toda la inspección ejecutada se registra en el formato de “**Solicitud de Atención del Servicio de Mantenimiento**” (Ver ANEXO A) por cada uno de los que intervienen en dicha acción, con lo cual se evalúa y decide el tipo de mantenimiento a realizar.

Se culmina esta fase con la aprobación del servicio externo con el visto bueno al diagnóstico entregado por el contratista en el “**Formato Diagnóstico de Mantenimiento Equipos**” (Ver ANEXO A).

5.7.5.3 Verificación: Al llegar la máquina o ser entregado el servicio a la Base, se realiza de nuevo el proceso de ejecución del numeral 6.7.2 Si la máquina no pasa se devuelve al proveedor como garantía con su correspondiente formato de “**Solicitud de Atención del Servicio de Mantenimiento**” (Ver ANEXO A) describiendo las causas de la solicitud de la garantía.

Al pasar el equipo la fase de inspección, se continúa con la siguiente etapa.

5.7.5.4 Documentación: Para terminar el ciclo de inspección y aprobación, el contratista debe realizar el correspondiente protocolo del equipo intervenido y actualizar la hoja de vida por el personal técnico de Base.

5.7.6 Implementación: Para la implementación del plan de mantenimiento desarrollado, se recomienda las siguientes actividades:

- En el proceso de creación de los formatos de inspección tener en cuenta el personal de mantenimiento mecánico, eléctrico y servicios externos, para determinar las actividades necesarias para realizar el procedimiento en cuestión.
- Se estima un tiempo prudencial para la adaptación y corrección de los formatos propuestos inicialmente.
- Realizar acompañamiento, corrección y seguimiento a las primeras ejecuciones por grupo de máquinas.
- Continuar con el seguimiento estricto durante un tiempo prudencial (no mayor a seis meses), para verificar el correcto diligenciamiento, uso y almacenamiento de los formatos aplicados.
- Difundir al personal nuevo tanto interno como de servicio externo, el plan de mantenimiento desarrollado, incluyendo alcances y exigencias.
- Incorporar al personal encargado del Sistema de Gestión de Calidad de la empresa, en la elaboración, implementación y difusión del Plan de Mantenimiento.
- Con el fin de convertir en dinámico el plan de mantenimiento desarrollado, ejecutar periódicamente retroalimentación de cada fase para identificar y eliminar de actividades innecesarias e involucrar nuevas tareas.
- Dejar a la mano y en lugar visible los diferentes archivos que se generen de la ejecución del plan de mantenimiento.

- En el ANEXO G, se presenta un ejemplo con los soportes correspondientes a la gestión de mantenimiento de la Centrifuga Decantadora QS 100 051.

6. CONCLUSIONES

- Se implementa un plan de mantenimiento inicial con el que se garantizan las condiciones básicas de operación, confiabilidad, disponibilidad, eficiencia y seguridad.
- Se realiza la clasificación de los equipos por matriz de criticidad teniendo en cuenta parámetros de impacto operacional, flexibilidad, costo de reparación.
- Se diseñó el formato de hoja de vida y se registró en ella el estado actual de cada equipo que se inspeccionó durante el desarrollo del presente proyecto.
- Se estableció la guía para la implementación del plan de mantenimiento teniendo en cuenta las etapas de planeación, ejecución, verificación y documentación.

7. RECOMENDACIONES

Del desarrollo e implementación de la gestión de mantenimiento, para la Base de **Q'max Solution Colombia**, se recomienda lo siguiente:

- Una decisión acertada de mantenimiento, parte de un buen diagnóstico realizado a conciencia de cada sistema que integra una máquina.
- El conocimiento integral de una máquina incluye su historial de mantenimiento, su hoja de vida y ficha técnica, además de la identificación de sus componentes mecánicos y eléctricos, que en conjunto permiten establecer las típicas tendencias de falla de un sistema, alcanzando a llegar a acciones proactivas en beneficio del equipo y del proceso productivo en que interviene.
- Con un plan de mantenimiento se aumenta la exigencia técnica de las labores de mantenimiento, lo cual se ve reflejado positivamente en el incremento de la confiabilidad y la disponibilidad de los equipos.
- Los equipos que no son estacionarios (traslados frecuentes) requieren de una mayor exigencia de inspección y validación de su condición de funcionamiento en Base, debido a las condiciones de traslado, operación y conservación, lo cual requiere un plan de mantenimiento congruente que prevea las circunstancias de operación.
- El plan de mantenimiento es dinámico y su modificación en el tiempo, debe ser acorde a las experiencias adquiridas con cada equipo, su histórico de operación y mantenimiento y edad de fabricación en beneficio de la eficiencia, productividad y disponibilidad de cada máquina.
- Sin el registro de las diferentes actividades que hacen parte del mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo, cualquier plan de mantenimiento es deficiente para tomar decisiones fundamentales, enfocadas a la optimización de la gestión de mantenimiento, al igual que la confiabilidad y disponibilidad de cualquier equipo.

BIBLIOGRAFIA

BORRAS PINILLA, Carlos. Principios de mantenimiento UIS – COL, UIS Gerencia de mantenimiento, 2011 p. 129

DUFFA SALIH O. Sistemas de mantenimiento planeado y control. Editorial Limusa S.A. 2000.

MUÑOZ ABELLA, María Belén. Mantenimiento Industrial. [Consultado en octubre 12 del 2013]. Disponible en www.ocw.uc3m.es

OPTIMIZACIÓN INTEGRAL DEL MANTENIMIENTO, Artículo Revista: Club de Mantenimiento, www.club@clubdemantenimiento.com, 8 de Febrero del 2013.

TECNICAS DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO UTILIZADAS EN LA INDUSTRIA, Artículo revista, Scientia Et Technicas año XVI, No.45, Universidad Tecnológica de Pereira ISSN 0122-1701

THE WOODHOUSE PARTNERSHIP LIMITED, Woodhouse Jhon. “Criticality Analysis Revisited”, The Woodhouse Partnership Limited, Newbury, England 1994

ANEXO A

[INSPECCION ELECTRICA CENTRIFUGA](#)

[INSPECCION MECANICA CENTRIFUGAS](#)

[MANTENIMIENTO DE GENERADORES](#)

[INSPECCION COMPRESORES](#)

[INSPECCION BOMBAS CENTRIFUGAS](#)

[FORMATO SOLICITUD DE ATENCION DE SERVICIO DE MANTENIMIENTO SASM.](#)

[FORMATO DE DIAGNOSTICO MANTENIMIENTO EQUIPO](#)

[FORMATO DE INFORME MANTENIMIENTO EQUIPO](#)

ANEXO B

SUBSISTEMAS DE CENTRIFUGA

SUBSISTEMAS DE GENERADORES

SUBSISTEMAS DE COMPRESORES Y BOMBAS
CENTRIFUGAS

ANEXO C

ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE CENTRIFUGAS.

ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE GENERADORES.

ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE COMPRESORES KAESER.

ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE BOMBAS CENTRIFUGAS.

ANEXO D ENVIOS DE EQUIPOS A POZOS

[CONSOLIDADO CENTRUFUGAS 2011 A OCTUBRE 2013](#)

[CONSOLIDADO GENERADORES 2011 A OCTUBRE 2013](#)

[CONSOLIDADO COMPRESORES 2011 A OCTUBRE 2013](#)

[CONSOLIDADO BOMBAS CENTRIFUGAS 2011 A OCTUBRE 2013](#)

ANEXO E
LLEGADAS DE EQUIPOS A LA BASE

[CONSOLIDADO CENTRIFUGAS 2011 A OCTUBRE 2013](#)

[CONSOLIDADO GENERADORES 2011 A OCTUBRE 2013](#)

[CONSOLIDADO COMPRESORES 2011 A OCTUBRE 2013](#)

[CONSOLIDADO BOMBAS CENTRIFUGAS 2011 A OCTUBRE 2013](#)

ANEXO F

RECURRENCIA DE CENTRIFUGAS

ANEXO G

FLUJOGRAMA MANTENIMIENTO BASE

EJEMPLO GESTION MANTENIMIENTO
CENTRIFUGA QS100 051