

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA



**IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE
MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LOS EQUIPOS
CON SISTEMA DE EXTRACCIÓN RECOIL**

**INFORME DE SUFICIENCIA
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

LUIS VLADIMIR MENDOZA ROMAN

PROMOCION 2010-II

LIMA-PERU

2014

DEDICATORIA

Para mí es un gran honor dedicar este informe, a Dios por su luz y guía que me ha dado durante mi vida, a mi madre Martha por el sacrificio, paciencia y consejos brindados para conseguir mis objetivos en la vida, a mi padre Oliver por la guía y coraje inculcado para lograr mis metas.

Así mismo va dedicado a mi hermana Abigail que con su apoyo y paciencia brindada me ayudo en dar este paso importante, y finalmente a mis abuelos que con sus consejos supieron encaminar mi camino, en especial a mis abuelas Agueda y Leonor que Dios las tiene en su gloria.

PRÓLOGO

Debido a la experiencia adquirida en el transcurso de mi desempeño laboral en el rubro de mantenimiento en equipos rotativos, tanto en rubro Minero y Petrolero, presento el siguiente Informe de Suficiencia, en el cual se detalla la implementación de un Programa de Mantenimiento Preventivo a los equipos de sistema de extracción de Petróleo RECOIL.

La implementación de un Plan de Mantenimiento Preventivo es vital para el correcto funcionamiento de todo equipo durante su tiempo de vida, con la finalidad de disminuir paradas que se pueden prever según el tiempo y también poder incrementar el tiempo de vida del equipo, así mismo es la base para todo Sistema de Gestión de Mantenimiento, siendo esto un conjunto de tareas o actividades planificadas y programadas periódicamente para garantizar el correcto funcionamiento del equipo durante su periodo de tiempo de vida útil.

El presente informe se ha dividido en seis capítulos, las mismas que se detalla a continuación.

En el **Primer Capítulo** corresponde a la introducción del presente Informe de Suficiencia “Implementación de un Programa de Mantenimiento Preventivo para los equipos con sistema de extracción RECOIL”, donde se detallará los antecedentes, los objetivos, la justificación, el alcance y las limitaciones del informe.

En el **Segundo Capítulo** se desarrollará los fundamentos teóricos del mantenimiento, tipos de mantenimiento, características, ventajas, desventajas y la importancia de la aplicación de cada una de estas, así como también se mostrará el análisis de fallas según su frecuencia (Curva de la Bañera) y los conceptos básicos de la Tribología en el Mantenimiento.

En el **Tercer Capítulo** se dará a conocer el concepto general del Equipo de extracción de Petróleo RECOIL, tales como sus componentes principales, características, su funcionamiento en la extracción y las fallas comunes que se registran.

En el **Cuarto Capítulo** describimos la situación encontrada al momento de iniciar el contrato del Servicio de operación y mantenimiento de los equipos con sistema de extracción RECOIL en el Lote X, perteneciente a PETROBRAS, mostrando los indicadores principales por la cual se justifica el presente trabajo, así como también se planteará la problemática respectiva.

En el **Quinto Capítulo** se desarrollará la aplicación del programa de mantenimiento Preventivo elaborado así como también la metodología del mantenimiento correctivo aplicado mediante un Plan de Acción, donde se detallará el inventario de los equipos operativos en el Lote X, los componentes críticos, así como también se detallará las tareas a desarrollar y la frecuencia de aplicación que se obtiene en el programa de mantenimiento preventivo, finalmente se planteará indicadores para el control de la gestión.

En el **Sexto Capítulo** analizaremos los resultados obtenidos con la aplicación del programa de mantenimiento preventivo y el plan de acción de mantenimiento Correctivo, mostrando una comparación con el último semestre antes de que se inicie el servicio, estos indicadores serán los costos operativos, perdidas en diferida, disponibilidad y eficiencia.

Finalmente, se plantearán las conclusiones y recomendaciones respectivas a las que se han llegado con el desarrollo del presente informe, así mismo espero contribuir en la mejora del equipo de extracción RECOIL y en el crecimiento de la empresa ante la búsqueda de nuevos mercados.

CAPITULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

Los equipos con sistema de extracción de petróleo RECOIL, es un nuevo sistema de extracción patentado por la empresa privada “LIFTOIL S.A. SUCURSAL PERÚ”, el cual se encuentra ubicada en Parque 54 – N° 16, en la distrito de Talara, Departamento de Piura, el mismo que cuenta como negocio principal los servicios de fabricación, venta e instalación de los equipos de extracción de Petróleo RECOIL en lotes petroleros a nivel nacional e internacional.

“LIFTOIL S.A. SUCURSAL PERÚ” actualmente cuenta como cliente principal, en el Perú, a la empresa “PETROBRAS ENERGIA PERÚ S.A.”, el mismo que cuenta con la licitación del Lote X, Lote Petrolero ubicado en el Distrito de El Alto, Provincia de Talara, Departamento de Piura; donde se cuenta con más de 100 pozos petroleros trabajando con el sistema de extracción RECOIL (Modelo RCG – Recoil con Captador de Gas).



Fig. 1.1 Mapa con ubicación del Lote X

A inicios del 2012, la empresa "PETROBRAS ENERGIA PERÚ S.A.", presentaba un problema en los costos operativos y la diferida de producción diaria asociada al sistema de extracción RECOIL, estos parámetros se estaban elevando a valores no rentables tanto para el Cliente como para el nuevo sistema de extracción, por lo cual deciden recomendar el cambio de contratista para los servicios de Mantenimiento y Operación de los equipos RECOIL, a la Empresa "LIFTOIL S.A. SUCURSAL PERÚ", siendo este el fabricante del equipo.

Ante la problemática antes mencionada, desde Julio del 2012, se da inicio al servicio de Mantenimiento y Operación de los equipos RECOIL, siendo una prioridad la elaboración de un Programa de Mantenimiento Preventivo, disminuir la producción diferida y elevar la disponibilidad asociados a este sistema, así mismo el

cliente solicitó la elaboración del análisis de Estado y Condición de todos los equipos RECOIL que se encuentran trabajando en el Lote X y finalmente llevar, y mantenerlos, en Condición Básica.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Principal

Implementar un programa de Mantenimiento Preventivo a los equipos de extracción de petróleo con el sistema RECOIL, disminuyendo los costos operativos e incrementando la disponibilidad a este sistema de extracción.

1.2.2 Objetivo Secundario

- ✓ Disminuir y controlar la producción diferida asociada al sistema de extracción RECOIL.
- ✓ Realizar un inventario de los equipos operativos en el Lote X.
- ✓ Elaborar la criticidad de los componentes principales del equipo RECOIL, modelo RCG.

1.3 Justificación

Este trabajo se justifica en el requerimiento de mejorar el servicio de Mantenimiento y Operaciones en los equipo de extracción RECOIL que trabajan en el Lote X, propiedad del cliente "PETROBRAS ENERGÍA PERÚ", debido al elevado costo operativo que se tenía y al incremento de la producción diferida asociada al sistema de extracción RECOIL, así como también se debe tener en cuenta que la administración anterior no contaba con un Programa de Mantenimiento Preventivo aplicado a los equipos RECOIL.

1.4 Alcances

El alcance del presente informe será orientado a los equipos con sistema de extracción RECOIL que se encuentran trabajando en el Lote X.

1.5 Limitaciones

El presente trabajo tendrá las siguientes limitaciones:

- ✓ No se incluirá la programación del PLC del equipo RECOIL, debido a restricciones propuestas por el fabricante y la empresa.
- ✓ En el desarrollo del Plan de Mantenimiento Preventivo se consideró las recomendaciones de los fabricantes, así como también un breve resumen del historial anterior de fallas.
- ✓ No se brindará el detalle respectivo de las características particulares de los pozos de extracción de Petróleo, solo se mencionará la condición general requerida para el funcionamiento del equipo RECOIL.

CAPITULO 2

FUNDAMENTOS BASICOS DE MANTENIMIENTO

2.1 Concepto de Mantenimiento

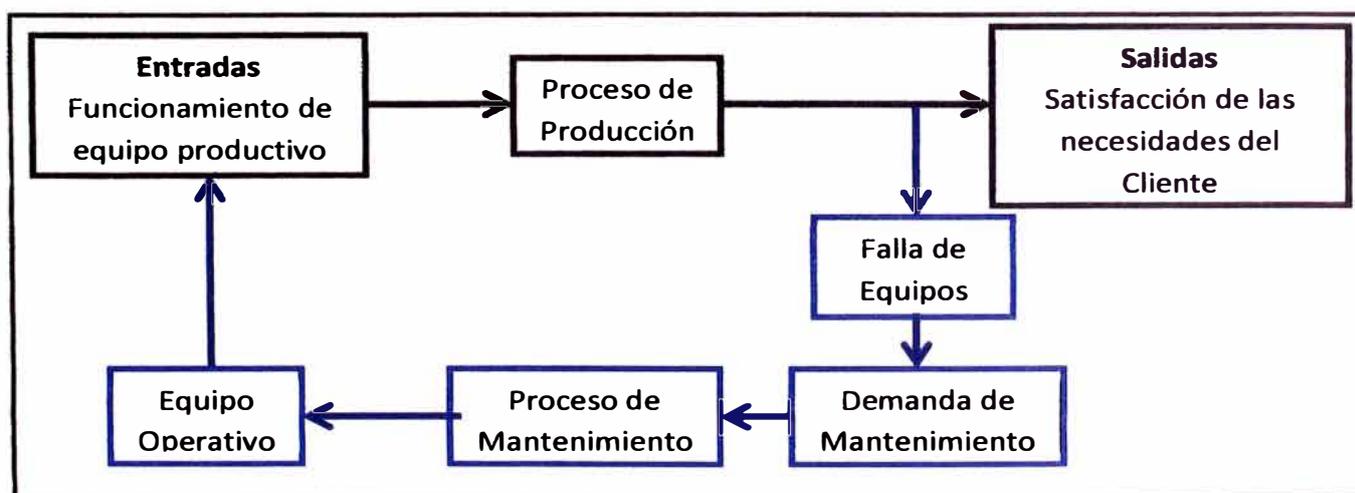
La creciente competencia y la demanda por parte de los clientes de una entrega oportuna de productos de alta calidad han obligado a las industrias a adoptar nuevas tecnologías de fabricación con un alto incremento de la automatización. Esto lógicamente ha dado lugar a grandes inversiones en nuevos equipos y para que la inversión sea rentable, este equipo tiene que ser confiable y capaz de mantenerse en ese estado sin fallas que conlleven a reparaciones costosas, ante este requerimiento de la industria se plantea actividades correctivas, preventivas y otras, para cumplir un correcto funcionamiento de estos, a las cuales se pueden denominar acciones de Mantenimiento.

El mantenimiento se define como un conjunto de actividades técnicas y administrativas cuya finalidad es conservar o restituir a un activo (equipo o sistema) a las condiciones que le permitan realizar una función, comprende todas las acciones necesarias para que un activo sea conservado o restaurado de modo de poder permanecer de acuerdo con una condición especificada. Todo esto dentro del marco de la seguridad del trabajador y debe ser realizado a costos mínimos.

Las inconsistencias en la operación de un equipo de producción tienen consecuencias en el producto; ocasionan una producción defectuosa o una pérdida de producción. Para producir con un alto nivel de calidad, el equipo de producción debe operar dentro de ciertos estándares de desempeño, los cuales pueden alcanzarse mediante oportunas acciones de mantenimiento.

Un sistema es un conjunto de componentes que trabajan de manera combinada hacia un objetivo común, como la satisfacción de la necesidad del cliente; el mantenimiento puede ser considerado como un sistema con un conjunto de actividades que se realizan en paralelo con los sistemas de producción.

Los sistemas de producción generalmente se encargan de convertir entradas o insumos como materias primas, mano de obra y procesos, en productos que satisfacen las necesidades de los clientes. La principal salida de un sistema de producción son los productos terminados; así como también hay una salida secundaria, la falla de un equipo, esta salida secundaria genera una demanda de mantenimiento, el sistema de mantenimiento toma esto, falla del equipo, como una entrada y se agrega conocimientos, mano de obra, repuestos y produce un equipo en buenas condiciones que ofrece una capacidad de operación y producción.



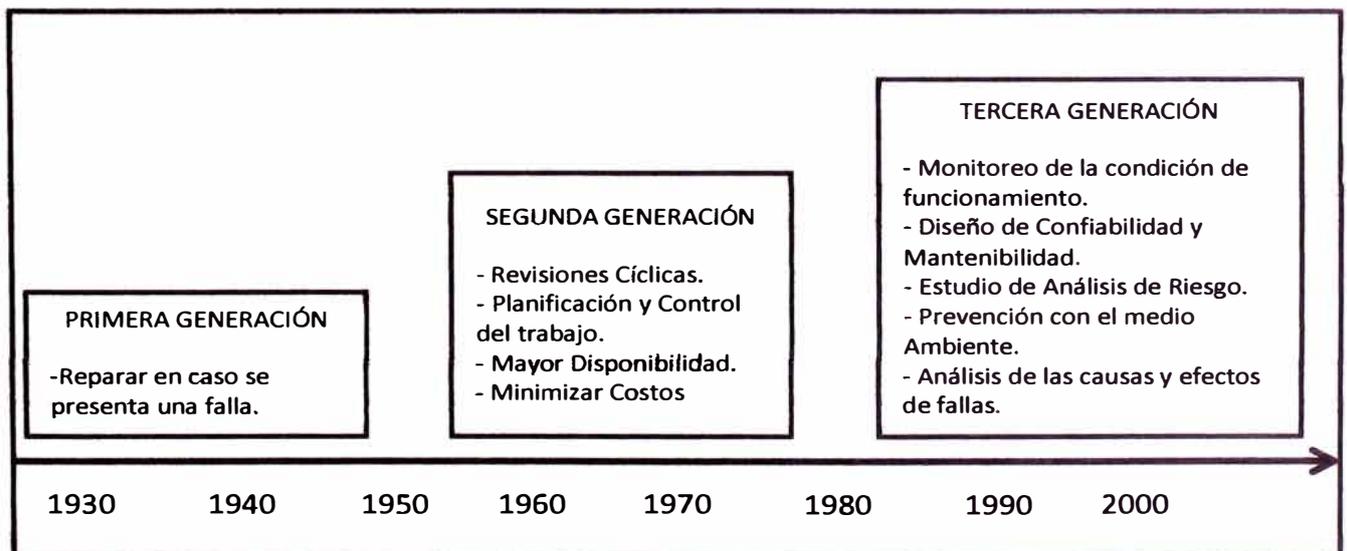
Cuadro 2.1 Relación entre el Proceso de producción y el Proceso de Mantenimiento

La principal meta de un sistema de producción es maximizar las utilidades a partir de las oportunidades disponibles en el mercado, la meta secundaria tiene que ver con los aspectos económicos y técnicos del proceso de conversión. Los sistemas de mantenimiento también contribuyen al logro de estas metas al incrementar las utilidades y la satisfacción del cliente, estas se logran reduciendo al mínimo el tiempo muerto de los equipos y trabajadores, mejorando la calidad, incrementando la productividad y garantizando un correcto funcionamiento de los equipos.

2.2 Evolución del Mantenimiento

Durante el siglo XX se han reconocido tres grandes etapas que, aunque no hay una frontera clara entre ellas desde el punto de vista temporal, pueden dar una clara idea de cuál ha sido la evolución de las técnicas y organizaciones que se han ido implementando al mantenimiento durante dicho siglo.

A esas tres grandes etapas se les llama generalmente la Primera, Segunda y Tercera Generación, tal cual se muestra a continuación:



Cuadro 2.2: Evolución del Mantenimiento según el tiempo y generación

Desde la revolución industrial el mantenimiento se basaba en la acción correctiva o reactiva, reparar cuando se presentaba la falla, este sistema continuó hasta 1950 aproximadamente.

A partir de la segunda Guerra mundial, seguramente motivado por avances en sectores industriales fabriles para la industria armamentista y por la evolución del mundo de la aviación nos encontramos con otra etapa denominada segunda generación. En ella se definen como objetivo que los equipos duren lo máximo posible en condiciones operativas apropiadas y todo ello con los costos más bajo posibles. La enorme competencia industrial habida entre 1950 y finales de los años 70, con la incorporación de los fabricantes orientales al mundo competitivo occidental, es uno de los desencadenantes de una continua búsqueda de mejores resultados.

En esta etapa de segunda generación, para intentar conseguir los objetivos anteriormente expuestos se ponen en marcha sistemas de mantenimiento preventivo basados en revisiones cíclicas a los equipos en instalaciones y medios en general, estas revisiones cíclicas se definen con base en la conocida curva de la bañera, el cual muestra los periodos a las que están relacionadas los fallos durante el periodo de vida útil de un sistema o equipo, de los cuales tenemos un período de mortalidad infantil en el que se llevan a cabo los primeros ajustes y puestas en marcha y se producen fallas por falta de calidad básicamente de subconjuntos, aparece un período continuo de vida útil en el que no es necesario intervenir el activo salvo para subsanar un pequeño número de averías, ciertos re-engrases o inspecciones puntuales, estas revisiones cíclicas se definen según cada sector por número de horas de trabajo, número de horas de vuelo, kilómetros recorridos, etc. Obviamente el mantenimiento de Segunda Generación incorpora las reparaciones necesarias en caso de fallas o reparaciones programadas.

La optimización de este mantenimiento de Segunda Generación, basado en mantenimientos preventivos rutinarios y mantenimiento correctivo, se fundamenta en avanzados sistemas de planificación de actividades y de control de trabajos realizados; entendiendo por control el lanzamiento de las órdenes de trabajo como la retroalimentación y verificación de los datos habidos en esas órdenes de trabajo:

- ✓ Equipo, instalación o sistema afectado
- ✓ Subsistema o componente afectado
- ✓ Agentes que han realizado la intervención
- ✓ Horas de trabajo invertidas
- ✓ Horas de trabajo que duró la paralización
- ✓ Repuestos consumidos
- ✓ Centro de Costos, etc.

En la década de los 80, se llegó a la conclusión de que el mantenimiento de Segunda Generación, una vez optimizado en cuanto a las periodicidades, consistencias de las citadas revisiones cíclicas preventivas y una vez optimizados los sistemas de planificación y control, el mantenimiento entraba en una situación de estancamiento, esto es la estabilización de los índices más representativos de cualquier actividad de mantenimiento: **la confiabilidad, la disponibilidad y los costos**. Ello fue objeto de reflexiones por los principales expertos mundiales del mantenimiento, concluyendo que esta situación de estabilización o estancamiento se alcanzaba en un determinado tiempo en el que cualquiera de las tres ratios a mejorar implicaba el empeoramiento de una de las otras dos asociadas.

Así pues, si queríamos optimizar los costos minimizando los insumos de repuestos o minimizando la mano de obra, la disponibilidad y/o la confiabilidad se veían reducidas; si pretendíamos aumentar la disponibilidad minimizando las paradas por revisión, la confiabilidad empeoraba, y si queríamos mejorar la

confiabilidad mediante mayor estudio y análisis de las averías repetitivas o complejas o mediante la implantación de reformas en los equipos o instalaciones, la disponibilidad empeoraba. Esto se puede entonces representar como un 'banco' de tres patas en la que la merma o exceso de cualquiera de las patas, desequilibra la gestión global.

Ante dicha situación de estancamiento, en los años 80's se empezó a hablar del mantenimiento de Tercera Generación. Este mantenimiento fundamenta sus objetivos, en primer lugar considera los tres anteriormente expuestos la disponibilidad, confiabilidad y costos, pero también aborda complementariamente otros aspectos relativamente poco analizados y perseguidos en etapas anteriores; tales como la Seguridad, en los últimos veinte años del siglo XX pasó a ser prioritaria, con una gran tendencia a la misión de normativas, reglamentaciones, leyes, órdenes, etc. enfocadas hacia este aspecto.

También se considera la Calidad en los servicios de mantenimiento; el cual se detalla en la publicación de la norma ISO 9000 en 1984, la protección del medio ambiente también pasó a ser un aspecto crucial en cualquier actividad de mantenimiento, así como en la Calidad, con referencia al medio ambiente se publicó la Norma ISO 14000.

Así mismo se empezó a considerar la duración de los equipos mediante el análisis detallado de los Costos del Ciclo de Vida (LCC, life cycle cost), este análisis pasó a ser determinante en las decisiones de compra de nuevos equipos, ya no era sólo importante que el sistema, instalación o equipo fuera confiable y mantenible, era necesario que su costo total del ciclo de vida, entendiendo como tal la primera inversión los costes financieros y los costes de operación, mantenimiento y reemplazo, fueran los menores posibles

Es obvio que todos estos objetivos no podían ser abordados con un sistema como el de la Segunda generación, era preciso cambiar la filosofía del mantenimiento.

La filosofía y técnicas del mantenimiento de la Tercera generación se basan en la incorporación de nuevos métodos para intervenir a los equipos e instalaciones sólo cuando es necesario, se entiende a no establecer actividades preventivas rutinarias, salvo que las mismas sean de cumplimiento obligatorio y/o tengan una eficacia y rentabilidad contrastada; ante esta filosofía aparecen los mantenimientos según Condición, los Mantenimientos Predictivos, encaminados a intervenir en la máquina antes de que se produzca la avería o falla catastrófica, analizando la evolución de una variable (presión, temperatura, vibración, etc.), que realmente sea significativa y determine el estado de la máquina, en paralelo se desarrolló otras técnicas tales como Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM), Mantenimiento Productivo Total (TPM), Gestión de Activos, los mismos que se están posicionando en el mercado..

El análisis de riesgos se presenta como una herramienta importante para las nuevas estrategias de mantenimiento, si la falla de un equipo no supone ningún riesgo o dicho riesgo es mínimo y asumible, quizá sea más rentable dejar que falle; así como también se desarrolló el análisis de causa y efecto, no solamente hay que analizar la avería, sino que hay que ver sus causas dentro de un contexto operacional determinado que es la empresa, el yacimiento o el sistema, un mismo equipo o instalación no falla de la misma manera en un lugar u otro, las posibles causas son diferentes, por consecuencia las acciones a tomar también deben ser diferentes.

Por último, y a partir sobretodo de 1980 también aparece en el sector de mantenimiento una nueva variable La Tercerización, el cual nos hace referencia a la

contratación externa de actividades de mantenimiento, el cual se presenta como una iniciativa interesante para reducir costos, acceder a expertos y que la empresa principal concentre su labor a directrices empresariales.

2.3 Tipos de Mantenimiento

La falla de cualquier equipo en una empresa es perjudicial para los objetivos de la organización, cada vez que ocurre una falla se pierde dinero, tanto en el costo de reparación de la falla, pérdidas de producción incurridas y/o los costos asociados a las consecuencias obtenidas por la falla (Accidente o daños a otros equipos).

La falla en todo equipo tiene que ser manejado apropiadamente, y uno de los aspectos más importantes de este manejo es la estrategia de mantenimiento con la que se va corregir toda falla, se decide qué tipo de mantenimiento, cuándo y en qué frecuencia ejecutarlo.

En el núcleo del proceso de mantenimiento se combinan varias estrategias, cada una de las cuales se describirán a continuación:

2.3.1 Mantenimiento Correctivo

El mantenimiento correctivo es un conjunto de actividades de reparación y/o sustitución de elementos deteriorados de un equipo o sistema, el cual se ejecuta cuando ocurre la falla, este método no intenta determinar cuándo ni cómo sucederá la falla, así mismo no se realiza un monitoreo ni inspección al equipo intervenido.

Este método resulta aplicable en sistemas complejos tales como componentes electrónicos o en procesos productivos que no admiten ser interrumpidos durante su funcionamiento, ya que puede afectar la producción principal de la empresa.

El mantenimiento correctivo es inevitable, el objetivo de un Plan de Mantenimiento Correctivo será la reducción al mínimo valor posible el número de intervenciones correctivas, así como también su correcto desarrollo, así para su

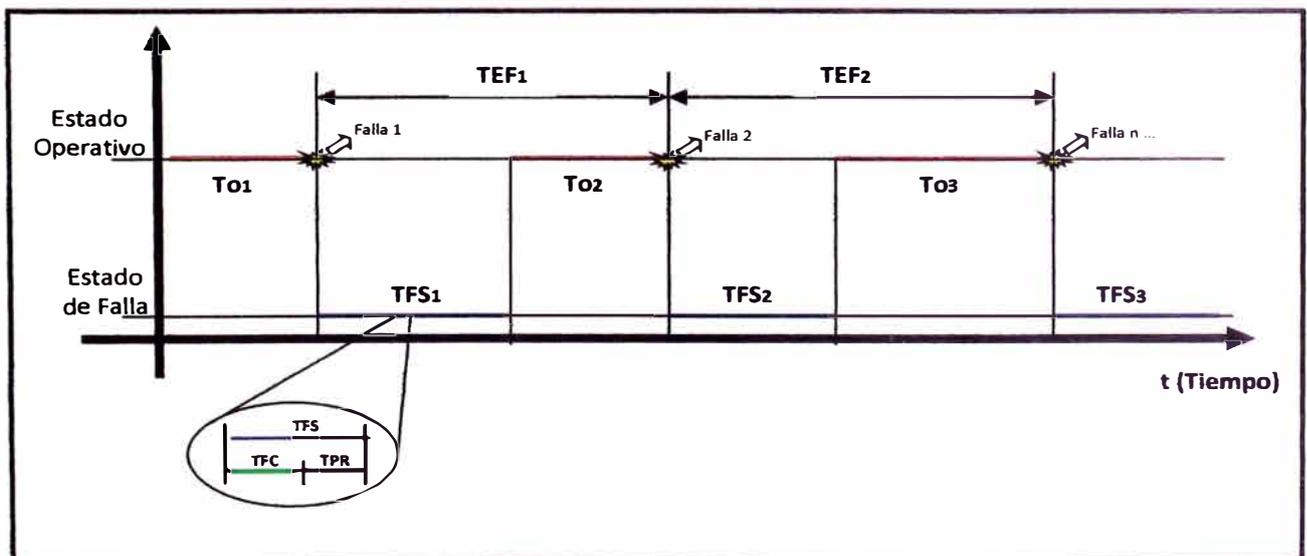
correcto desarrollo es necesario la elaboración de un histórico de ocurrencias de fallas y las acciones que se desarrollaron en su momento.

Así como también se debe considerar como trabajos de Mantenimiento Correctivo, los trabajos que se programan para llevar los equipos a Condición Básica, siendo esto el cambio de componentes ya en mal estado.

2.3.2 Mantenimiento Preventivo

El Mantenimiento Preventivo es un conjunto de actividades programadas tales como evaluaciones, inspecciones, reparaciones, ajustes, etc., con la finalidad de reducir la frecuencia de fallas y por consecuencia disminuir el impacto a la producción. Todas estas actividades son establecidas en frecuencias de intervalos de tiempo, también según la producción, horas máquina, kilometraje o el estado del equipo, cuya finalidad tiene extender el tiempo de vida Útil del equipo, así como también detectar una posible falla de un componente y programar una acción Correctiva ante este defecto.

Un indicador muy importante en la gestión del mantenimiento preventivo es la disponibilidad de los equipos el cual se calcula por intermedio del tiempo de funcionamiento del equipo, el cual lo detallaremos a continuación:



Cuadro 2.3 Representación gráfica de los tiempos de funcionamiento

La grafica nos muestra el comportamiento del funcionamiento de un equipo en operación, el cual se detalla de la siguiente manera:

To	:	Tiempo operativo
TEF	:	Tiempo entre fallas
TFS	:	Tiempo fuera de servicio
TFC	:	Tiempo fuera por compras
TPR	:	Tiempo para reparación

El Tiempo fuera de servicio "TFS", se calcula de la siguiente manera:

$$TFS = TFC + TPR$$

Empleando los parámetros antes mencionados, podemos calcular la disponibilidad mediante la siguiente fórmula:

$$Disponibilidad = \frac{\sum Toi}{\sum Toi + \sum TFSi}$$

Donde:

- $\sum Toi$: Sumatoria de Tiempo operativo
- $\sum TFSi$: Sumatoria de Tiempo fuera de servicio

Así mismo en este mantenimiento se debe considerar el desarrollo de un relevamiento de todos los equipos que se cuenta en la empresa, así como también se debe considerar el grado de criticidad de los componentes y los equipos que se evaluará.

Este mantenimiento puede ser desarrollado en diferentes condiciones de operación del equipo, el cual depende de qué tipo de intervención se desarrollará, tales como:

- ✓ **Equipo Operativo:** En esta condición la intervención sólo se basa en inspecciones y control del funcionamiento del equipo.

- ✓ **Equipo de Parada:** En esta condición la intervención ya es de mediana o alta intensidad, donde se desarrollará cambios o ajustes de componentes esenciales, así como también se considera el alto riesgo para el personal en la ejecución de esta labor.

Este tipo de mantenimiento presenta ciertas desventajas, el cual mencionaremos las más principales, tales como:

- ✓ Se realizan cambios innecesarios, ya que al ser un programa de cambios a ejecutarse, se encuentra en muchas ocasiones elementos que podrían continuar su uso por un tiempo más prolongado.
- ✓ Se presentan en algunos casos problemas en el funcionamiento del equipo posterior a un cambio efectuado, el cual se relaciona al tiempo que demanda el asentar un componente nuevo con el sistema.
- ✓ En el caso de no ejecutarse un mantenimiento programado, se generaría la reprogramación del mismo, alterando el programa inicial.

2.3.3 Mantenimiento Predictivo

El mantenimiento Predictivo es una técnica que busca detectar tempranamente las fallas que se podrían suscitar en equipos altamente críticos, los cuales están directamente relacionados a la producción principal de la empresa, así mismo esta técnica es un conjunto de actividades de seguimiento y diagnóstico continuo que permite programar una intervención correctora inmediata o a mediano plazo, así como también ayuda a detectar síntomas de fallas.

Este mantenimiento se basa en el hecho que la mayoría de las fallas se producen lentamente, arrojando indicios de una futura falla el cual puede ser detectado por medio de la inspección a simple vista o con un monitoreo de parámetros relevantes en el funcionamiento del equipo, tales como:

- ✓ Vibración.

- ✓ Análisis de lubricantes.
- ✓ Ensayos no Destructivos.
- ✓ Termografía, etc.

2.3.4 Mantenimiento Proactivo

El mantenimiento proactivo es una filosofía de mantenimiento dirigida a la detección y corrección de las causas que generan el desgaste y/o que conducen a la falla de la maquinaria.

Una vez detectado la causa de la falla se toma acción correctiva para eliminar la falla o disminuir el impacto que este genera al equipo, siendo esto un causante para la reducción del tiempo de vida y bajo desempeño en su funcionamiento.

El mantenimiento proactivo, establece una técnica de detección temprana, monitoreando el cambio de la tendencia de los parámetros considerados como causa de las fallas, esto con la finalidad de que el equipo regrese a sus condiciones adecuadas para su correcto funcionamiento.

2.3.5 Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad – RCM

El Mantenimiento Centrado en la confiabilidad (RCM – “Reliability Centred Maintenance”) es un proceso desarrollado por la industria aeronáutica civil en la USA, cuya finalidad es ayudar al personal de mantenimiento a determinar las mejores prácticas para garantizar la confiabilidad de las funciones de los activos físicos, y para manejar las consecuencias de sus fallas

El objetivo primario del RCM es conservar la función del sistema, antes que la función del equipo. La metodología lógica del RCM, que se deriva de múltiples investigaciones se puede resumir en seis pasos:

- Identificar los principales sistemas de la planta y definir sus funciones.
- Identificar los modos de falla que puedan producir cualquier falla funcional.

- Jerarquizar las necesidades funcionales de los equipos usando análisis de criticidad.
- Determinar la criticidad de los efectos de las fallas funcionales.
- Emplear el diagrama de árbol lógico para establecer la estrategia de mantenimiento.
- Seleccionar las actividades preventivas u otras acciones que conserven la función del sistema.

El RCM es un enfoque sistémico para diseñar programas que aumenten la confiabilidad de los equipos con un mínimo de costo y riesgo para ello combina aplicaciones técnicas de Mantenimiento Autónomo, Preventivo, Predictivo y Proactivo mediante estrategias justificadas técnica y económicamente. La información almacenada en las hojas de trabajo de RCM minimiza los efectos de rotación de personal y la falta de experiencia

Las premisas básicas para el diseño de cualquier proyecto de RCM que propenda por la optimización del mantenimiento, deben ser:

- Lo fundamental es la disponibilidad de los equipos
- El interés principal debe ser la función que estos desempeñan
- Se debe cuestionar todo plan no sustentado por análisis de confiabilidad
- El análisis debe ser sistemático, tanto en extensión como en profundidad

De acuerdo con la Norma SAE-JA1011 un programa de RCM debe asegurar que las siete preguntas básicas sean contestadas satisfactoriamente en la secuencia mostrada:

- ¿Cuáles son las funciones asociadas al activo en sus actual contexto operacional? (Funciones)

- ¿De qué manera puede no satisfacer sus funciones? (Fallas funcionales)
- ¿Cuál es la causa de cada falla funcional? (Modos de falla)
- ¿Qué sucede cuando ocurren las diferentes fallas? (Efectos de las fallas)
- ¿De qué manera afecta cada tipo de falla? (Consecuencias de las fallas)
- ¿Qué puede hacerse para prevenir y/o predecir cada falla? (Tareas probables e intervalos de las tareas)
- ¿Qué debe hacerse si no se encuentra una tarea proactiva adecuada? (Acciones preestablecidas)

El resultado de cada análisis de RCM, de un equipo es una lista de responsabilidades de mantenimiento que permiten aumentar la disponibilidad, confiabilidad y rendimiento operativo del equipo, con un alto nivel de eficiencia en costos.

2.3.6 Mantenimiento Productivo Total – TPM

El mantenimiento productivo Total (TPM – “Total Productive Maintenance”) es un moderno sistema gerencial de soporte al desarrollo de la industria que propugna la participación de todo el personal de la organización en el mantenimiento de los equipos de producción. Su metodología soportada por varias técnicas de gestión, establece algunas estrategias adecuadas para mejorar la productividad empresarial con miras a lograr afrontar con éxito y competitividad la apertura de la economía.

La filosofía TPM hace parte del enfoque hacia la calidad total, teniendo en cuenta que mientras la **Calidad Total** pasa de hacer énfasis en la inspección y selección, a hacer énfasis en la prevención; el **TPM** pasa del énfasis en la simple

reparación al énfasis en la prevención y predicción de las averías y del mantenimiento de las máquinas.

En el TPM todos los problemas de operación de los equipos se consideran pérdidas de su función, las cuales deben ser monitoreadas y agrupadas en “las seis grandes pérdidas”, tales como:

- Pérdidas por averías
- Pérdidas de Preparación y Ajustes
- Inactividad y Paradas Menores
- Pérdidas de Velocidad Reducida
- Pérdidas de Puesta en Marcha
- Defectos de Calidad y Repetición de Trabajos

El TPM se soporta en ocho pilares tal cual vemos en la siguiente figura:

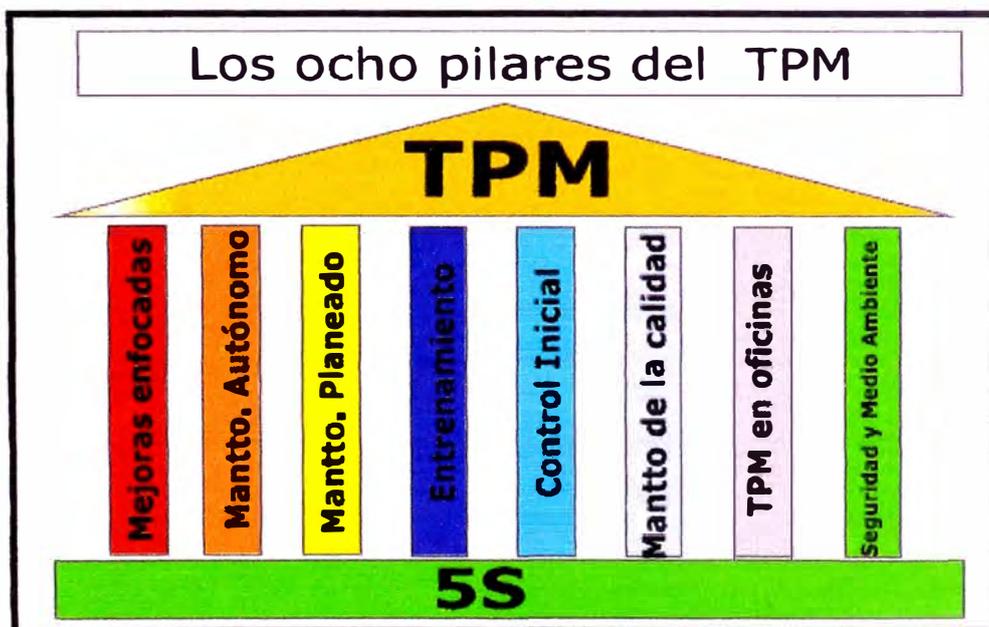


Fig. 2.1 Pilares del TPM

Así mismo como el TPM se basa en los ocho pilares, estos cuentan con una base como lo son “Las 5 S”, así denominado por la primera letra del nombre que en japonés designa cada una de sus cinco etapas, las cuales son:

- Seiri Clasificación.
- Seiton Orden.
- Seisō Limpieza.
- Seiketsu Estandarización.
- Shitsuke Mantener la disciplina.

Sintetizando los aportes del TPM a un sistema de mantenimiento óptimo podemos decir que:

- Se mejora la eficiencia y eficacia del Mantenimiento
- El TPM trabaja para llevar al equipo a su condición de diseño
- El TPM busca la gestión del equipo y la prevención de la avería y pérdidas
- El TPM requiere que el mantenimiento se lleve a cabo en cooperación activa con el personal de producción.
- El TPM necesita capacitación continua del personal
- El TPM usa efectivamente las técnicas del Mantenimiento Preventivo y Mantenimiento Predictivo.
- El TPM mejora la moral del personal y crea un auténtico sentido de pertenencia hacia la empresa.
- En el TPM el ciclo de vida útil del equipo se extiende, y se reducen los costos totales de operación

2.4 Evolución de la Tasa de Fallas según el Tiempo

Dentro del periodo de vida o de funcionamiento de un equipo, se tiene un registro de todas las fallas que ocurrió durante su operatividad, a las cuales se

determinan sus respectivos intervalos entre cada falla registrada, según estos datos recopilados se obtiene el índice de fallas, y según estos valores obtenidos se obtiene una curva del patrón de fallas, denominado Curva de la Bañera, el cual se divide en tres periodos:

- Periodo de Falla Temprana
- Periodo de Operación Normal
- Periodo de Desgaste

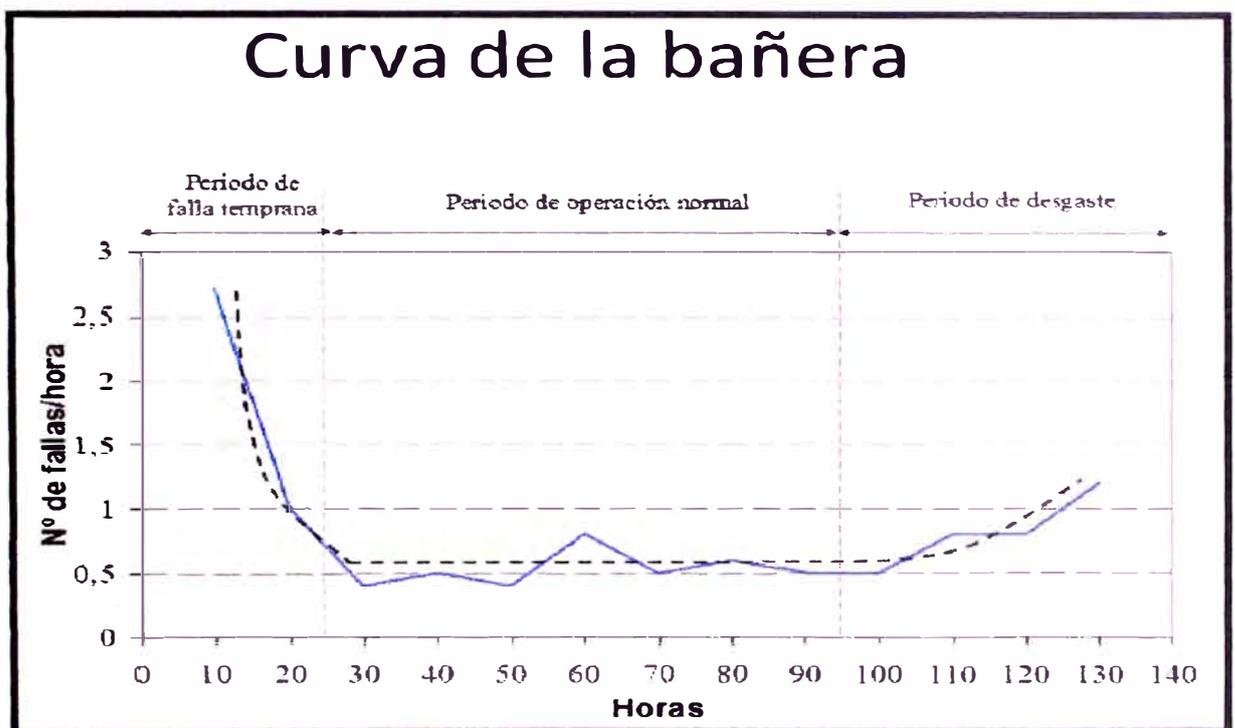


Fig. 2.2 Curva de la Bañera

2.4.1 Periodo de Falla Temprana

Se caracteriza por altos índices de fallas y que se producen al poco tiempo de funcionamiento, esto podría deberse a desaciertos en el diseño o en la manufactura, debido a una mala operación o aplicaciones equivocadas.

Los fabricantes, para evitar esta zona, someten a sus componentes a un "Quemado" inicial ("Burn-in en inglés), desechando los componentes defectuosos,

esto se realiza sometiendo los componentes a condiciones extremas de operación, que aceleran los mecanismos de falla.

En este periodo el índice de fallas va disminuyendo con el tiempo, hasta tomar un valor constante y llegar a la vida útil

2.4.2 Periodo de Operación Normal

Este periodo se caracteriza por tener índices de fallas muy bajos y casi al mismo nivel, en este periodo las fallas se deben a limitaciones inherentes al diseño, cambios de ambiente operacional y/o accidentes provocados por el uso. Estos accidentes pueden limitarse mediante un buen control de los procesos de operación y mantenimiento.

Así mismo este periodo es el de mayor duración y toda empresa aplica las diversas técnicas de mantenimiento buscando alargar este tiempo.

2.4.3 Periodo de Desgaste

En este periodo los índices de fallas comienzan a crecer debido al tiempo de trabajo de los componentes o del equipo en general, en estos casos sólo se puede reducir el índice de fallas mediante el reemplazo de los componentes que ya cumplieron su ciclo de trabajo.

Así mismo en este periodo el índice de fallas vuelve a crecer, debido a que los componentes fallan por degradación de sus características en el transcurso del tiempo, a pesar de reparaciones o trabajos de mantenimiento, cuando ya se encuentra en este periodo se recomienda el desarrollo de un "Overhaul" - Mantenimiento Global.

2.5 Tribología

La palabra Tribología se deriva del término griego “tribos”, el cual significa “frotamiento o rozamiento”, así que la interpretación de la palabra puede ser, “la ciencia del rozamiento”

Los diccionarios definen a la Tribología como la ciencia y tecnología que estudia la interacción de las superficies en movimiento relativo, así como los temas y prácticas relacionadas. La Tribología es el arte de aplicar un análisis operacional a problemas de gran importancia económica llámese confiabilidad, mantenimiento, y desgaste del equipo técnico, abarcando desde la tecnología aeroespacial hasta aplicaciones domésticas.

2.5.1 Fundamentos de la Tribología

La Tribología se centra en el estudio de tres fenómenos; la fricción entre dos cuerpos en movimiento, el desgaste como efecto natural de este fenómeno y la lubricación como un medio para evitar el desgaste.

a Fricción

Se define como fuerza de rozamiento o fuerza de fricción entre dos superficies en contacto a la fuerza que se opone al movimiento de una superficie sobre la otra (fuerza de fricción cinética) o a la fuerza que se opone al inicio del movimiento (fuerza de fricción estática).

Las fuerzas de fricción son importantes en la vida cotidiana ya que nos permiten caminar y correr. Toda fuerza de fricción se opone a la dirección del movimiento relativo.

b Desgaste

El proceso de desgaste, puede definirse como una pérdida de material de la interface de dos cuerpos, cuando se les ajusta a un movimiento relativo bajo la

acción de una fuerza. En general, los sistemas de ingeniería implican el movimiento relativo entre componentes fabricados a partir de metales y no metales, y se han identificado seis tipos principales de desgaste, como sigue:

- Desgaste por adherencia.
- Desgaste por abrasión.
- Desgaste por fatiga.
- Desgaste por erosión.
- Desgaste corrosivo

c Lubricación

El propósito de la lubricación es la separación de dos superficies con deslizamiento relativo entre sí de tal manera que no se produzca daño en ellas: se intenta con ello que el proceso de deslizamiento sea con el rozamiento más pequeño posible. Para conseguir esto se intenta, siempre que sea posible, que haya una película de lubricante de espesor suficiente entre las dos superficies en contacto para evitar el desgaste

El objetivo de la lubricación es reducir el rozamiento, el desgaste y el calentamiento de las superficies en contacto de piezas con movimiento relativo. La aplicación típica en ingeniería mecánica es el cojinete, constituido por muñón o eje, manguito o cojinete.

Los principales campos de aplicación son:

- Cojinetes del cigüeñal y bielas de un motor (vida de miles de km).
- Cojinetes de turbinas de centrales (fiabilidad de 100%).

Los factores a considerar en diseño son técnicos y económicos:

- Cargas aplicadas y condiciones de servicio.
- Condiciones de instalación y posibilidad de mantenimiento.
- Tolerancias de fabricación y funcionamiento; vida exigida.

- Costo de instalación y mantenimiento.

2.5.2 Aplicaciones

La Tribología está presente en prácticamente todos los aspectos de la maquinaria, motores y componentes de la industria en general. Los componentes tribológicos más comunes son:

- Rodamientos
- Frenos y embragues
- Sellos
- Anillos de pistones
- Engranajes y Levas

La aplicación de los conocimientos de la Tribología en estas prácticas deriva en:

- Ahorro de materias primas
- Aumento en la vida útil de las herramientas y la maquinaria
- Ahorro de recursos naturales
- Ahorro de energía
- Protección al medio ambiente
- Ahorro económico

CAPITULO 3

CONCEPTOS GENERALES DEL EQUIPO RECOIL

3.1 Descripción de la Empresa

La empresa LIFTOIL SUCURSAL PERÚ S.A. tiene como negocio principal el ensamblaje, venta e instalación de equipos RECOIL, en Lotes Petroleras a nivel nacional e internacional.

Desde el 2012, se dio inicio al servicio de mantenimiento y operación a los equipos RECOIL que se encuentran operando en pozos petroleros del LOTE X, lote que actualmente se encuentra licitado a la empresa PETROBRAS ENERGIA PERÚ S.A.

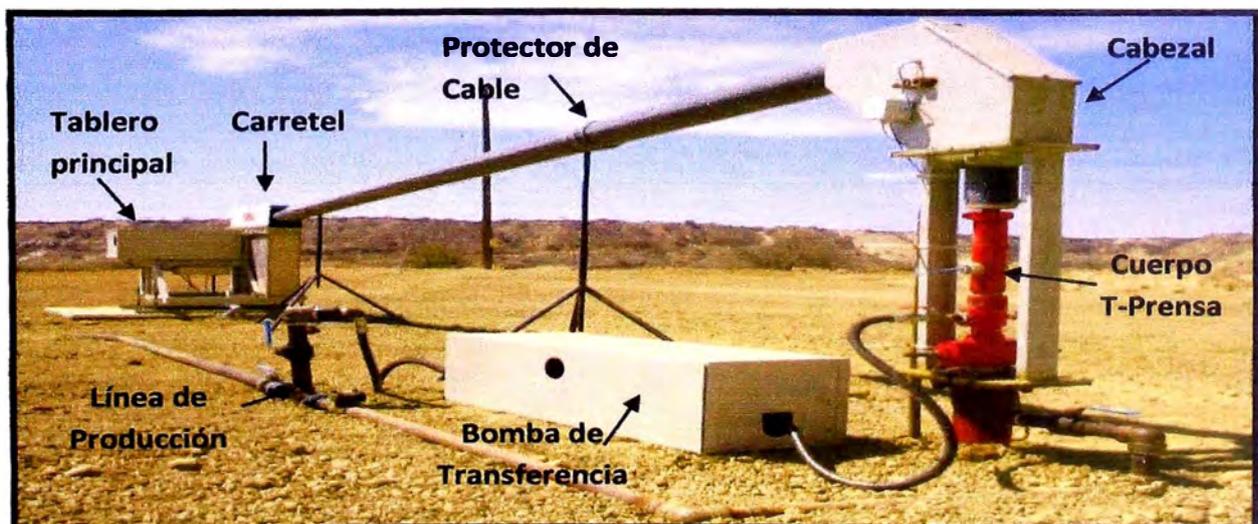


Foto N° 3.1 Equipo de Extracción de Petróleo - RECOIL (Modelo RCG)

3.2 Descripción del Sistema de Extracción RECOIL

El sistema de extracción RECOIL, es un equipo electro-mecánico, el cual es controlado mediante un PLC y un variador de velocidad, el cual tiene como finalidad la extracción de petróleo en pozos depletados (pozos con baja producción), se recomienda la instalación de los equipos RECOIL en pozos perforados horizontalmente, no se recomienda en pozos direccionados, el petróleo extraído, en el conjunto colector, es bombeado hacia las baterías de almacenamiento por las líneas de producción instaladas en el Lote petrolero.

El equipo RECOIL, modelo RCG cuenta con los siguientes componentes principales:

3.2.1 Componentes Electrónicos Principales

Los componentes electrónicos principales del sistema de extracción RCG son el PLC, Variador y sensores, los mismos que tienen las siguientes funciones:

PLC

EL PLC de marca Schneider Electric, modelo TWDLCAA24DRF, es el componente electrónico Principal encargado de controlar el funcionamiento global del equipo por intermedio de un programa lógico, el mismo que analiza la información que le proporcionan los sensores y el variador, se encarga de evaluar el torque de funcionamiento del motor, detecciones de nivel del fluido, tensión del cable de izaje, alimentación eléctrica, parámetros de funcionamiento (Tiempo de carga, tiempo de reposo y tiempo de bombeo).

Variador

El Variador de marca Schneider Electric, modelo ATV31HU22N4 es el componente electrónico encargado de regular las rampas de desaceleración del

motor-reductor principal del equipo RCG, así como también se encarga de controlar el torque de funcionamiento del motor.

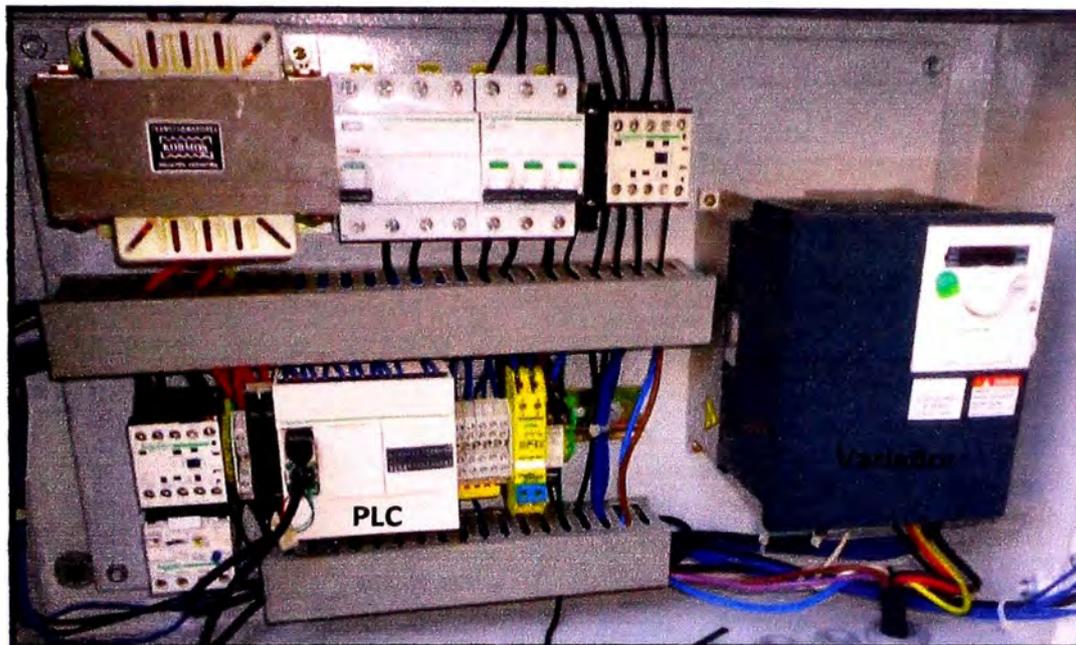


Foto N° 3.2 Tablero Principal del equipo RECOIL

Sensor de Posición

El sensor de Posición, es un Sensor Namur G30, es el encargado de sensar el alojamiento del tubo de aspiración en el cuerpo principal del conjunto T-Prensa (Ver Figura 3.1), así mismo detiene el ascenso del tubo colector y acciona el funcionamiento de la bomba de transferencia.

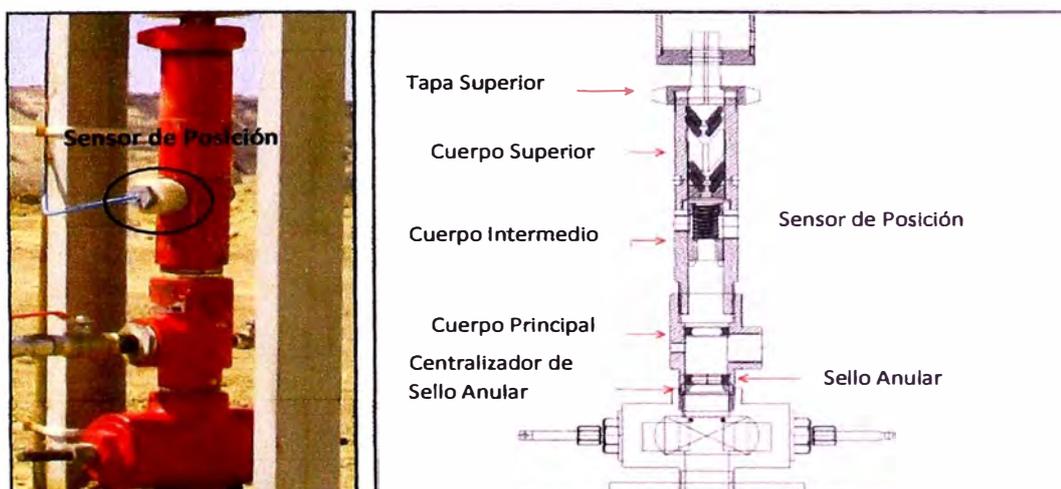


Foto 3.3 - Fig. 3.1: Ubicación del Sensor de Posición

Sensor Contador

El sensor Contador, es un Sensor Namur G18 (ver Foto 3.4), es el encargado de contar el metraje del cable que desciende y/o asciende por dentro del Casing del pozo productor, en donde se encuentra instalado el equipo RCG, este trabajo lo realiza contabilizando el número de vueltas de la polea, el cual me indica un metro por cada vuelta.



Foto 3.4: Cabezal del equipo - Posición del Sensor Contador

Sensor Basculante

EL sensor basculante, es un Sensor Namur M30, es el encargado de verificar que el cable se encuentre tensionado, esta evaluación nos indica que cuando el cable se encuentra tensionado el sistema basculante (Según la figura es el Conjunto de dos varillas y una polea) se encuentra por la ubicación del sensor, una vez que pierde tensión el cable, el basculante cae a la parte inferior del equipo y el sensor envía la señal al PLC para la parada del equipo, esto nos ayuda a controlar cuando se tiene un mal enrollamiento del cable en el carretel, y a su vez previene una rotura de cable por esta causa.

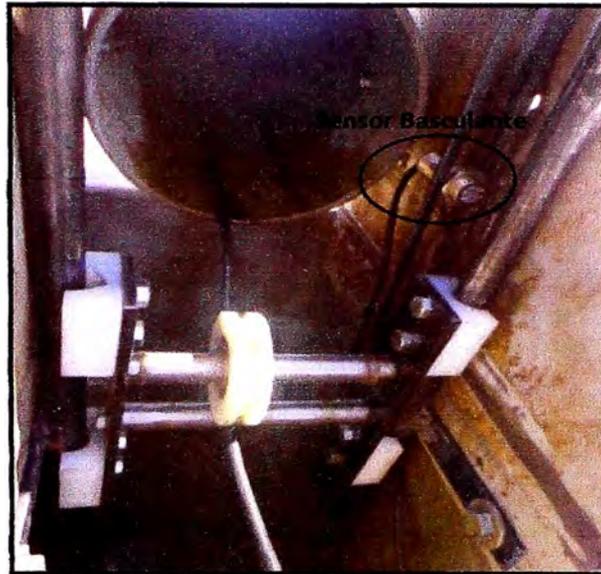


Foto 3.5: Sistema Basculante - Ubicación del Sensor Basculante

3.2.2 Componentes Mecánicos Principales

Los componentes Mecánicos principales del Sistema de extracción RCG son el Motor-reductor, Cable de Izaje, Conjunto Colector y la Bomba de Transferencia, los mismos que tienen las siguientes características:

Motor-reductor

El motor-reductor que cuenta el equipo RCG es de 3 HP y 1750 rpm, este componente es el encargado de transmitir movimiento al carretel, en sentido horario y/o anti horario, por intermedio de un acoplamiento FAS6; en el carretel se encuentra instalado el cable de izaje que asciende y/o desciende dentro del casing, según el sentido de giro que cuenta el motor-reductor.

Cable de Izaje

El cable de izaje es el encargado de ascender o descender el conjunto colector por el casing, con la finalidad de transportar el fluido desde la profundidad del pozo a superficie, para su posterior desplazamiento hacia las baterías de almacenamiento de petróleo.

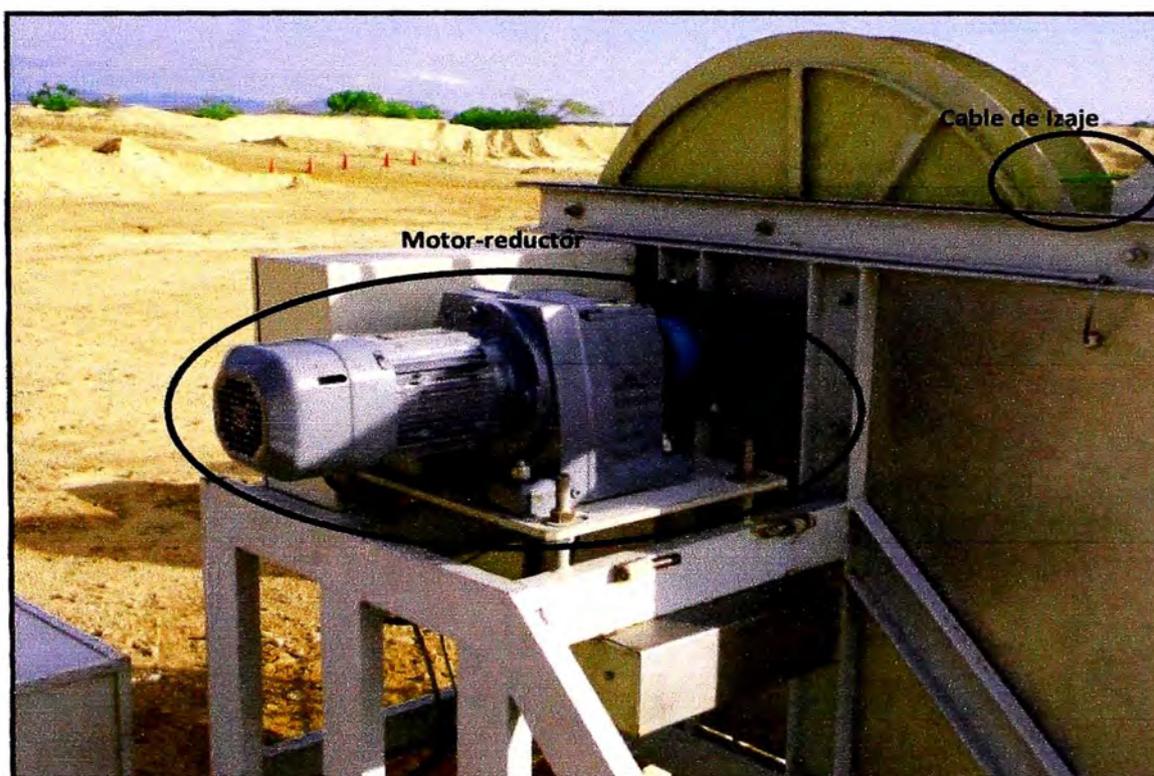


Foto 3.6 Motor-reductor y Cable de Izaje

Conjunto colector

El conjunto colector que actualmente trabaja en el equipo RCG, está compuesta por el tubo de aspiración y el tubo colector de 3" de Diámetro y de 8 metros de Longitud, por lo cual tiene una capacidad efectiva para extracción de 8.72 Galones de petróleo por cada ciclo.

El conjunto colector tiene como finalidad almacenar el fluido del pozo para su traslado a la superficie.

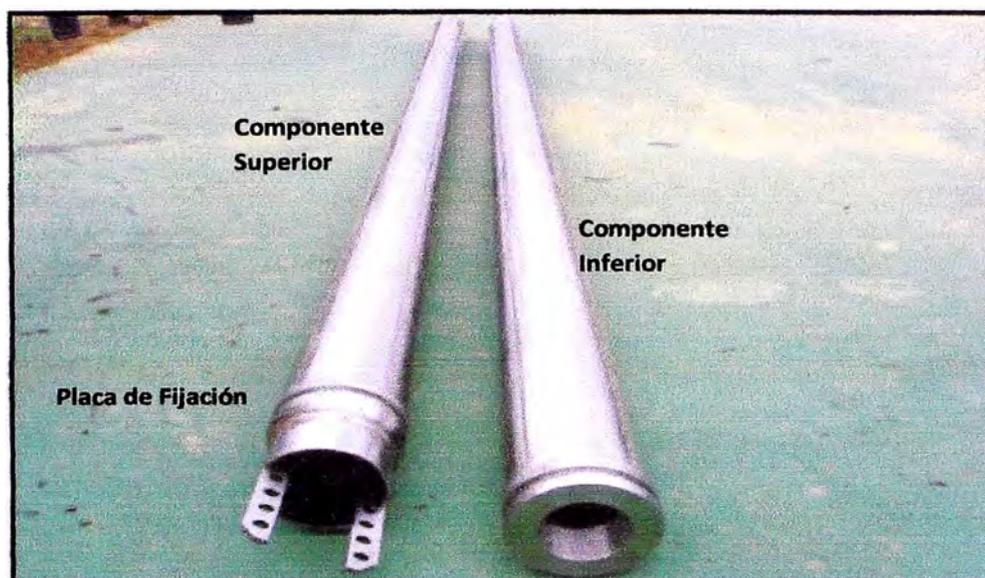


Foto 3.7: Componentes del Conjunto Colector

Conjunto T-Prensa

El conjunto T-Prensa es el cuerpo de alojamiento del tubo de aspiración, donde se hermetiza en la cámara de aspiración y se da inicio al bombeo del petróleo.

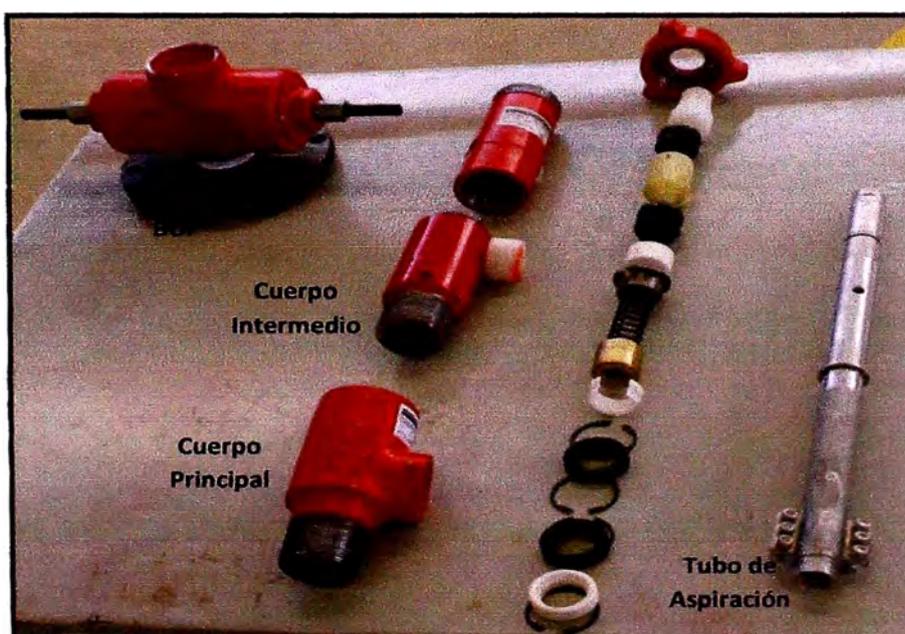


Foto 3.8: Componentes internos, externos del T-Prensa y tubo de aspiración

Bomba de Transferencia

La bomba de Transferencia que el equipo RCG emplea es una bomba Helicoidal Modelo E2DH236, con un caudal Nominal de 8.13 Galones por Minuto, tiene como componentes principales Estator, Sello Mecánico y Rotor.

La bomba es la encargada de succionar el fluido del conjunto colector una vez ubicada en la cámara de aspiración, para desplazarlo hacia la línea de producción.



Fig. 3.2 Bomba de Transferencia

3.3 Memoria Descriptiva del Funcionamiento

El funcionamiento del equipo RECOIL, modelo RCG, se inicia con el arranque del motor, controlado mediante el PLC y el variador de velocidad, para descender el conjunto colector desde la superficie, mediante el cable de izaje, este descenso es continuo hasta que el conjunto colector detecte el fluido (Petróleo), posterior a la detección el conjunto colector continua descendiendo 15 metros aproximadamente, donde se detiene e inicia el tiempo de carga, aproximadamente 3 minutos.

Así mismo se debe tener en cuenta que el conjunto colector solo desciende hasta la máxima profundidad del pozo

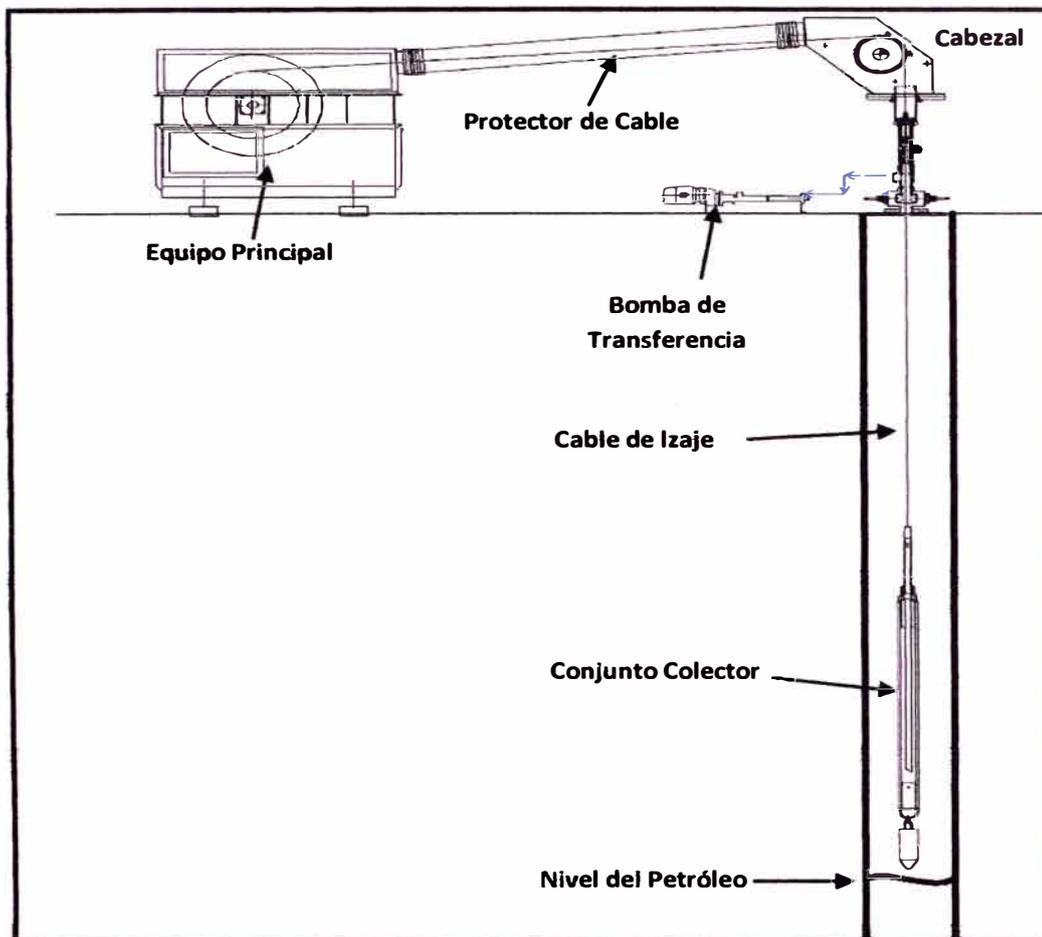


Fig. 3.3 Diagrama de detección de Fluido con el equipo RECOIL

Una vez finalizado el tiempo de carga, mediante la programación del PLC, se invierte el sentido de giro del motor y se da inicio al ascenso del conjunto colector hacia la superficie, una vez que el conjunto colector se encuentra a 10 metros aproximadamente de la superficie, el motor disminuye la velocidad de ascenso, con la finalidad que el encauce en el conjunto colector el alojamiento no sea brusco, una vez que el conjunto colector se activa el sensor de posición, se activa por el desplazamiento del tope deslizante del T-Prensa.

Con el conjunto colector ya ubicado en la cámara de aspiración se da arranque a la bomba de transferencia para la succión del fluido y se respectivo desplazamiento a la línea de producción.

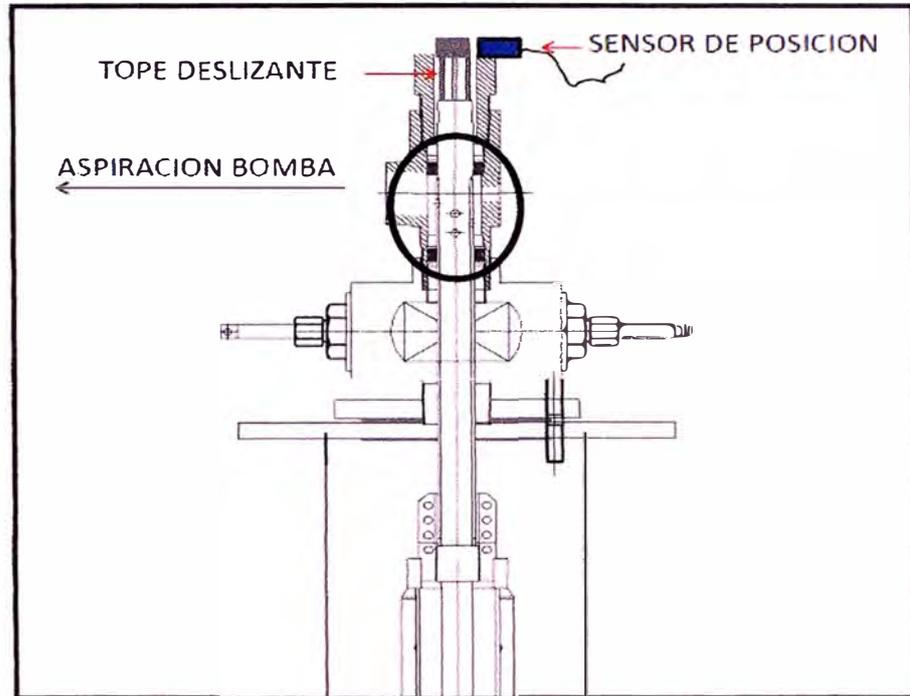


Fig. 3.4 Conjunto Colector en la Cámara de Aspiración

Este funcionamiento es repetitivo cíclicamente durante las 24 horas del día los siete días de la semana, así mismo este ciclo es interrumpido por fallas que generó alguna parada del equipo.

Tener en cuenta que en este sistema de extracción las fallas, según el programa del PLC, se identifican de la siguiente manera:

- **Cable Flojo:** Esta falla se activa mediante el sistema basculante, el mismo que controla que el cable se encuentre tensionado, nos indica que el cable perdió tensión, el equipo se detiene previniendo una posible rotura de cable por un mal enrollamiento.
- **Cable a 0 metros:** Esta falla se activa mediante el sistema basculante y con el contador de metros a "cero metros", nos indica problemas al momento de alojarse el conjunto colector en la cámara de

aspiración, siendo una de sus posibles causas es un mal alineamiento de la polea, un sello anular mal instalado, problemas con el centralizador o revestimiento en mal estado en el conjunto T-Prensa.

- **Máximo torque** Esta falla se activa cuando la lectura de torque del variador supera el 100% del torque del motor, esto nos indica de que el conjunto colector o el cable se encuentran trabados en el Casing o en el conjunto T-Prensa, esta parada se debe a problemas de formación de carbonatos en el Casing, el revestimiento del cable se encuentra en mal estado o un torón del cable está roto, etc.
- **Corte de energía** Esta falla se registra cuando se realiza un corte de energía en la alimentación eléctrica o tal vez cuando hubo un corto circuito, tener en cuenta que una vez se repone la energía, el equipo continua de parada para que se realice un RESET.
- **Bomba deficiente** Esta falla indica que se están desarrollando los ciclos pero que se tiene problemas en el arranque de bomba, se debe a problemas en el estator o en el conexionado de la bomba.
- **Contador de metros** Nos indica cuando el giro de la polea es demasiado rápido o demasiado lento, las causas probables de este problema es falla en el variador, mala regulación del freno electromagnético del motor, rodamiento de polea en mal estado o el sensor contador mal regulado.

CAPITULO 4

CONDICIONES OPERATIVAS INICIALES DE LOS EQUIPOS DE EXTRACCIÓN DE PETROLEO RECOIL

4.1 Situación de Producción - Operaciones

Dentro de la industria petrolera se tiene diversos parámetros de controlar la producción del crudo (Mezcla de agua y petróleo) que se extrae de cada pozo petrolero, dentro de las operaciones en la empresa "PETROBRAS ENERGÍA PERÚ S.A.", se controla mediante los siguientes parámetros principales:

Producción diferida:

Para cualquier sistema de producción que mantienen un programa de gestión de calidad, se necesitan variables de medición que nos permitan cuantificar las deficiencias existentes que revelarán el estado real de nuestro entorno productivo, para las empresas del rubro de hidrocarburos uno de los principales indicadores de mantenimiento es la producción diferida o Down time.

Definiremos a la producción diferida, como "el valor de producción programado que no se pudo completar debido factores externos que afectaron su consecución", dicha pérdida se ve claramente reflejada en función de los costos de venta en el mercado del crudo en la actualidad.

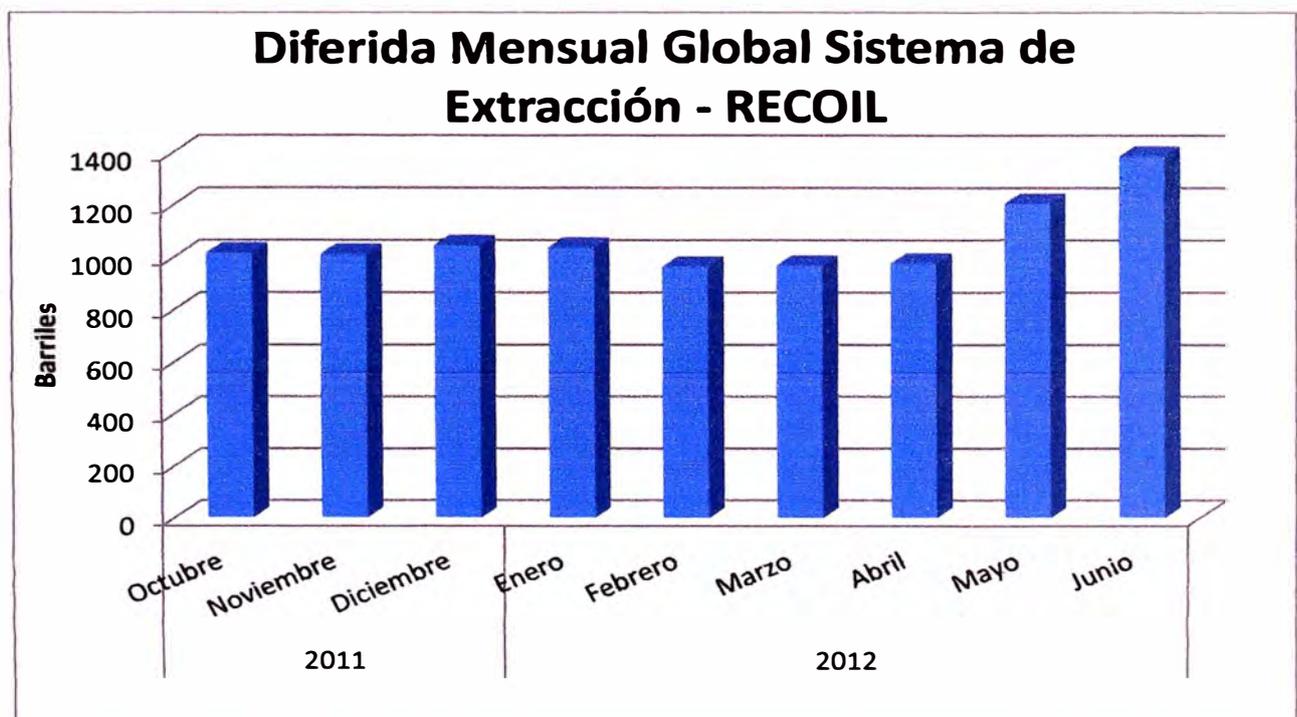
La producción diferida se asocia a diversas condiciones en la producción tales como Mantenimiento (Fallas en los equipos), Producción (Mala Operación),

Tiempo de Detección (Tiempo que no se reportó como equipo parado), Pulling (Intervención a los pozos), Robos (Hurtos dentro del Lote que afecta un equipo), etc.

Así mismo mostramos la diferida general asociado al sistema de Extracción RECOIL considerando todas las condiciones antes mencionadas:

Mes	2011			2012					
	Oct.	Nov.	Dic.	Enero	Feb.	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Diferida Mensual (Barriles)	1016.8	1012.2	1046.9	1038.5	966	970.9	978.3	1206.8	1386.9
Diferida Diaria (Barriles/Día)	32.8	33.74	33.77	33.5	34.5	31.32	32.61	38.93	46.23

Cuadro 4.1 Diferida Mensual Global del Sistema de Extracción RECOIL



Grafica 4.1: Producción Diferida relacionado al Sistema RECOIL

Sumergencia:

La sumergencia es un indicador exclusivo relacionado a la producción del pozo, este parámetro nos muestra si el pozo está siendo extraído correctamente así como también tiene una relación directa con la profundidad del pozo, con este indicador se debe modificar los parámetros del funcionamiento de los sistemas de extracción para poder acelerar o controlar la extracción, ya sea incrementando o disminuyendo el tiempo de reposo, tiempo de carga y/o modificar las velocidades.

Así mismo, este indicador en referencia a los pozos con el sistema de extracción RECOIL, al inicio del contrato se reportó con el 40 % de pozos con alta sumergencia, y 18 % de los pozos controlados en los parámetros aceptables, esto se debe a las constantes paradas de los equipos que trabajan con el sistema de extracción RCG y a una mala operación.



Grafica 4.2: Control de Sumergencia – Junio 2012

4.2 Situación de mantenimiento

Dentro del sector de Mantenimiento, así como también en el área de ingeniería de Mantenimiento se encontró diversos problemas con indicadores del

sector como el control del funcionamiento y la documentación del equipo, entre otros, las cuales detallaremos a continuación:

Condición Básica

La condición Básica está considerado como el estado de todo equipo mediante el cual puede cumplir con todos los requerimientos de funcionamiento del propietario, así mismo para llevar a cualquier equipo a esta condición se desarrolla un "OVER HALL".

Producción diferida asociada a mantenimiento:

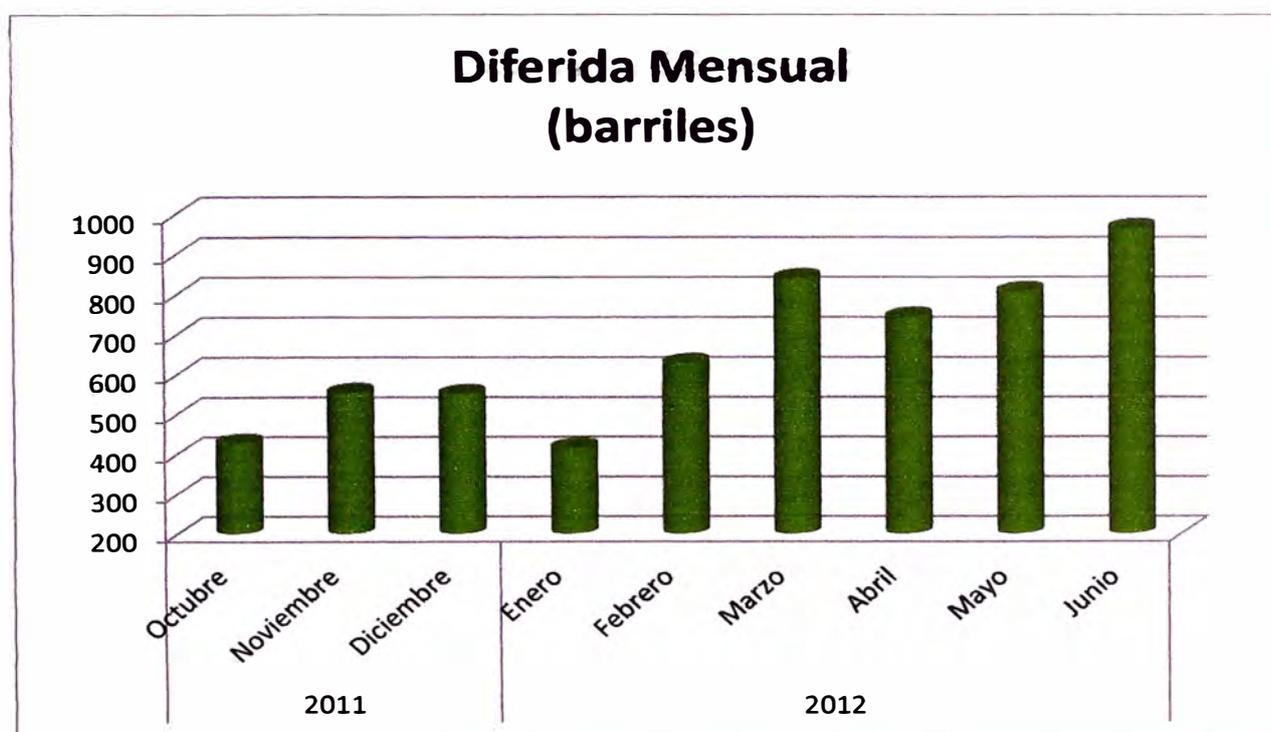
La producción diferida de mantenimiento es el valor de producción programada que no se pudo completar debido a problemas de mantenimiento de equipos y/o sistemas.

Las empresas petroleras según la información obtenida de los controles diarios proporcionado por el personal de campo, subdivide los rubros de diferida en función de los equipos existentes, y a su vez la diferida también ha sido subdividido en función de las fallas más características de cada uno de los equipos y/o sistemas, tanto para problemas de producción como para los problemas de mantenimiento u otros.

Para las aplicaciones del desarrollo de este trabajo de investigación si se considerará la producción diferida asociado al mantenimiento preventivo de los equipos RECOIL ya que es una tarea programada del equipo por mantenimiento, pero no se considerará las paradas por razones climáticas; ya que no representan una falla inherente al desgaste de los equipos a estudiar.

Mes	2011			2012					
	Oct.	Nov.	Dic.	Enero	Feb.	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Diferida Mensual (bbls)	428.3	555.4	552.0	416.9	629.58	841.3	744.9	808.3	966.2
Diferida Promedio Diario (bbls)	13.82	18.51	17.81	13.45	22.49	27.14	24.83	26.08	32.21

Cuadro 4.2: Producción Diferida del Sector de Mantenimiento – Sistema de Extracción RECOIL



Grafica 4.3 Producción Diferida previa al Servicio de Mantenimiento

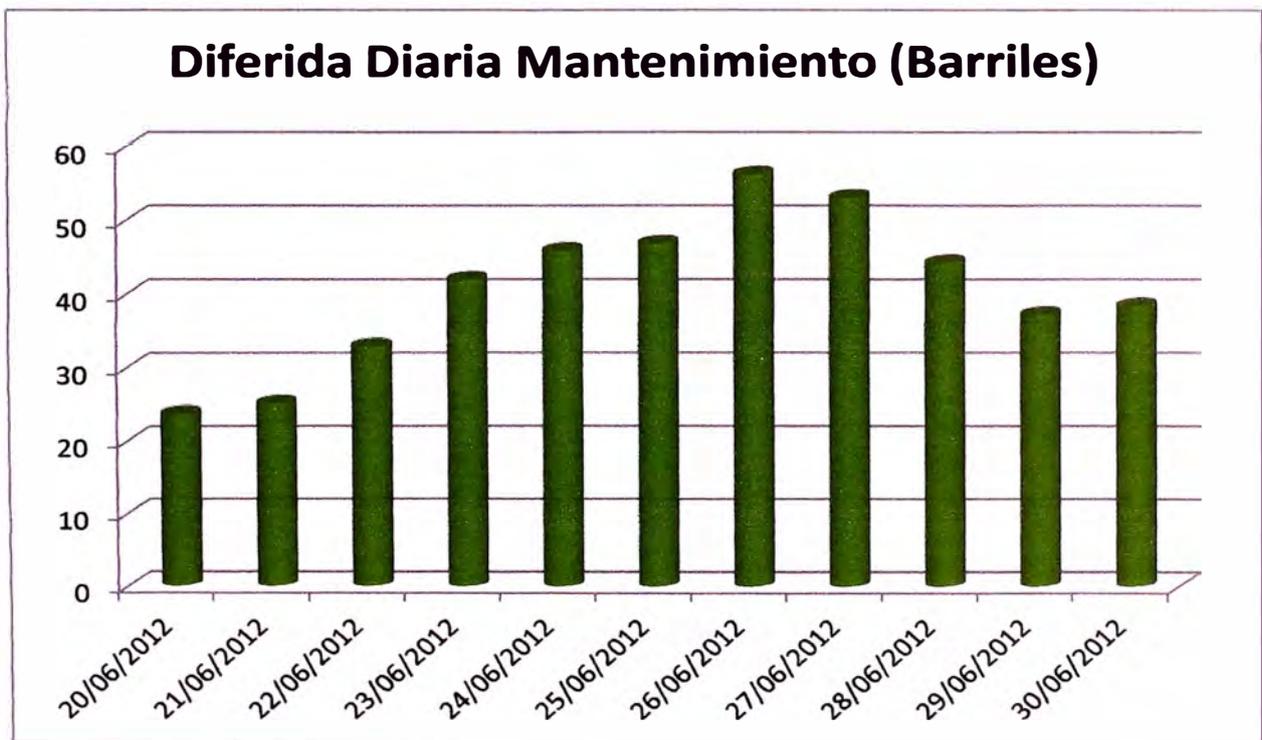
Equipos Parados en el Lote X

La diferida asociada al sistema de extracción RCG, en un inicio del contrato, era de 41.82 bbls, el cual estaba asociado a un promedio de 17 equipos parados o con deficiencia en la extracción, el historial del número de equipos parados en los

últimos 10 días previos al inicio se muestra en el siguiente gráfico, así como también se muestra la diferida asociada en el mismo tiempo.



Grafica 4.4: Numero de equipos parados previo al contrato.



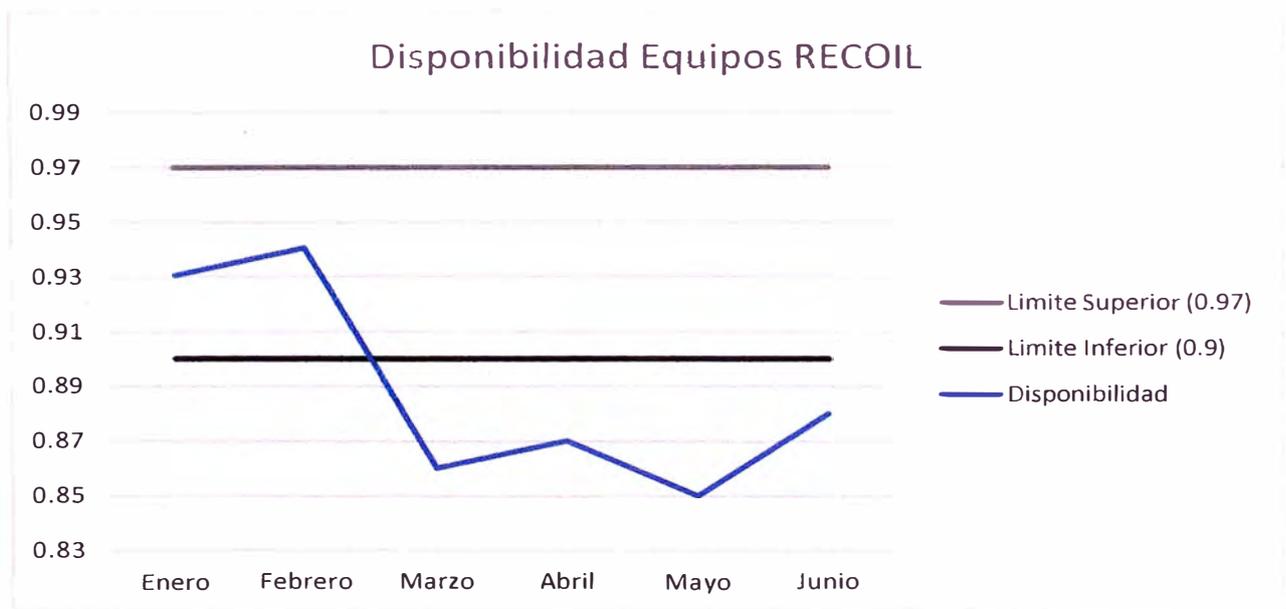
Grafica 4.5: Diferida diaria asociada a los equipo RCG

Disponibilidad de los Equipos Recoil

Tal cual se muestra en las gráficas previas sobre los equipos que se encontraban de parada y la producción diferida que se asociaba, debemos de tener en cuenta la disponibilidad de los equipos, el mismo que tenía la siguiente característica:

Mes	2012					
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Disponibilidad	0.93	0.94	0.86	0.87	0.85	0.88

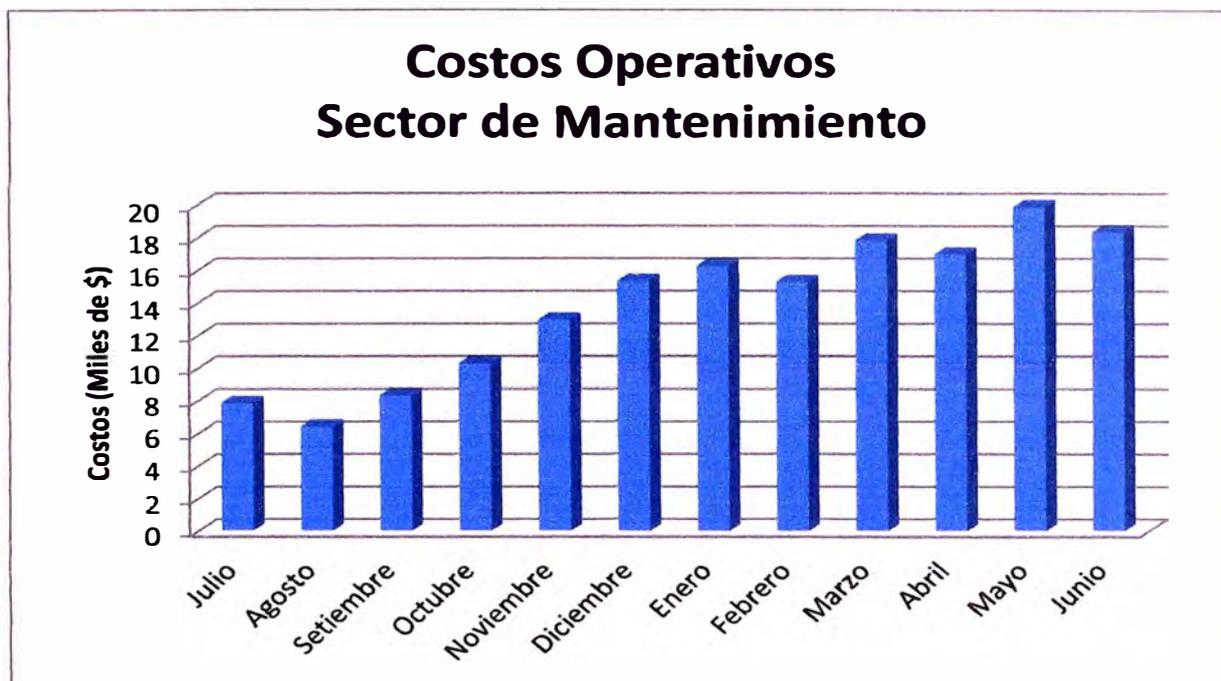
Cuadro 4.3: Disponibilidad de los equipos RCG, previo al contrato de mantenimiento



Grafica 4.6: Cuadro de Disponibilidad de los equipos RECOIL – Lote X

Costos Operativos de Mantenimiento

Los costos operativos asociados al sistema de extracción RECOIL, en el primer semestre del 2012, ya estaban duplicando a los costos operativos del semestre anterior, siendo esto un indicador de suma importancia en toda empresa.



Grafica 4.7: Costos Operativos hasta Julio 2012 – Equipos Recoil

- ✓ Los repuestos asociados a los equipos del sistema de extracción RCG, no contaba con un stock adecuado, así mismo estaba pendiente la codificación de varios repuestos.
- ✓ No se contaba con una evaluación de criticidad de los componentes del equipo RCG, así como también no se contaba con un plan de mantenimiento preventivo.

4.3 Planteamiento de la Problemática

El principal problema encontrado en el mantenimiento de los equipos RCG es el no contar con un programa de Mantenimiento Preventivo para este sistema de extracción, así como también la falta de capacitación del personal técnico en los trabajos que se desarrolla a estos equipos, por lo cual se está presentando como consecuencia un incremento en los costos operativos mensuales en el sector de mantenimiento, hasta un aproximado de \$ 17,500.00 como promedio en los 06 primeros meses del año 2012, así como también un incremento en la producción diferida, en este primer semestre del 2012 se tiene como promedio 740 barriles

mensuales, considerando el costo del petróleo en el mercado mundial en ese periodo es de US\$ 100.00 por barril en promedio, el cual significó una pérdida mensual aproximada de US\$ 74,000.00 por costo de producción diferida asociados a los equipos RECOIL.

Esta problemática puede llevar a la devaluación del Sistema de Extracción RECOIL, por lo cual esto está asociado a diversas causas potenciales, que afectan la deficiencia y la baja disponibilidad, tales como la falta de capacitación del personal de mantenimiento y operaciones, herramientas inadecuadas o en mal estado, equipos mal operados, no contar con un plan de Acción, no contar un programa de Mantenimiento Preventivo, etc.

CAPITULO 5

IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO

5.1 Plan de Acción

Ante la problemática suscitada en la Operación y Mantenimiento de los equipos del sistema de extracción RECOIL, conjuntamente con el personal del Cliente "PETROBRAS ENERGÍA PERÚ S.A.", se planteó el desarrollo del siguiente plan de Acción:

- Intervenir los pozos que se encuentran de parada, con su respectivo seguimiento en las 48 horas siguientes, evaluando las posibles causas, con la finalidad de bajar la diferida asociada.
- Elaborar un análisis de criticidad de los componentes principales del equipo RECOIL, así como también los respectivos instructivos aplicados a los equipos RECOIL.
- Desarrollar un inventario de los equipos, detallando el modelo del equipo y sus componentes principales.
- Generar un requerimiento de materiales para intervenciones correctivas y preventivas para un intervalo de tiempo de 1 año, tener en cuenta que estos materiales son aparte de los que se requiere para llevar a los equipos a Condición Básica.

Crear y aplicar un Plan de Mantenimiento Preventivo para los equipos del sistema de extracción RECOIL.

Presentar una evaluación de Estado y Condición de todos los equipos RECOIL instalados en el Lote X. **Anexo 3**

Para el desarrollo y cumplimiento del Plan de Acción solicitado se desarrolló:

5.1.1 Inventario de Equipos:

Para el desarrollo del inventario de los equipos RECOIL, se consideró los siguientes criterios a evaluación:

- a. **Ubicación:** Cada pozo en el Lote X se encuentra demarcado por Baterías de producción (Central, Zapotal, Carrizo, etc.), así como también por zonas de extracción (Zona Oeste, Zona Norte y Zona Sur).
- b. **Modelo de Recoil:** Actualmente se cuenta con dos modelos de RECOIL instalados en el Lote X, y son:
 - **Equipos RECOIL Reconvertidos:** Son equipos RECOIL que inicialmente trabajaban con cinta y según disposición de OSINERMING con la Norma N°, por lo cual en coordinación con PETROBRAS, se coordinó la reconversión a modelo RCG.
Equipo RCG: Es el equipo Recoil modificado para las condiciones solicitadas por OSINERGMIN, el cual trabaja con un cable de izaje y cuenta con una cámara de succión hermetizada, como Captador de Gas, para evitar el venteo de Gas.

c. **Componentes Principales:** Dentro del equipo RECOIL, se tiene diversos componentes principales, de las cuales para el inventario se consideró los siguientes:

- Modelo de Motor-reductor
- Modelo de Cable de Izaje
- Modelo de Bomba de Transferencia.
- Modelo de Conjunto Colector.

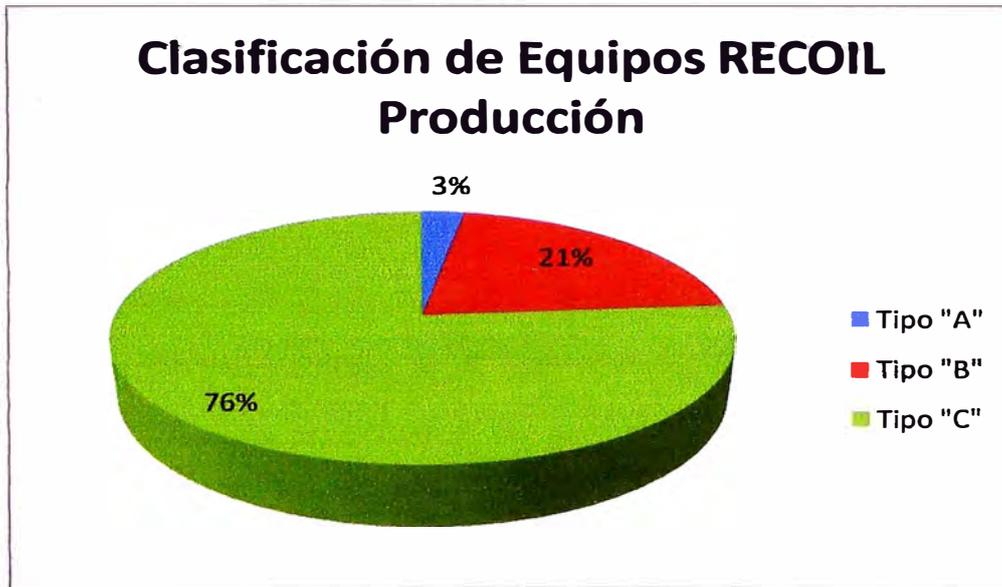
El inventario a los equipos Recoil instalados en el Lote X, nos ayudará a identificar las características de cada activo. (ANEXO 1)

5.1.2 Clasificación de los equipos RECOIL

Para la clasificación de los equipos RECOIL, se realiza la evaluación de los equipos críticos que se tienen operativos en el Lote X, donde se tendrá como referencia para la criticidad la producción potencial de los pozos, por lo tanto se considerará los siguientes criterios:

Criterio	Tipo
Producción mayor a 6.3 Bbls.	A
Producción mayor a 3.5 Bbls. y menor a 6.3 bbls	B
Producción menor a 3.5 Bbls.	C

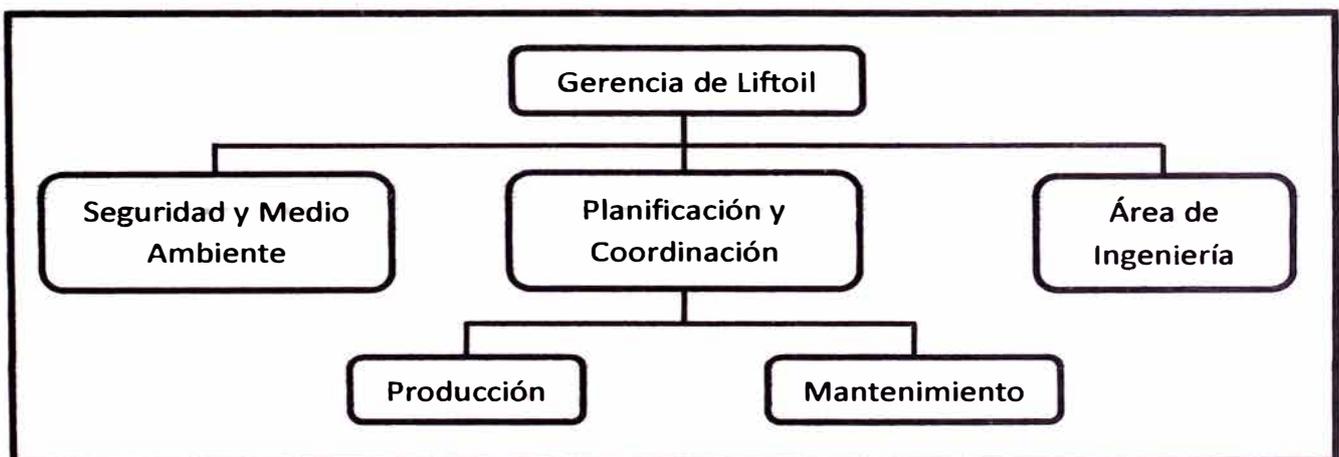
Esto nos ayudará a priorizar la extracción del petróleo siendo el negocio principal del cliente PETROBRAS, este detalle se muestra en el inventario de los equipos RECOIL, los cuales se obtiene los siguientes datos:



Grafica 5.1: Clasificación de equipos RECOIL según producción del pozo.

5.2 Descripción del personal

Para toda empresa el desarrollo de un Proyecto tiene como prioridad y como pieza fundamental el personal capacitado para la ejecución, así como también la planificación de los trabajos a desarrollar, con esta finalidad en la empresa Liftoil, se generó el siguiente organigrama del área de Mantenimiento & Operaciones:



Cuadro 5.1: Organigrama para el Servicio de Operación y Mantenimiento

Dentro del organigrama en el sector de Mantenimiento y Operaciones, cada responsable de dichos sectores tiene sus respectivas funciones, con la finalidad de cumplir cabalmente los requerimientos del cliente, los cuales a continuación se brindará las principales funciones:

- ✓ **Seguridad y Medio Ambiente** Tiene como función principal velar por la seguridad del personal y verificar el cumplimiento de los instructivos en el desarrollo de los trabajos, así como también:
 - Desarrollar los análisis de riesgo de cada instructivo asociado a las operaciones del personal.
 - Elaborar un cronograma de capacitaciones, simulacros y auditorias para el personal operativo, y velar por su cumplimiento.
 - Realizar evaluaciones constantes del personal referente a la seguridad y la importancia del cuidado del medio ambiente.
- ✓ **Coordinador y Planificador** Dentro del sector de mantenimiento tiene como función principal planificar y programar los trabajos a desarrollarse mensual y diario, trabajos correctivos y preventivos, así como también:
 - Evaluar los reportes diarios que se elaboran en campo.
 - Presentar un informe de las intervenciones que se cumplieron, así como fallas.
 - Informar el cumplimiento diario de los mantenimientos programados y no programados al cliente.
 - Realizar el seguimiento respectivo de la diferida asociada al sistema de extracción.
 - Hacer un seguimiento periódico al stock de repuestos

En el sector de Producción, sus funciones son:

- Hacer un seguimiento al cumplimiento del cronograma de visitas del sector de producción a los pozos.
 - Evaluar la sumergencia diaria y coordinar la modificación de los parámetros operativos.
 - Analizar los reportes del sector de producción y programar las intervenciones correctivas.
- ✓ **Ingeniería (IGM)** Se tiene como función principal la elaboración, seguimiento y evaluación del Programa de Mantenimiento Preventivo, así como también:
- Analizar las fallas frecuentes, sus causas y solución respectiva.
 - Elaborar los instructivos de trabajo.
 - Emitir informes técnicos mensuales y cuando el cliente lo requiere.
 - Desarrollar el análisis de criticidad de los componentes del equipo RECOIL.

5.3 Plan de Mantenimiento Correctivo

A.- Procedimiento de atención de Mantenimiento Correctivo

Dentro del plan de intervenciones a desarrollarse en los equipos RECOIL operando en el Lote X, se coordinó el desarrollo de un relevamiento a todos los equipos RCG, así como también la intervención de los equipos RCG que se encuentren parados, con la finalidad de bajar la producción diferida asociado al sistema de extracción, realizando un reporte de estado y condición de los equipos para poder programar la ejecución del Mantenimiento Correctivo respectivo, con la finalidad de llevar al equipo a condición Básica.

B.- Ordenes de Trabajo (ODT)

En toda Gestión de Mantenimiento es necesario el control, seguimiento y cierres de los trabajos desarrollados, este control es llevado conjuntamente con el Cliente Petrobras.

Este control de trabajo es desarrollado por medio de las Órdenes de Trabajo (ODT) que se generan para cualquier toda intervención que se desarrollará a los equipos, Trabajos preventivos o correctivos, los cuales se control virtualmente y cumplen con las siguientes características:

- Numero de Orden de Trabajo
- Fecha de Solicitud y Fecha programada.
- Lugar donde se ejecutará el trabajo. (Número de Pozo, Batería, Zona)
- Motivo de Solicitud. (Causa de la Parada)
- Trabajo a Desarrollar. (Evaluación Preliminar)

N° Orden de Trabajo			
Fecha Solicitada		Fecha Programada	
Pozo:		Batería:	
Motivo:			
Trabajo			
Autorizado por			

Cuadro 5.2 Formato de apertura de las ODT

Así mismo como se cuenta con una apertura de una Orden de Trabajo (ODT), se debe contar con su respectivo cierre de ODT, el cual debe contar con las siguientes características:

- Numero de ODT.
- Fecha y hora de Inicio.
- Trabajo desarrollado y problemática asociada.
- Materiales empleados.
- Observaciones

Con toda la información proporcionada del personal técnico de campo, se podrá desarrollar un control y supervisión de los siguientes parámetros:

- Trabajos ejecutados y trabajos pendientes (Back log).
- Materiales empleados por trabajo desarrollado.
- Tiempo de duración del trabajo (Disponibilidad)

5.4 Plan de Mantenimiento Preventivo

Para la elaboración del plan de mantenimiento preventivo se tuvo una reunión con el personal de campo, que realizaba el mantenimiento hasta la fecha, así como también se recopiló datos hasta la fecha y evaluaciones del funcionamiento del equipo, así como también se corroboró los datos de los fabricantes de cada componente en referencia al tiempo de duración de cada uno de estos y las condiciones de operación que recomiendan.

Estas reuniones se realizaban en conjunto con el cliente principal y los proveedores principales de LIFTOIL, para poder optimizar los tiempos e intervenciones que se desarrollarán al equipo, y brindando las recomendaciones respectivas para cada trabajo, así como también se

coordinó la capacitación periódica del personal técnico que se dispondrá en la correcta operación e intervención del equipo RECOIL.

Las actividades de Mantenimiento Preventivo se detallarán por su frecuencia en el ANEXO 2.

CAPITULO 6

RESULTADOS Y EVALUACIÓN ECONOMICA DE IMPLEMENTACIÓN

6.1 Resultados en Disponibilidad

Uno de los indicadores que se controlará en el presente informe es la disponibilidad de los equipos RCG, según la fórmula que se mostró en el Capítulo 4, la cual es la siguiente:

$$Disponibilidad = \frac{\sum Toi}{\sum Toi + \sum TFSi}$$

Donde:

- $\sum Toi$: Sumatoria de Tiempo operativo
- $\sum TFSi$: Sumatoria de Tiempo fuera de servicio

La disponibilidad en el periodo previo al servicio brindado fue de:

Mes	2012					
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Disponibilidad	0.93	0.94	0.86	0.87	0.85	0.88

Cuadro 6.1: Disponibilidad del Servicio de Mantenimiento Equipos Recoil – Periodo Primer semestre 2012

Disponibilidad Equipos Recoil
Primer Semestre 2012

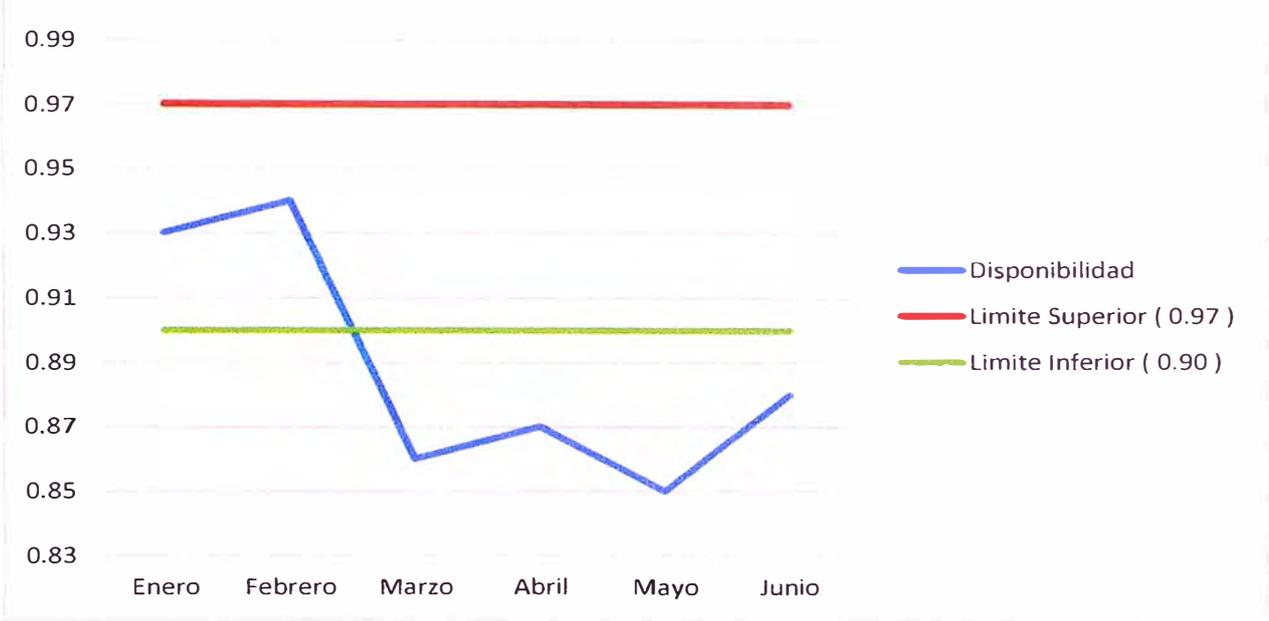


Grafico 6.1 Disponibilidad de los equipos Recoil previo al contrato – Primer Semestre 2012

Durante el primer semestre de implementación del Plan de acción del mantenimiento correctivo y el desarrollo inicial del programa de mantenimiento preventivo se obtuvo los siguientes datos en la disponibilidad de los equipos del sistema de extracción RECOIL:

Mes	2012					
	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Disponibilidad	0.88	0.90	0.92	0.90	0.92	0.93

Cuadro 6.2: Disponibilidad inicial del Servicio de Mantenimiento – Periodo Segundo Semestre 2012

Disponibilidad Equipos Recoil Segundo Semestre 2012

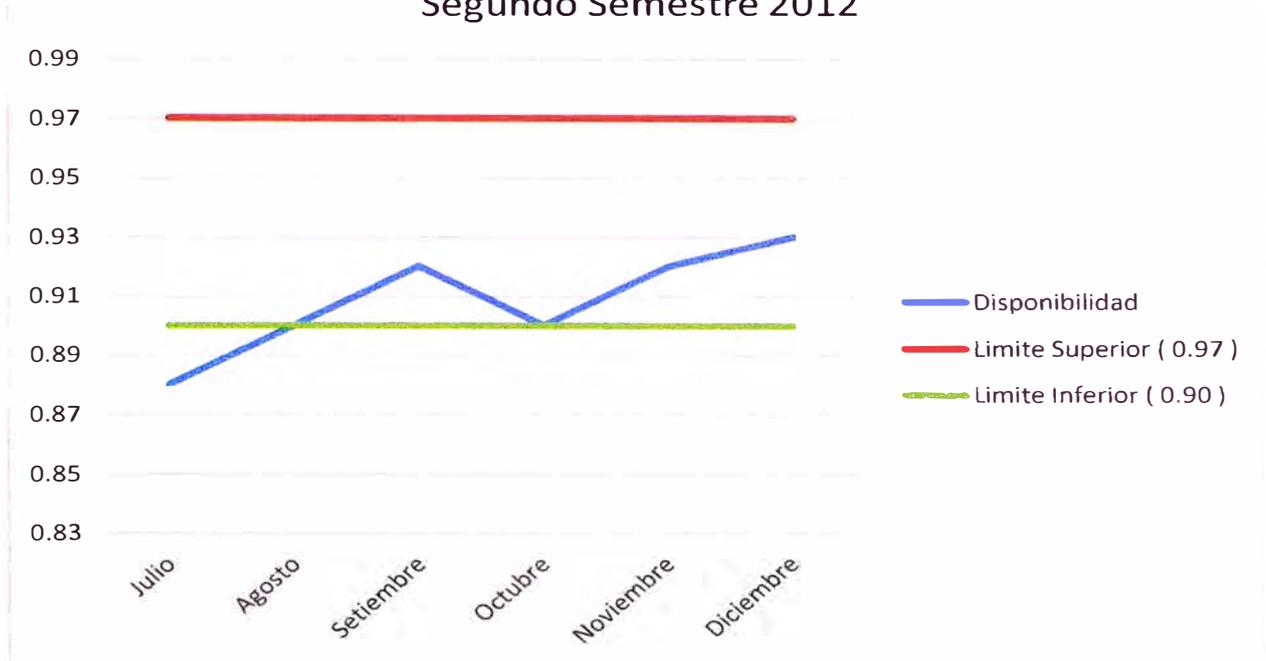


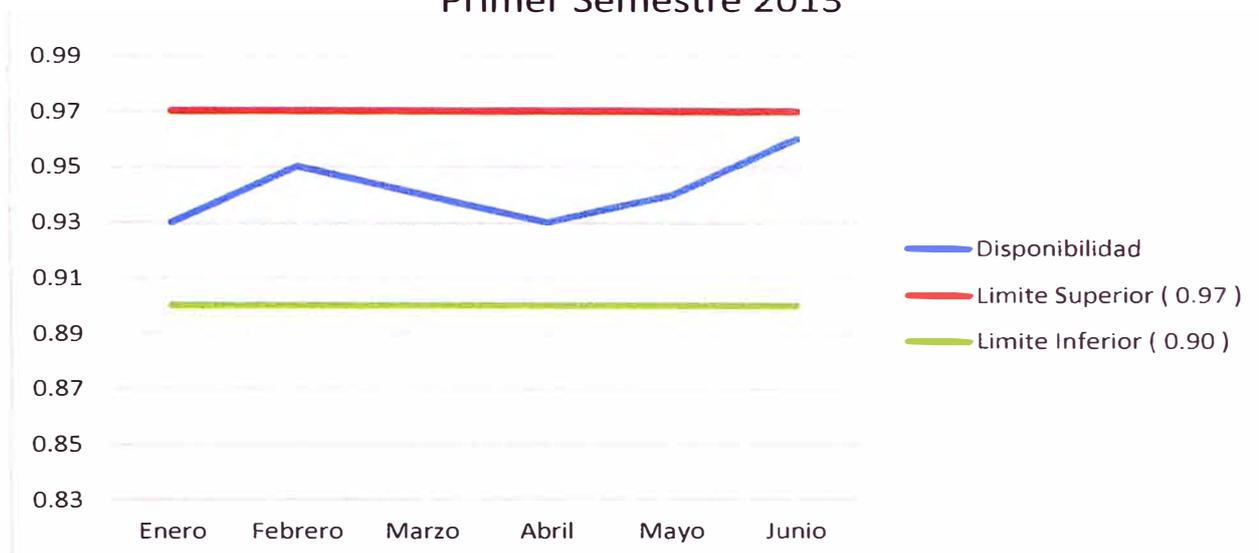
Grafico 6.2: Disponibilidad en el primer semestre del Servicio – Periodo Segundo semestre 2012

De la misma manera con la implantación del Programa de Mantenimiento Preventivo, así como también debido a que se cuenta con un alto porcentaje de equipos que trabajan con Condición Básica, por consecuencia de la aplicación del Plan de Acción, en el segundo semestre del contrato se obtuvo el siguiente cuadro:

Mes	2013					
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Disponibilidad	0.93	0.95	0.94	0.93	0.94	0.96

Cuadro 6.3: Disponibilidad del Servicio de Mantenimiento en el Segundo Semestre

Disponibilidad Equipos Recoil Primer Semestre 2013



Grafica 6.3: Historial de Disponibilidad en el primer semestre del 2013

Según lo obtenido en la disponibilidad, llevando estos datos a porcentajes, en los dos primeros semestres del servicio brindado con respecto al último semestre con la administración anterior podemos resumir:

Primer Semestre 2012		Segundo Semestre 2012		Primer Semestre 2013	
Mes	Disponibilidad	Mes	Disponibilidad	Mes	Disponibilidad
Enero	93.40%	Julio	88.00%	Enero	93.00%
Febrero	93.80%	Agosto	90.00%	Febrero	95.00%
Marzo	86.30%	Septiembre	91.50%	Marzo	94.00%
Abril	87.00%	Octubre	90.40%	Abril	93.00%
Mayo	85.00%	Noviembre	92.00%	Mayo	94.00%
Junio	88.10%	Diciembre	92.50%	Junio	96.00%
Total	88.93%	Total	90.73%	Total	94.17%

Cuadro 6.4: Disponibilidad del Servicio de Mantenimiento

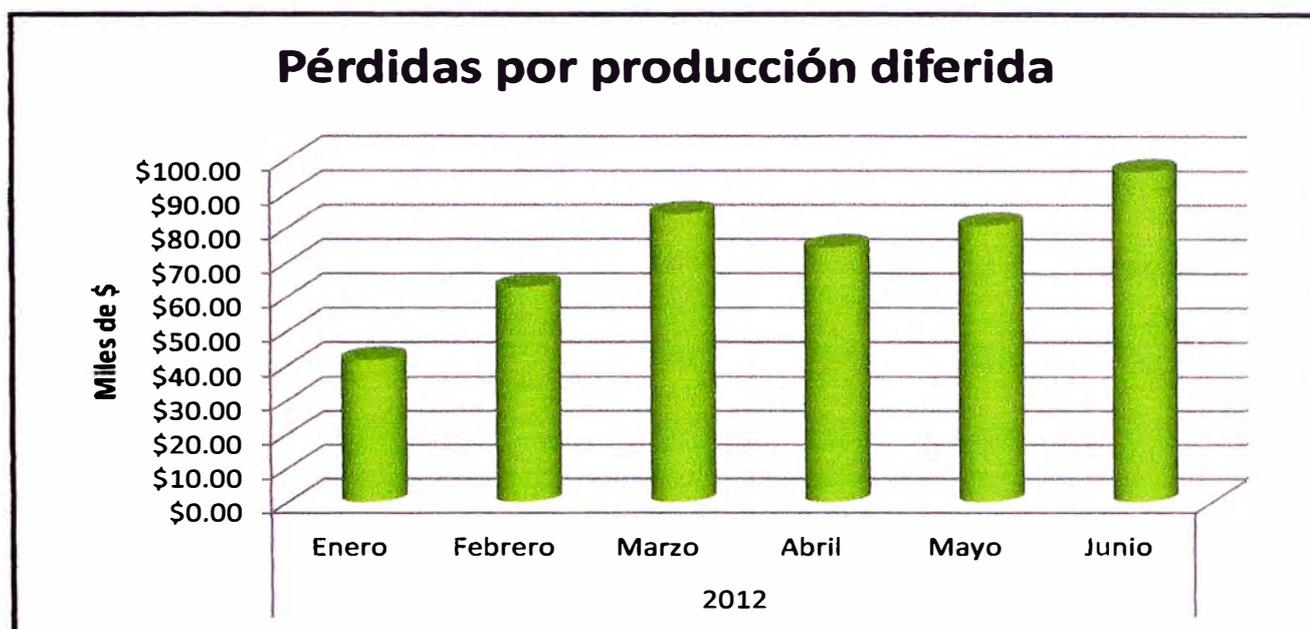
Según el cuadro 6.4, se ha logrado un incremento en la disponibilidad del Sistema de extracción en un 6% ubicando este indicador dentro de los parámetros requeridos por el Cliente PETROBRAS, por consecuencia de este incremento en la disponibilidad se verá reflejado una caída en las pérdidas de producción por diferidas imputadas al sistema de extracción, debido a que tiene una relación directa con el tiempo fuera de servicio, por lo tanto una relación inversa con la disponibilidad.

6.2 Resumen Económico

Retomando el Capítulo 4, donde se evalúa la situación encontrada referente a la operación y mantenimiento a los equipos del sistema de extracción RECOIL, se considerará los datos de los costos operativos y la producción diferida asociada a este sistema de extracción ,que se contaba en esa oportunidad, los cuales mostramos a continuación:

Mes	2012					
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Diferida Mensual (bbls)	416.86	629.58	841.31	744.95	808.34	966.2
Perdida Mensual (\$)	\$41,686.0	\$62,958.0	\$84,131.0	\$74,495.0	\$80,834.0	\$96,620.0

Cuadro 6.5: Resumen económico de la perdida de Producción (Diferida al mantenimiento de los equipos RECOIL) – Primer Semestre 2012



Grafica 6.4: Resumen económico de la perdida de Producción (Diferida al mantenimiento de los equipos RECOIL) – Primer Semestre 2012

Así mismo debemos considerar los costos operativos, repuestos que se consumía por acciones correctivas, generados en el servicio previo al contrato de Liftoil:

Mes	2012					
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Costos Operativos Mantenimiento	\$16,267.20	\$15,295.86	\$17,836.12	\$16,984.20	\$19,897.56	\$18,342.80

Cuadro 6.6: Resumen de los Costos Operativos consumidos para los equipos RECOIL – Primer Semestre 2012



Grafica 6.5: Resumen de los Costos Operativos consumidos para los equipos RECOIL – Primer Semestre 2012

Por consecuencia en el primer semestre del 2012, se tiene unas pérdidas totales, Costos operativos asignados al servicio de mantenimiento de los equipos RECOIL y las pérdidas de producción que se generaba por el tiempo de parada de los equipos, cuyo valor es de:

Mes	2012					
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Pérdida Total Mantenimiento	\$57,953.20	\$78,253.86	\$101,967.12	\$91,479.20	\$100,731.56	\$114,962.80

Cuadro 6.7: Resumen de los Costos totales relacionados a los equipos RECOIL – Primer Semestre 2012



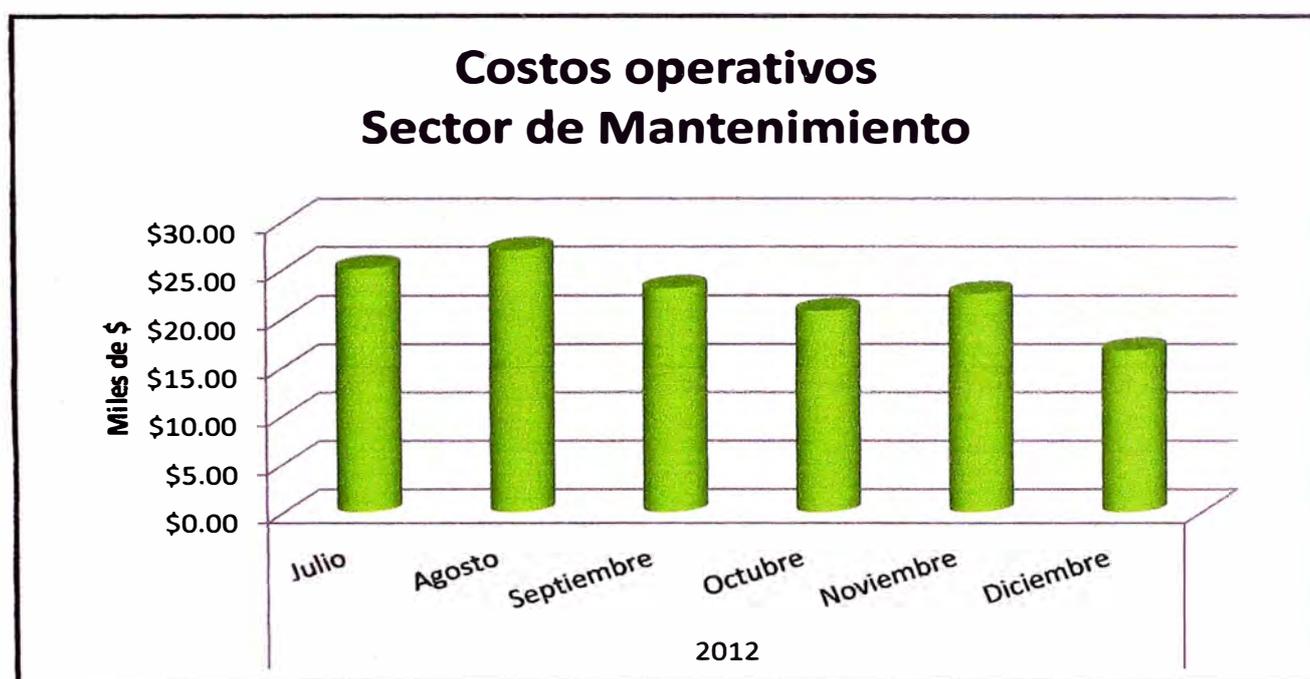
Grafica 6.6: Resumen de los Costos totales relacionados a los equipos RECOIL – Primer Semestre 2012

Durante el periodo de la implementación del plan de mantenimiento Correctivo y Preventivo, se desarrolló la evaluación del Estado y Condición de los equipos RECOIL operando en el Lote X, así como también se llevó a varios equipos a condición básica, se cambió diversos componentes principales por desgaste, tales como Cable de Izaje, motor-reductor, estator y sello mecánico de la bomba de transferencia, etc.

Ante los problemas encontrados y en coordinación con el cliente se priorizó llevar los equipos a Condición Básica en este primer periodo de 06 meses del Contrato, por lo tanto los costos operativos de Mantenimiento se elevaron o en el mejor de los casos se mantuvieron constantes, pero la producción diferida asociada a este sistema de extracción se controló y se logró disminuir los valores, tal cual mostramos en las siguientes tablas:

Mes	2012					
	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Costos Operativos Mantenimiento	\$25,204.45	\$27,063.19	\$23,136.53	\$20,811.21	\$22,563.68	\$16,767.19

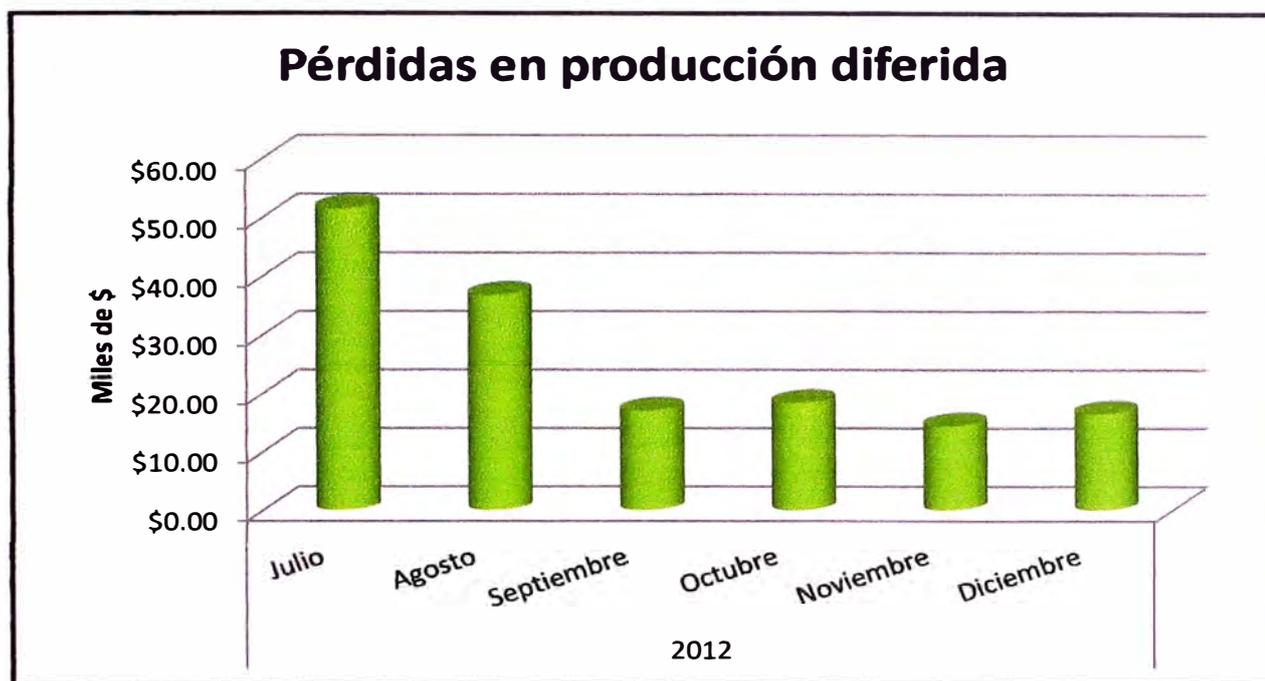
Cuadro 6.8: Resumen de los Costos Operativos relacionados a los equipos RECOIL – Segundo Semestre 2012



Grafica 6.7: Resumen de los Costos Operativos relacionados a los equipos RECOIL – Segundo Semestre 2012

Mes	2012					
	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Diferida Mensual (bbls)	516.77	368.9	171	184.76	145.5	166.16
Diferida Promedio Diario (bbls)	\$51,677.00	\$36,890.00	\$17,100.00	\$18,476.00	\$14,550.00	\$16,616.00

Cuadro 6.9: Resumen económico de la pérdida de Producción (Diferida al mantenimiento de los equipos RECOIL) – Segundo Semestre 2012

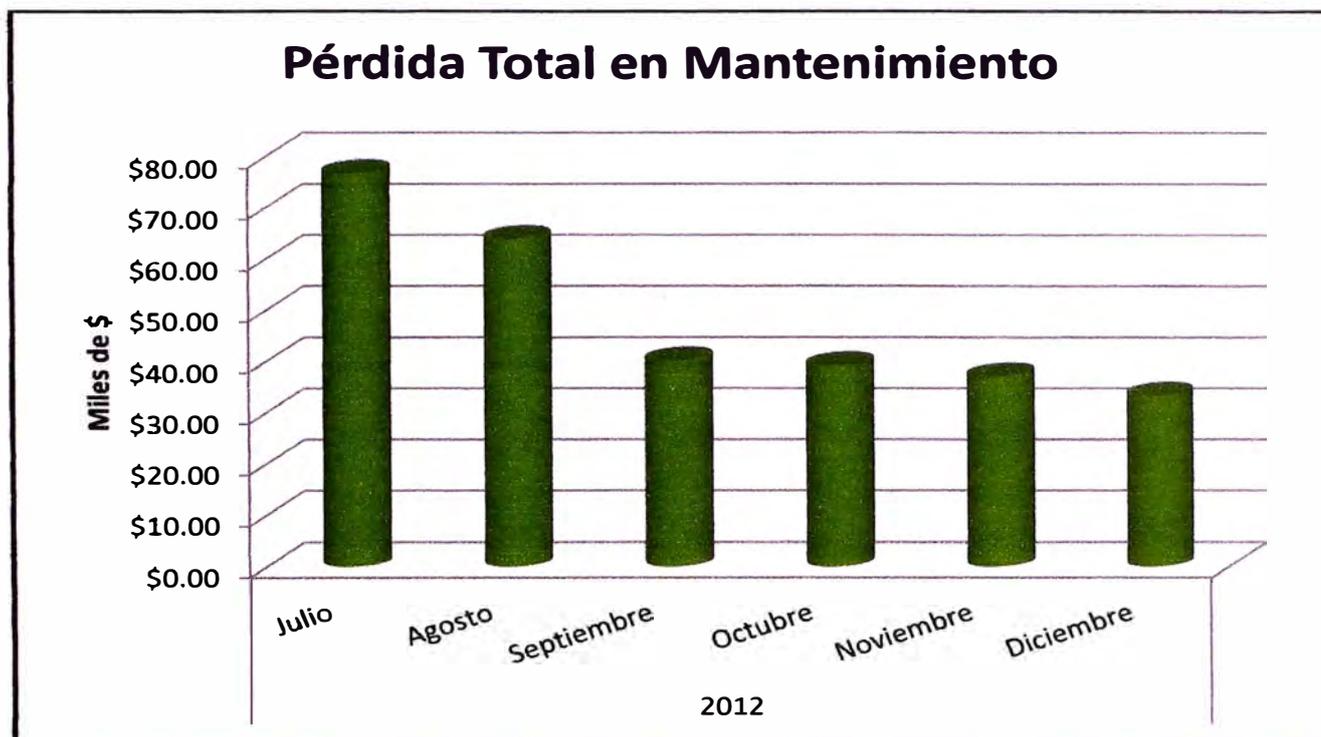


Grafica 6.8: Resumen económico de la pérdida de Producción (Diferida al mantenimiento de los equipos RECOIL) – Segundo Semestre 2012

Según los datos antes mencionados referente a los costos generados en el primer periodo de intervención al servicio de mantenimiento, se obtuvo como resumen la siguiente tabla con los costos totales en el primer semestre del contrato:

Mes	2012					
	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Pérdida Total Mantenimiento	\$76,881.45	\$63,953.19	\$40,236.53	\$39,287.21	\$37,113.68	\$33,383.19

Cuadro 6.10: Resumen económico de la pérdida total asociada a los equipos RECOIL – Segundo Semestre 2012



**Grafica 6.9: Resumen económico de la pérdida total asociada a los equipos
RECOIL – Segundo Semestre 2012**

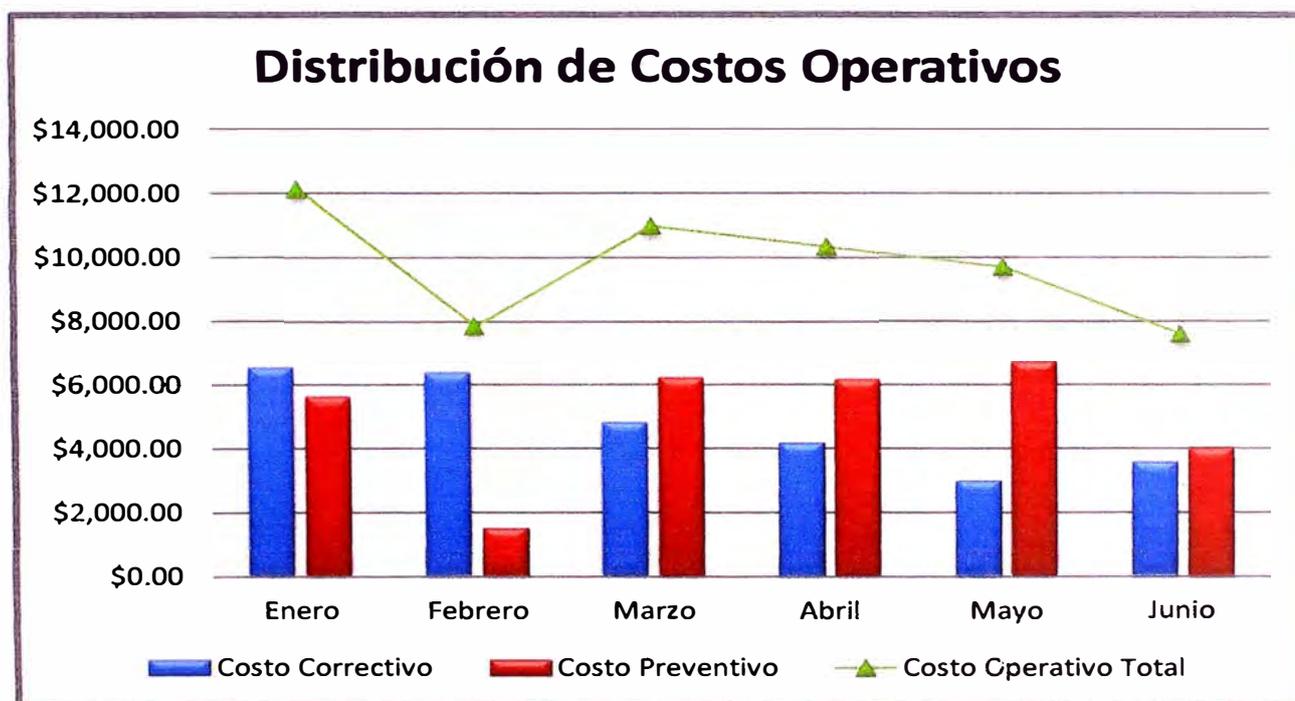
Una vez concluida el primer semestre del servicio de mantenimiento, periodo de implementación del Plan de Acción e implementación del Plan de Mantenimiento Preventivo, se coordinó con el cliente para el año 2013 el desarrollo de la implementación total del Plan de Mantenimiento Preventivo, así como también el control de la Producción Diferida asociada a este sistema de extracción de petróleo, se requiere que dicho valor no sea superior a 200 Barriles por mes.

En el Primer semestre del 2013, se dio inicio a los acuerdos planteados con el cliente, por lo cual se obtuvo los siguientes resultados:

a.- Distribución de Costos Operativos en Mantenimiento

Mes 2013	Costo Correctivo	Costo Preventivo	Costo Operativo Total
Enero	\$6,507.19	\$5,610.00	\$12,117.19
Febrero	\$6,353.20	\$1,500.00	\$7,853.20
Marzo	\$4,784.90	\$6,200.00	\$10,984.90
Abril	\$4,173.62	\$6,150.00	\$10,323.62
Mayo	\$2,981.09	\$6,700.00	\$9,681.09
Junio	\$3,576.40	\$4,000.00	\$7,576.40

Cuadro 6.11: Resumen económico de los costos operativos asociados a los equipos RECOIL – Primer Semestre 2013

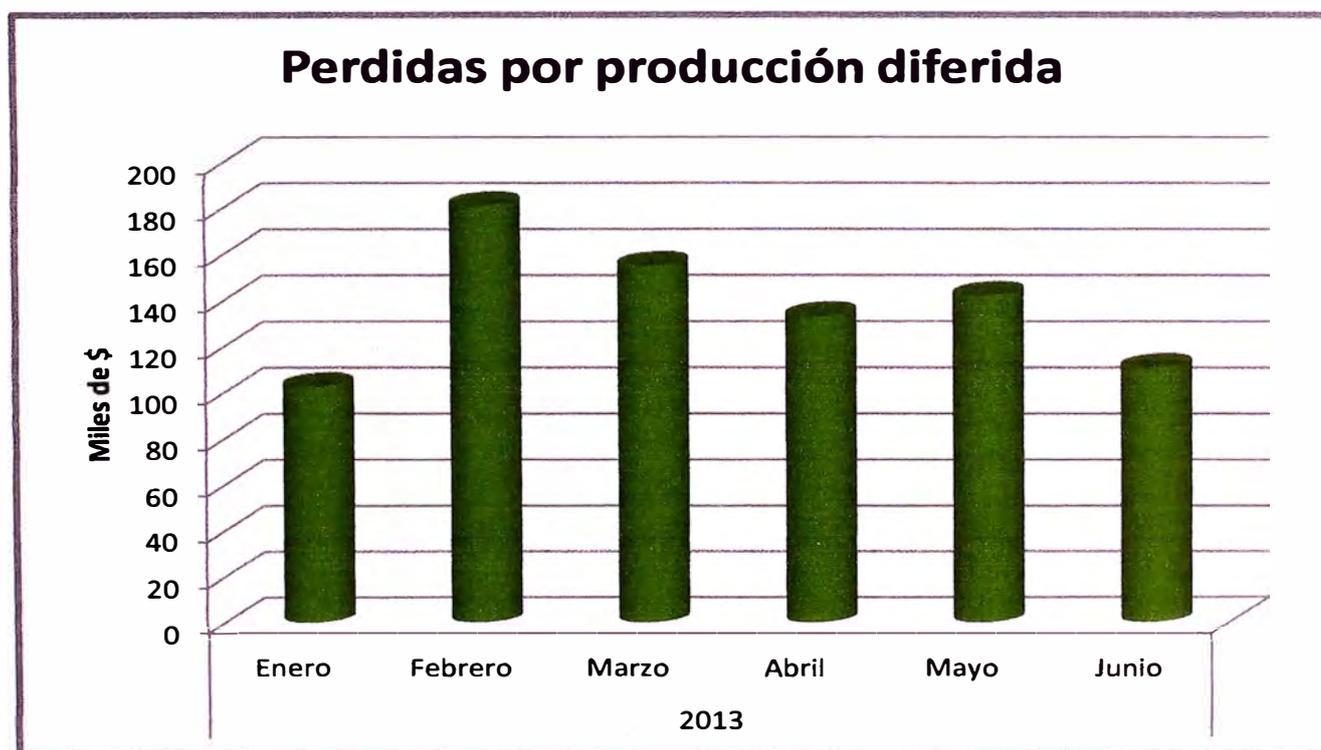


Grafica 6.10: Resumen económico de los costos operativos asociados a los equipos RECOIL – Primer Semestre 2013

b.- Historial de la Producción Diferida

Mes	2013					
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Diferida Mensual (bbls)	102.61	181.16	155.224	133.33	142.228	110.98
Perdidas por Diferida (\$)	\$10,261.00	\$18,116.00	\$15,522.40	\$13,333.00	\$14,222.80	\$11,098.00

Cuadro 6.12: Resumen económico de la pérdida de Producción (Diferida al mantenimiento de los equipos RECOIL) – Primer Semestre 2013

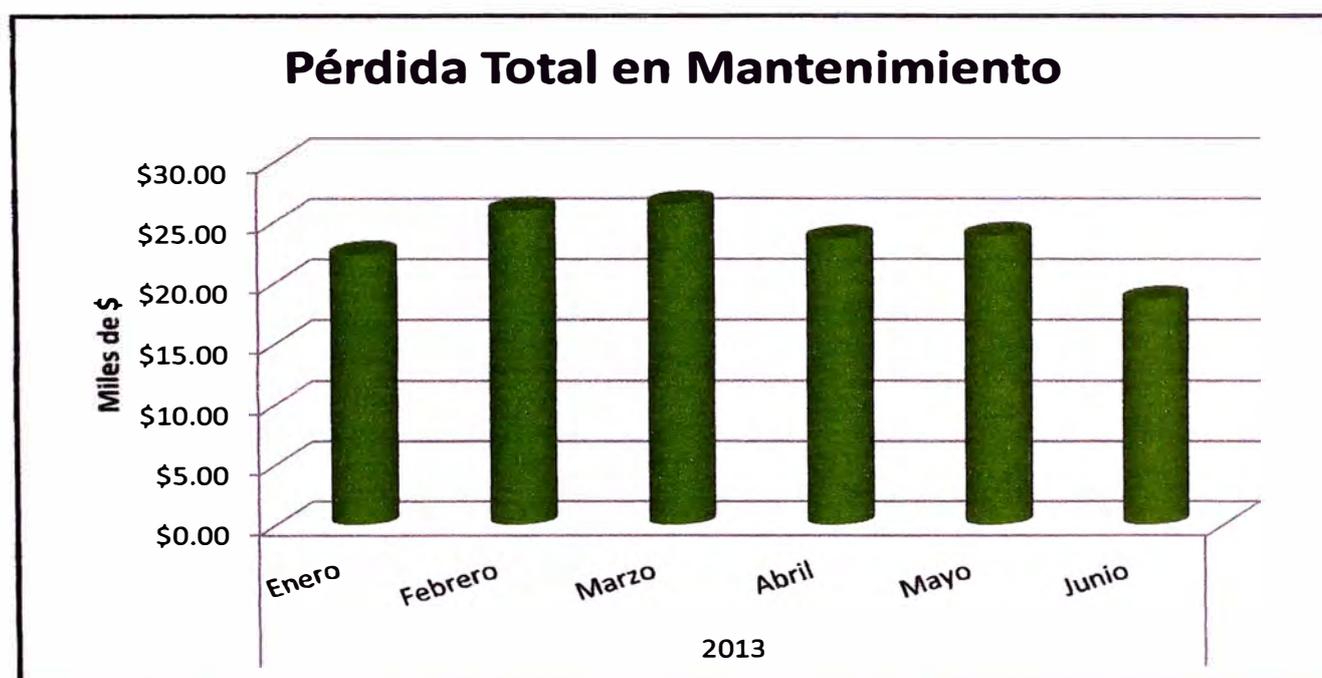


Grafica 6.11: Resumen económico de la pérdida de Producción (Diferida al mantenimiento de los equipos RECOIL) – Primer Semestre 2013

c.- Finalmente obtenemos un costo Total mensual en Mantenimiento que se asocia al sistema de Extracción RECOIL:

Mes	2013					
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Costo Total Mantenimiento	\$22,378.19	\$25,969.20	\$26,507.30	\$23,656.62	\$23,903.89	\$18,674.40

Cuadro 6.13: Resumen económico de la pérdida total al mantenimiento de los equipos RECOIL – Primer Semestre 2013



Grafica 6.12: Resumen económico de la pérdida total al mantenimiento de los equipos RECOIL – Primer Semestre 2013

Por lo tanto resumiendo los cuadros que se presentaron referentes a los últimos tres semestres de servicio de mantenimiento brindado a ls equipos del sistema de extracción RECOIL, se obtiene:

a.- Producción Diferida Asociada al Sistema de Extracción RECOIL.

Primer Semestre 2012		Segundo Semestre 2012		Primer Semestre 2013	
Mes	Perdida en Diferida	Mes	Perdida en Diferida	Mes	Perdida en Diferida
Enero	\$41,686.00	Julio	\$51,677.00	Enero	\$10,261.00
Febrero	\$62,958.00	Agosto	\$36,890.00	Febrero	\$18,116.00
Marzo	\$84,131.00	Septiembre	\$17,100.00	Marzo	\$15,522.40
Abril	\$74,495.00	Octubre	\$18,476.00	Abril	\$13,333.00
Mayo	\$80,834.00	Noviembre	\$14,550.00	Mayo	\$14,222.80
Junio	\$96,620.00	Diciembre	\$16,616.00	Junio	\$11,098.00
Total	\$440,724.00	Total	\$155,309.00	Total	\$82,553.20

Cuadro 6.14: Cuadro comparativo de pérdidas de producción en el servicio de mantenimiento de los equipos RECOIL

Como se puede apreciar en el Primer Semestre de iniciado el Servicio de Operación y Mantenimiento se obtuvo un ahorro de \$ 285,415.00; así mismo considerando una comparación entre el segundo Semestre con el primero se tiene un ahorro de \$ 72,755.80; por lo cual obtenemos como ahorro total en el primer año del servicio brindado de \$358,170.80 referente a la producción Diferida asociada a este sistema de Extracción que se obtuvo previamente.

b.- Costos Operativos de Mantenimiento

Primer Semestre 2012		Segundo Semestre 2012		Primer Semestre 2013	
Mes	Costo Operativo	Mes	Costo Operativo	Mes	Costo Operativo
Enero	\$16,267.20	Julio	\$25,204.45	Enero	\$12,117.19
Febrero	\$15,295.86	Agosto	\$27,063.19	Febrero	\$7,853.20
Marzo	\$17,836.12	Septiembre	\$23,136.53	Marzo	\$10,984.90
Abril	\$16,984.20	Octubre	\$20,811.21	Abril	\$10,323.62
Mayo	\$19,897.56	Noviembre	\$22,563.68	Mayo	\$9,681.09
Junio	\$18,342.80	Diciembre	\$16,767.19	Junio	\$7,576.40
Total	\$104,623.74	Total	\$135,546.25	Total	\$58,536.40

Cuadro 6.15: Cuadro comparativo de costos operativos asociados al servicio de mantenimiento de los equipos RECOIL

Referente a los costos Operativos los resultados varían entre los semestres del 2012, esto debido a la inversión que se tiene en llevar equipos a Condición Básica, esto nos llevó aún incremento en los Costos Operativos en \$ 30,922.51, así mismo considerando el último periodo del 2012 con el primer periodo del 2013 se obtuvo un ahorro de \$ 77,009.85, con lo que se obtuvo un ahorro total de \$ 46,087.34 hasta la fecha.

c.- Costo Total en Mantenimiento.

Primer Semestre 2012		Segundo Semestre 2012		Primer Semestre 2013	
Mes	Costo Total	Mes	Costo Total	Mes	Costo Total
Enero	\$57,953.20	Julio	\$76,881.45	Enero	\$22,378.19
Febrero	\$78,253.86	Agosto	\$63,953.19	Febrero	\$25,969.20
Marzo	\$101,967.12	Septiembre	\$40,236.53	Marzo	\$26,507.30
Abril	\$91,479.20	Octubre	\$39,287.21	Abril	\$23,656.62
Mayo	\$100,731.56	Noviembre	\$37,113.68	Mayo	\$23,903.89
Junio	\$114,962.80	Diciembre	\$33,383.19	Junio	\$18,674.40
Total	\$545,347.74	Total	\$290,855.25	Total	\$141,089.60

Cuadro 6.16: Cuadro comparativo de costos totales asociados al servicio de mantenimiento de los equipos RECOIL

Finalmente según los datos obtenidos entre el periodo previo a iniciar el contrato con el primer periodo del servicio se obtuvo un ahorro total de \$ 254,492.49 y la comparación entre los dos periodos del servicio se reportó un ahorro de \$149,089.60, siendo un ahorro total de \$ 404,258.14.

CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos en la implementación de un Plan de Mantenimiento Preventivo a los equipos del sistema de extracción RECOIL, se llega a las siguientes conclusiones:

- 1 En el transcurso del desarrollo del plan de mantenimiento preventivo se evidencia que los costos operativos de mantenimiento disminuyen, por lo que al finalizar la evaluación económica tenemos una reducción del orden de 44%.
- 2 Así mismo como se mostró un ahorro en los costos operativos de Mantenimiento, se muestra un ahorro en las pérdidas de producción diferida del 81% referente al último semestre con la administración anterior.
- 3 El uso técnico y eficiente del plan de mantenimiento preventivo, nos permitió generar un ahorro económico en los dos primeros semestres de aplicación de \$ 404,258.14.
- 4 El plan de mantenimiento preventivo no debe ser estático, debe ser constantemente supervisado, analizado y si es necesario actualizado con retroalimentación de la información que se obtiene de las intervenciones en campo.

RECOMENDACIONES

Según lo observado en este primer año de aplicado el Plan de Mantenimiento Preventivo se puede recomendar:

- 1 El plan de mantenimiento preventivo debe ser supervisado, revisado continuamente, asimismo se debe concientizar al personal y a la gerencia de la importancia de su implementación.
- 2 Es de suma importancia la capacitación del personal y la evaluación para la mejora del Plan de Mantenimiento Preventivo.
- 3 Se recomienda la implementación de un software de gestión de mantenimiento, para poder realizar y agilizar una gestión más eficiente.
- 4 La gestión de todo mantenimiento debe enfocarse al modelo PHVA (Planificar, Hacer, Verificar y Actuar), para buscar una mejora constante.

BIBLIOGRAFIA

- **QUISPE SANDOVAL CARLOS, Informe de suficiencia “Implementación de un Plan de Mantenimiento preventivo a la flota de camiones bomberos de aeropuertos regionales del Perú”, Universidad Nacional de Ingeniería, 2012**
- **VICTOR ORTIZ, Curso de Actualización de Conocimiento: Gestión de Mantenimiento”, Universidad Nacional de Ingeniería 2013**

ANEXOS

ANEXO 1



INVENTARIO ACTUAL DE EQUIPOS RECOIL RCG

ITEM	POZO	BATERIA	ZONA	TIPO DE EQUIPO	N° SERIE	MOD.CABLE	LCABLE (Mts)	CARRETEL	Motorreductor	Modelo Conjunto Colector	Bomba de Transf. Bornemann		Producción Diaria	Tipo de Pozo
											Modelo	Marca de Motor		
1	AA 5687	CA-17	SUR	RECONVERTIDO	143	REVEST. NEGRO	800	REFORZADO	R-77	Manguera	E2DH100	SIEMENS	2.6	C
2	AA 5917	CA-17	SUR	NUEVO	46N	REVEST. NEGRO	800	REFORZADO	R-87	Tubo Colector	E2DH236	SIEMENS	2.77	C
3	AA 6206	CA-19	SUR	NUEVO	57N	REVEST. NEGRO	950	REFORZADO	R-87	Tubo Colector	E2DH100	SIEMENS	6	B
4	AA 6423	CA-20	SUR	NUEVO	16	REVEST. NEGRO	955	REFORZADO	R-87	Tubo Colector	E2DH236	SIEMENS	9.1	A
5	AA 6998	CA-17	SUR	NUEVO	92N	REVEST. NEGRO	850	REFORZADO	R-87	Tubo Colector	E2DH100	SIEMENS	4	B
6	AA 9987	CA-22	SUR	RECONVERTIDO	153	REVEST. NEGRO	1000	REFORZADO	R-77	Manguera	E2DH100	EBERLE	7	A
7	EA 455	TA-24	OESTE	RECONVERTIDO	50	REVEST. NEGRO	700	REFORZADO	R-77	Manguera	E2DH100	EBERLE	1.7	C
8	EA 457	CE-10	SUR	RECONVERTIDO	79	REVEST. NEGRO	850	REFORZADO	R-77	Manguera	E2DH100	SIEMENS	1.28	C
9	EA 515	TA-28	OESTE	NUEVO	51N	REVEST. NEGRO	650	REFORZADO	R-87	Tubo Colector	E2DH236	SIEMENS	1.8	C
10	EA 626	CE-10	SUR	NUEVO	17	REVEST. VERDE	700	REFORZADO	R-87	Tubo Colector	E2DH236	SIEMENS	1.91	C
11	EA 651	TA-28	OESTE	NUEVO	49N	REVEST. NEGRO	850	REFORZADO	R-87	Tubo Colector	E2DH236	SIEMENS	1.71	C
12	EA 662	CE-10	SUR	NUEVO	22N	REVEST. NEGRO	850	REFORZADO	R-87	Tubo Colector	E2DH236	SIEMENS	1.6	C
13	EA 665	PN-31	OESTE	NUEVO	53N	REVEST. NEGRO	1000	REFORZADO	R-87	Tubo Colector	E2DH100	SIEMENS	1.98	C
14	EA 693	CE-10	SUR	NUEVO	23N	REVEST. NEGRO	850	REFORZADO	R-87	Tubo Colector	E2DH236	SIEMENS	3.98	B
16	EA 722	TA-28	OESTE	RECONVERTIDO	98	REVEST. NEGRO	600	REFORZADO	R-77	Manguera	E2DH100	SIEMENS	1.49	C
16	EA 725	TA-28	OESTE	NUEVO	13	REVEST. VERDE	950	REFORZADO	R-87	Tubo Colector	E2DH236	SIEMENS	1.99	C
17	EA 773	CE-10	SUR	RECONVERTIDO	142	REVEST. NEGRO	450	REFORZADO	R-77	Manguera	E2DH100	SIEMENS	1.48	C
18	EA 794	CE-10	SUR	RECONVERTIDO	125	REVEST. VERDE	1000	REFORZADO	R-77	Manguera	E2DH100	SIEMENS	1.4	C
19	EA 918	CE-10	SUR	RECONVERTIDO	88	REVEST. NEGRO	600	REFORZADO	R-77	Manguera	E2DH100	SIEMENS	4	B
20	EA 1006	OR-11	NORTE	NUEVO	88N	REVEST. NEGRO	800	REFORZADO	R-87	Manguera	E2DH236	SIEMENS	2.43	C
21	EA 1009	OR-12	NORTE	NUEVO	33N	REVEST. NEGRO	850	REFORZADO	R-87	Tubo Colector	E2DH100	SIEMENS	1.1	C
22	EA 1026	ZA-01	SUR	NUEVO	84N	REVEST. NEGRO	650	REFORZADO	R-87	Tubo Colector	E2DH100	EBERLE	1.1	C
23	EA 1054	ZA-01	SUR	NUEVO	63N	REVEST. NEGRO	800	REFORZADO	R-87	Tubo Colector	E2DH236	SIEMENS	2.62	C
24	EA 1145	ZA-01	SUR	NUEVO	27N	REVEST. NEGRO	1000	REFORZADO	R-87	Tubo Colector	E2DH236	SIEMENS	1.1	C



INVENTARIO ACTUAL DE EQUIPOS RECOIL RCG

ITEM	POZO	BATERIA	ZONA	TIPO DE EQUIPO	N° SERIE	MOD.CABLE	L/CABLE (Mts)	CARRETEL	Motorreductor	Modelo Conjunto Colector	Bomba de Transf. Bommernann		Producción Diaria	Tipo de Pozo
											Modelo	Marca de Motor		
25	EA 1161	ZA-02	NORTE	NUEVO	67N	REVEST. NEGRO	800	REFORZADO	R-87	Tubo Colector	E2DH100	SIEMENS	1.3	C
26	EA 1184	ZA-01	SUR	NUEVO	6	REVEST. NEGRO	760	REFORZADO	R-87	Tubo Colector	E2DH236	SIEMENS	4	B
27	EA 1238	LA-08	NORTE	NUEVO	77N	REVEST. NEGRO	860	REFORZADO	R-87	Tubo Colector	E2DH100	SIEMENS	2.2	C
28	EA 1261	LA-08	NORTE	NUEVO	8	REVEST. NEGRO	700	REFORZADO	R-87	Tubo Colector	E2DH236	SIEMENS	4	B
29	EA 1280	OR-11	NORTE	NUEVO	38N	REVEST. NEGRO	700	REFORZADO	R-87	Tubo Colector	E2DH236	SIEMENS	2	C
30	EA 1292	CE-10	SUR	RECONVERTIDO	76	REVEST. NEGRO	550	REFORZADO	R-77	Manguera	E2DH100	EBERLE	0.92	C
31	EA 1299	OR-12	NORTE	NUEVO	66N	REVEST. NEGRO	500	REFORZADO	R-87	Tubo Colector	E2DH100	SIEMENS	2.1	C
32	EA 1304	ZA-01	SUR	NUEVO	66N	REVEST. NEGRO	1000	REFORZADO	R-87	Tubo Colector	E2DH100	SIEMENS	2.45	C
33	EA 1327	LA-06	NORTE	NUEVO	69N	REVEST. NEGRO	1000	REFORZADO	R-87	Tubo Colector	E2DH100	SIEMENS	2.24	C
34	EA 1510	PN-31	OESTE	NUEVO	62N	REVEST. NEGRO	1000	REFORZADO	R-87	Tubo Colector	E2DH236	SIEMENS	1.52	C
35	EA 1539	TA-25	OESTE	NUEVO	66N	REVEST. NEGRO	1000	REFORZADO	R-87	Tubo Colector	E2DH236	SIEMENS	1.63	C
36	EA 1757	PN-31	OESTE	NUEVO	66N	REVEST. NEGRO	1000	REFORZADO	R-87	Tubo Colector	E2DH236	SIEMENS	2.94	C
37	EA 1781	PN-32	OESTE	NUEVO	46N	REVEST. NEGRO	960	REFORZADO	R-87	Tubo Colector	E2DH100	SIEMENS	1.5	C
38	EA 1801	PN-31	OESTE	NUEVO	70N	REVEST. NEGRO	1000	REFORZADO	R-87	Tubo Colector	E2DH100	SIEMENS	1.17	C
39	EA 1892	OR-12	NORTE	NUEVO	36N	REVEST. NEGRO	850	REFORZADO	R-87	Tubo Colector	E2DH236	SIEMENS	2	C
40	EA 2033	LA-08	NORTE	RECONVERTIDO	167	REVEST. NEGRO	900	REFORZADO	R-77	Manguera	E2DH100	SIEMENS	3.17	C
41	EA 2067	BA-35	NORTE	NUEVO	31N	REVEST. NEGRO	1000	REFORZADO	R-87	Tubo Colector	E2DH236	SIEMENS	1.9	C
42	EA 2149	BA-35	NORTE	RECONVERTIDO	71	REVEST. NEGRO	1000	REFORZADO	R-77	Manguera	E2DH100	SIEMENS	3.3	C
43	EA 2226	CE-10	SUR	RECONVERTIDO	94	REVEST. NEGRO	500	REFORZADO	R-77	Manguera	E2DH236	SIEMENS	8	A
44	EA 2228	ZA-01	SUR	RECONVERTIDO	146	SIN REVEST.	1000	SIN REFORZADO	R-77	Manguera	E2DH100	SIEMENS	2.2	C
45	EA 2249	ZA-01	SUR	RECONVERTIDO	40	REVEST. NEGRO	660	REFORZADO	R-77	Manguera	E2DH100	EBERLE	3.6	B
46	EA 2338	ZA-01	SUR	NUEVO	4	REVEST. NEGRO	850	REFORZADO	R-87	Tubo Colector	E2DH236	SIEMENS	1.6	C
47	EA 2408	TA-24	OESTE	RECONVERTIDO	64	REVEST. NEGRO	900	REFORZADO	R-77	Manguera	E2DH100	EBERLE	2.88	C
48	EA 2491	OR-12	NORTE	RECONVERTIDO	127	REVEST. NEGRO	780	REFORZADO	R-77	Manguera	E2DH100	SIEMENS	4.2	B
49	EA 5743	ZA-01	SUR	NUEVO	44N	REVEST. NEGRO	850	REFORZADO	R-87	Tubo Colector	E2DH100	SIEMENS	2.72	C
50	EA 5793	TA-24	OESTE	RECONVERTIDO	144	REVEST. NEGRO	1000	REFORZADO	R-77	Manguera	E2DH100	SIEMENS	3.2	C



INVENTARIO ACTUAL DE EQUIPOS RECOIL RCG

ITEM	POZO	BATERIA	ZONA	TIPO DE EQUIPO	N° SERIE	MOD.CABLE	L/CABLE (Mts)	CARRETEL	Motorreductor	Modelo Conjunto Colector	Bomba de Transf. Bornemann		Producción Diaria	Tipo de Pozo
											Modelo	Marca de Motor		
51	EA 5951	ZA-01	SUR	RECONVERTIDO	81	REVEST. NEGRO	850	REFORZADO	R-77	Manguera	E2DH100	SIEMENS	2.8	C
52	EA 5957	ZA-01	SUR	NUEVO	42N	REVEST. NEGRO	850	REFORZADO	R-87	Tubo Colector	E2DH100	SIEMENS	4.4	B
53	EA 5986	TA-24	OESTE	RECONVERTIDO	75	REVEST. NEGRO	750	REFORZADO	R-77	Manguera	E2DH100	EBERLE	2.88	C
54	EA 6058	TA-24	OESTE	RECONVERTIDO	103	REVEST. NEGRO	1000	REFORZADO	R-77	Manguera	E2DH100	SIEMENS	1.98	C
55	EA 6079	ZA-02	NORTE	NUEVO	60N	REVEST. NEGRO	1000	REFORZADO	R-87	Tubo Colector	E2DH236	SIEMENS	3	C
56	EA 6082	TA-24	OESTE	NUEVO	75N	REVEST. NEGRO	1000	REFORZADO	R-87	Tubo Colector	E2DH236	SIEMENS	1.74	C
57	EA 6424	TA-28	OESTE	NUEVO	19	REVEST. NEGRO	1000	REFORZADO	R-87	Tubo Colector	E2DH236	SIEMENS	1.87	C
58	EA 6427	TA-28	OESTE	NUEVO	11	REVEST. NEGRO	1000	REFORZADO	R-87	Tubo Colector	E2DH236	SIEMENS	4.07	B
59	EA 6803	OR-11	NORTE	NUEVO	37N	REVEST. NEGRO	1000	REFORZADO	R-87	Tubo Colector	E2DH236	SIEMENS	2.26	C
60	EA 6912	BA-34	OESTE	NUEVO	62N	REVEST. NEGRO	1000	REFORZADO	R-87	Tubo Colector	E2DH100	SIEMENS	3.84	B
61	EA 7208	PN-32	OESTE	RECONVERTIDO	155	REVEST. NEGRO	1000	REFORZADO	R-77	Manguera	E2DH236	SIEMENS	5	B
62	EA 8026	LA-06	NORTE	NUEVO	69N	REVEST. NEGRO	700	REFORZADO	R-87	Tubo Colector	E2DH100	SIEMENS	1.45	C
63	EA 9011	CE-10	SUR	RECONVERTIDO	93	REVEST. NEGRO	800	REFORZADO	R-77	Manguera	E2DH100	SIEMENS	2.31	C
64	EA 9047	CE-10	SUR	RECONVERTIDO	83	REVEST. NEGRO	900	REFORZADO	R-77	Manguera	E2DH100	SIEMENS	1.1	C
65	EA 9058	CE-10	SUR	NUEVO	2	REVEST. NEGRO	850	REFORZADO	R-87	Tubo Colector	E2DH236	SIEMENS	3.01	C
66	EA 9061	CE-10	SUR	NUEVO	7	REVEST. NEGRO	950	REFORZADO	R-87	Tubo Colector	E2DH236	SIEMENS	1.53	C
67	EA 9064	CE-10	SUR	RECONVERTIDO	109	REVEST. NEGRO	600	REFORZADO	R-77	Tubo Colector	E2DS100	EBERLE	2.4	C
68	EA 9069	CE-10	SUR	RECONVERTIDO	147	SIN REVEST.	1000	SIN REFORZADO	R-77	Tubo Colector	E2DH236	SIEMENS	3.65	B
69	EA 9084	CE-10	SUR	NUEVO	28N	REVEST. NEGRO	850	REFORZADO	R-87	Tubo Colector	E2DH236	SIEMENS	1.18	C
70	EA 9093	TA-28	OESTE	RECONVERTIDO	62	REVEST. VERDE	1000	REFORZADO	R-77	Manguera	E2DH100	EBERLE	2.02	C
71	EA 9239	CE-10	SUR	RECONVERTIDO	96	REVEST. NEGRO	900	REFORZADO	R-77	Manguera	E2DH100	WEG	2.23	C
72	EA 9241	CE-10	SUR	NUEVO	30N	REVEST. NEGRO	950	REFORZADO	R-87	Tubo Colector	E2DH236	SIEMENS	3.68	B
73	EA 9248	CE-10	SUR	RECONVERTIDO	46	REVEST. NEGRO	850	REFORZADO	R-77	Manguera	E2DH236	SIEMENS	5.8	B
74	EA 9252	TA-28	OESTE	RECONVERTIDO	148	REVEST. NEGRO	1000	REFORZADO	R-77	Manguera	E2DH100	SIEMENS	3.09	C
75	EA 9259	CE-10	SUR	RECONVERTIDO	99	REVEST. NEGRO	1000	REFORZADO	R-77	Manguera	E2DH100	SIEMENS	1.58	C
76	EA 9261	TA-28	OESTE	NUEVO	14	REVEST. NEGRO	850	REFORZADO	R-87	Tubo Colector	E2DH236	SIEMENS	2.74	C



INVENTARIO ACTUAL DE EQUIPOS RECOIL RCG

ITEM	POZO	BATERIA	ZONA	TIPO DE EQUIPO	N° SERIE	MOD.CABLE	L/CABLE (Mts)	CARRETEL	Motorreductor	Modelo Conjunto Colector	Bomba de Transf. Bornemann		Producción Diaria	Tipo de Pozo
											Modelo	Marca de Motor		
77	EA 9269	CE-10	SUR	RECONVERTIDO	89	REVEST. NEGRO	800	REFORZADO	R-77	Manguera	E2DH100	EBERLE	2	C
78	EA 9317	CE-10	SUR	RECONVERTIDO	67	REVEST. NEGRO	850	REFORZADO	R-77	Manguera	E2DH100	EBERLE	5.64	B
79	EA 9528	ZA-01	SUR	NUEVO	79N	REVEST. NEGRO	900	REFORZADO	R-87	Tubo Colector	E2DH100	SIEMENS	3	C
80	EA 9652	OR-12	NORTE	NUEVO	32N	REVEST. NEGRO	950	REFORZADO	R-87	Tubo Colector	E2DH236	SIEMENS	3	C
81	EA 9668	OR-11	NORTE	RECONVERTIDO	110	REVEST. NEGRO	1000	REFORZADO	R-77	Manguera	E2DH100	SIEMENS	2.03	C
82	EA 9879	ZA-01	SUR	NUEVO	24N	REVEST. NEGRO	1000	REFORZADO	R-87	Tubo Colector	E2DH236	SIEMENS	2.04	C
83	EA 9681	ZA-01	SUR	NUEVO	50N	REVEST. NEGRO	1000	REFORZADO	R-87	Tubo Colector	E2DH236	SIEMENS	1	C
84	EA 9694	CE-10	SUR	NUEVO	36N	REVEST. NEGRO	840	REFORZADO	R-87	Tubo Colector	E2DH236	SIEMENS	4.51	B
85	EA 9698	ZA-01	SUR	NUEVO	64N	REVEST. NEGRO	800	REFORZADO	R-87	Tubo Colector	E2DH100	SIEMENS	0.7	C
86	EA 9721	ZA-01	SUR	NUEVO	86N	REVEST. NEGRO	1000	REFORZADO	R-87	Tubo Colector	E2DH100	SIEMENS	1.93	C
87	EA 9798	ZA-01	SUR	RECONVERTIDO	164	REVEST. NEGRO	950	REFORZADO	R-77	Manguera	MEDH-1500-2	WEG	5.3	B
88	EA 9808	CE-10	SUR	NUEVO	3	REVEST. NEGRO	800	REFORZADO	R-87	Tubo Colector	E2DH236	SIEMENS	3.5	B
89	EA 9839	CE-10	SUR	RECONVERTIDO	156	REVEST. NEGRO	600	REFORZADO	R-77	Manguera	E2DH100	SIEMENS	3.72	B
90	EA 9841	CE-10	SUR	NUEVO	5	REVEST. NEGRO	900	REFORZADO	R-87	Tubo Colector	E2DH236	SIEMENS	3.6	B
91	EA 9843	ZA-01	SUR	NUEVO	43N	REVEST. NEGRO	850	REFORZADO	R-87	Tubo Colector	E2DH100	SIEMENS	4.15	B
92	EA 9889	CE-10	SUR	NUEVO	10	REVEST. NEGRO	900	REFORZADO	R-87	Tubo Colector	E2DH100	SIEMENS	1.38	C
93	EA 9863	ZA-02	NORTE	NUEVO	72N	REVEST. NEGRO	1000	REFORZADO	R-87	Tubo Colector	E2DH236	SIEMENS	1.4	C
94	EA 9972	CE-10	SUR	RECONVERTIDO	106	REVEST. NEGRO	900	REFORZADO	R-77	Manguera	E2DH100	SIEMENS	2.71	C
95	EA10001	ZA-01	SUR	NUEVO	40N	REVEST. NEGRO	850	REFORZADO	R-87	Tubo Colector	E2DH238	SIEMENS	3.7	B
96	EA10113	ZA-01	SUR	NUEVO	25N	REVEST. NEGRO	900	REFORZADO	R-87	Tubo Colector	E2DH236	SIEMENS	1.5	C
97	EA10214	CE-10	SUR	NUEVO	61N	REVEST. NEGRO	1000	REFORZADO	R-87	Tubo Colector	E2DH100	SIEMENS	1.34	C
98	EA10221A	ZA-01	SUR	NUEVO	48N	REVEST. NEGRO	1000	REFORZADO	R-87	Tubo Colector	E2DH236	SIEMENS	1.4	C
99	EA10234	ZA-01	SUR	NUEVO	26N	REVEST. NEGRO	900	REFORZADO	R-87	Tubo Colector	E2DH236	SIEMENS	1.22	C
100	EA10257	ZA-01	SUR	NUEVO	12	REVEST. NEGRO	650	REFORZADO	R-87	Tubo Colector	E2DH236	SIEMENS	1.65	C
101	EA10258	CE-10	SUR	NUEVO	29N	REVEST. NEGRO	1000	REFORZADO	R-87	Tubo Colector	E2DH236	SIEMENS	1.2	C
102	EA10266	ZA-01	SUR	NUEVO	54N	REVEST. NEGRO	1000	REFORZADO	R-87	Tubo Colector	E2DH236	SIEMENS	0.7	C



INVENTARIO ACTUAL DE EQUIPOS RECOIL RCG

ITEM	POZO	BATERIA	ZONA	TIPO DE EQUIPO	N° SERIE	MOD.CABLE	L/CABLE (Mts)	CARRETEL	Motorreductor	Modelo Conjunto Colector	Bomba de Transf. Bormemann		Presión en Litros Diaria	Nivel del Pozo
											Modelo	Marca de Motor		
103	EA10272	ZA-01	SUR	NUEVO	41N	REVEST. NEGRO	850	REFORZADO	R-87	Tubo Colector	E2DH236	SIEMENS	3.23	C
104	EA10417	ZA-01	SUR	NUEVO	47N	REVEST. NEGRO	1000	REFORZADO	R-87	Tubo Colector	E2DH236	SIEMENS	3.94	B
106	EA10422	ZA-02	NORTE	NUEVO	74N	REVEST. NEGRO	1000	REFORZADO	R-87	Tubo Colector	E2DH100	SIEMENS	1.51	C
106	EA10521	ZA-01	SUR	RECONVERTIDO	74	REVEST. NEGRO	900	REFORZADO	R-77	Manguera	E2DH100	SIEMENS	1.64	C
107	PB 201	OR-11	NORTE	NUEVO	34N	REVEST. NEGRO	850	REFORZADO	R-87	Tubo Colector	E2DH236	SIEMENS	3.2	C
108	PB 218	OR-12	NORTE	NUEVO	39N	REVEST. NEGRO	950	REFORZADO	R-87	Tubo Colector	E2DH236	SIEMENS	2	C
109	PB 249	OR-12	NORTE	NUEVO	73N	REVEST. NEGRO	900	REFORZADO	R-87	Tubo Colector	E2DH100	SIEMENS	1.9	C

ANEXO 2

TRABAJOS DIARIOS (OPERACIONES)

Ítem	Trabajo a Realizar
Pruebas	
1	Realizar una prueba de estanqueidad en las Válvulas Check (Válvula de 2" y de 1"), también en la bomba de transferencia
2	Toma de Muestras de la producción
Cabezal	
3	Verificar y tomar registro de la Presión de Casing, Presión de Línea de producción y Presión de Bombeo
Bomba	
4	Inspeccionar visualmente las posibles fugas de petróleo por el sello mecánico
Equipo	
5	Inspección visual del cable y evaluar el enrollamiento del mismo.
6	Verificar fugas en el equipo RCG
7	Verificar presencia de petróleo en tanque colector del carretel
8	Verificar la alineación entre el equipo y el cabezal.
Tablero	
9	Tomar registro de parámetros del magelis y evaluar modificaciones para optimizar el funcionamiento del equipo.

MANTENIMIENTO PREVENTIVO TRIMESTRAL

Ítem	Elemento	Trabajo a Realizar
Cabezal		
1	Sellos Tipo Cono	Reemplazo en equipos con cable sin revestimiento
2	Conjunto T-Prensa	Verificar fugas y Limpieza de parafinas en válvulas
3		Inspección visual de Sellos y centralizadores
4	Tapa de Cabezal	Verificar posibles fugas.
Tubo colector		
5	Tubo de Aspiración	Limpieza y remoción de depósitos de Parafina
6		Verificación de Desgaste y ralladuras
Bomba		
7	Bomba	Verificar el sentido de giro de bombeo
8		Verificar fugas (Sello mecánico)
9	Manguera de descarga	Limpieza y remoción de depósitos de Parafina
10		Verificar fugas por asientos Aeroquit #16
11	Reductor de Bomba	Verificar fugas por retén
12	Sensor de Caudal (Flotante)	Limpieza
13	Válvula check	Verificar correcto funcionamiento
Equipo		
14	Cable	Inspección visual de estado del cable y del revestimiento
15		Verificar alineamiento de cable
16	Carretel	Inspección y lubricación de los rodamientos
17		Verificar ajuste de prisioneros
18		Inspección visual al ojal del cable (Grapa Crosby)
19		Evaluación de centrado de carretel
20	Reductor de Carretel	Verificar fugas y nivel de aceite
21		Mantenimiento de válvula de aeración
22	Motor Eléctrico	Limpieza de rejilla de ventilación
23		Verificar fugas de aceite
24	Sistema Basculante	Verificar desgaste de rodillos
25		Verificar funcionamiento de barra pivot
26		Verificar ajuste de pernos de fijación
27		Verificar funcionamiento de Sensor Basculante
28	Tubo de PVC 200mm	Verificar posibles fugas.
29		Verificar estado de soportes
30	Tanque	Verificar fugas y drenado

Tablero Eléctrico

31	Borneras	Verificar ajuste
32	Tablero Eléctrico	Inspección Visual (presencia de Humedad y/o polvo)
33		Control de Corriente de entrada y voltaje
34	Magelis XBT	Verificar estado y programación
35		Verificar estado de cable de comunicaciones XBT - PLC
36	Variador	Inspección visual y verificar parámetros actualizados
37		Verificar estado de fusibles
38		Verificar estado y ajuste de Prensaestopas

MANTENIMIENTO REVENTIVO SEMESTRAL

Ítem	Elemento	Trabajo a Realizar
Cabezal		
1	Sellos Tipo Cono	Reemplazo en equipos con cable con revestimiento
2	Polea	Inspección visual y verificar Radio del canal
3		Verificar el estado de Rodamiento y el estado de los pernos de fijación
4	Resorte	Verificar estado y funcionamiento
5	Porta sensor y sensor M30	Verificar y regular la distancia de sensado
6		Verificar estado y funcionamiento del sensor M30
7	Porta sensor y sensor M18	Verificar y regular la distancia de sensado
8		Verificar ajuste del sensor y la placa de sensado
9		Verificar desgaste de hilos de tapones de 1/4", 1/2" y 1"
10	BOP	Verificar estado de empaquetadura y espárragos
Tubo colector		
11	Tubo de Aspiración	Inspección visual (ralladuras y desgaste)
12	Tubo Colector	Verificar estado y ajuste de los pernos de la placa de Fijación
13	Tubería de PVC 1"	Verificar estado de Coplas y tubería de PVC
Bomba		
14	Bomba	Ensayo de eficiencia Volumétrica
15	Motor eléctrico de la Bomba	Comprobar la aislación eléctrica (megado) del Bobinado
16		Inspección Visual (ventilador) y comprobar el ajuste de Borneras
Equipo		
17	Cable	Verificar diámetro del cable sin revestimiento
18	Motor eléctrico del carretel	Verificar aislación eléctrica y ajuste de borneras
19		Inspección y limpieza del disco de Freno Electromagnético y ventilador
20		Medir el ohmiaje de Bobina de Freno Electromagnético
21	Caja Reductora	Cambio y verificar nivel de Aceite
22		Verificar y evaluar reten de eje de salida
23	Resistencia de Frenado	Verificar ohmiaje
24	Acoplamiento	Verificar juego y desgaste de tacos de goma (Modelo FAS)
25		Verificar juego y desgaste de los dientes del piñón y cadena
26		Lubricar acoplamiento tipo cadena
Tablero Eléctrico		
27	Conexión de puesta a tierra	Verificar ajuste y estado de las borneras
28	Fusibles	Verificar Estado y continuidad

MANTENIMIENTO PREVENTIVO ANUAL

Ítem	Elemento	Trabajo a Realizar
Cabezal		
1	Soporte	Verificar verticalidad
		Verificar ajuste de tuercas de los espárragos
2	Sellos Anulares	Cambio
3		Verificar estado de Seguro Seeger
4	Centralizador	Verificar Desgaste Centralizador de Tubo de Aspiración
		Verificar Desgaste Centralizador de Sellos Anulares
Tubo colector		
6	Tubo de Aspiración	Limpieza y remoción de depósitos de Parafina
7	Tubo Colector	Evaluación desgaste de pared exterior
8		Evaluar estado de eslabón unión tuerca
9		Evaluación desgaste de contrapeso
Bomba		
10	Sello Mecánico	Evaluar estado
11	Estator y Rotor	Evaluar desgaste y ralladura
Equipo		
12	Carretel	Inspección visual
10		Verificar nivelación y alineamiento
11		Verificar ajuste de pernos de chumaceras
12	Motor eléctrico	Mantenimiento y calibración de freno electromagnético
		Verificar espesor del disco de freno
13	Estructura	Verificar nivelación y ajuste de pernos de soporte de equipo

ANEXO 3

ESTADO Y CONDICIÓN DE EQUIPOS DE EXTRACCIÓN DE PETROLEO RECOIL

1. OBJETIVO

Dar a conocer el estado y condición de los equipos RCG, pormenores de eventos de falla, que muestran influencia en la operatividad del equipo, la producción diferida ocasionado por los equipos RCG (reconvertidos y nuevos) que se encuentran instalados en el Lote X.

2. ANTECEDENTES

- a. En el mes de Febrero del 2012 el equipo RCG nuevo Serie 09 instalado en el pozo EA 7206 – PN32 se desinstaló a causa de una inundación por lluvias; Así mismo en el mes de Setiembre en el pozo en mención se instaló el equipo RCG reconvertido Serie 155, proveniente del pozo EA 8033 – LA07.
- b. En el mes de Julio, Liftoil Sucursal Perú S.A. inició el Servicio de Mantenimiento y Operaciones en los equipos RCG del Lote X, en coordinación con el fiscalizador se priorizó los trabajos correctivos hasta tener un control en la diferida de mantenimiento de los equipos RCG.
- c. Con el inicio del servicio de Mantenimiento y Operaciones de los equipos RCG, por parte de Liftoil, se instalaron centralizadores y sellos anulares en el conjunto T-

Prensa estandarizando el mismo, evaluación y reemplazo de algunos componentes en los equipos RCG con exceso desgaste y en algunos casos fuera del tiempo de vida útil.

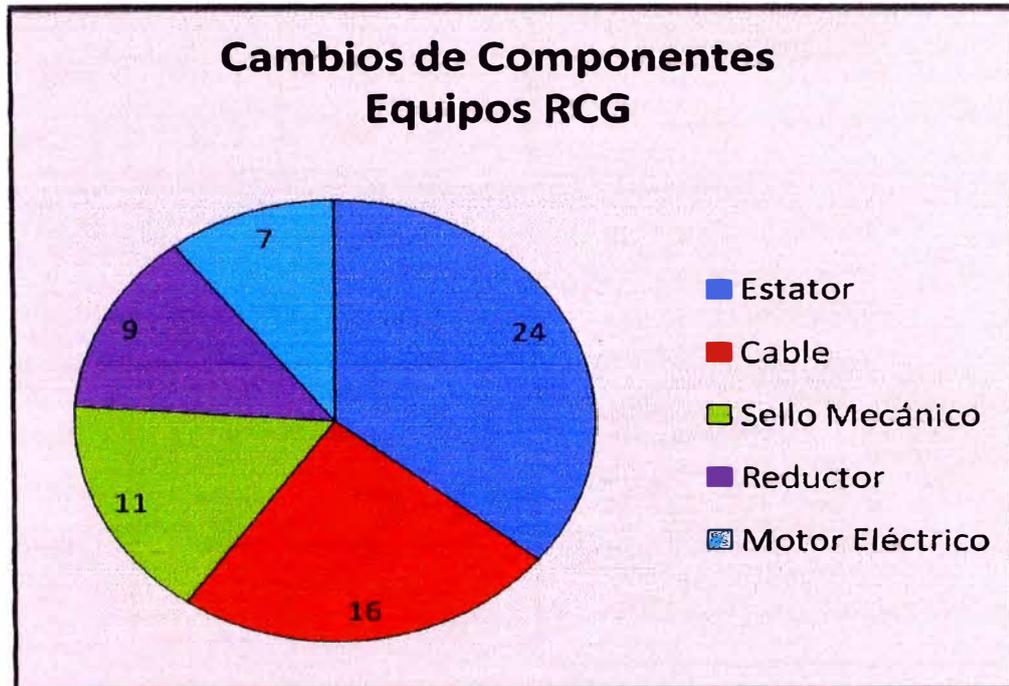
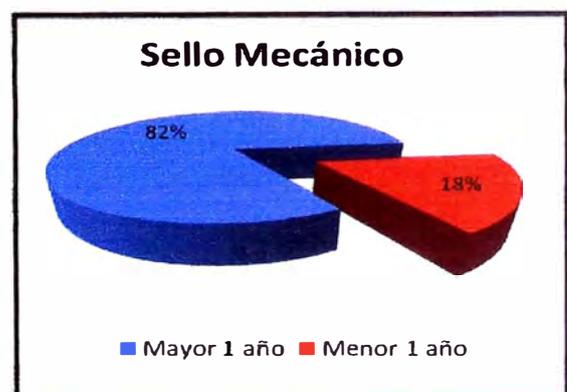


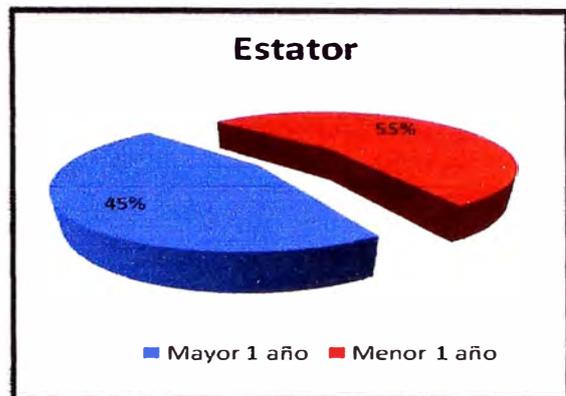
Grafico N°2 Cambios principales realizados en Equipos RCG – Lote X

d. Actualmente los componentes principales de los equipos RCG en función al tiempo de funcionamiento son:

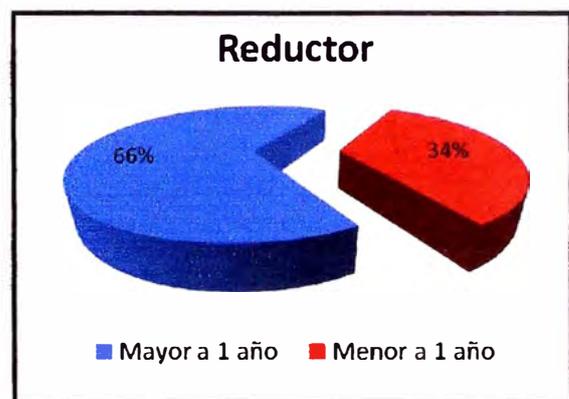
Sello Mecánico		
Modelo de Bomba	Mayor a 1 año	Menor a 1 año
Bomba 2.100	49	12
Bomba 2.236	44	9
Bomba 1500	1	0
Total	94	21



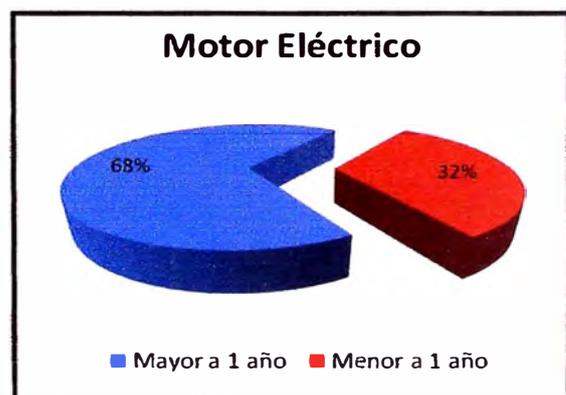
Estator		
Modelo de Bomba	Mayor a 1 año	Menor a 1 año
Bomba 2.100	45	16
Bomba 2.236	6	47
Bomba 1500	1	0
Total	52	63



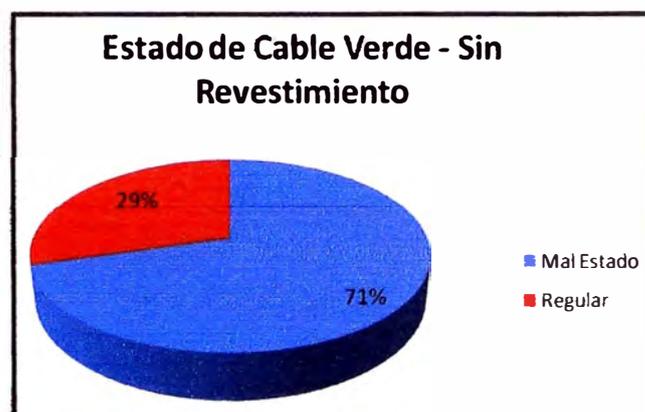
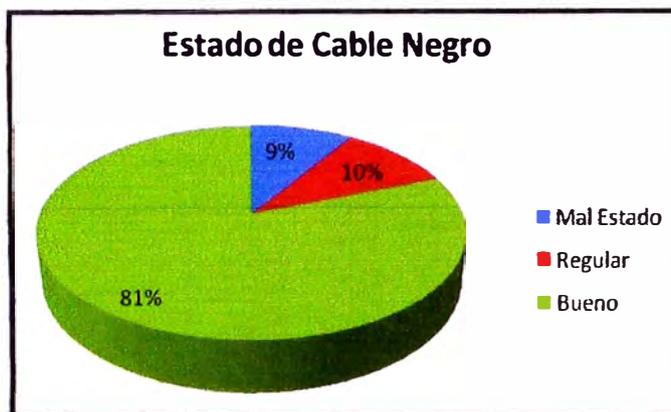
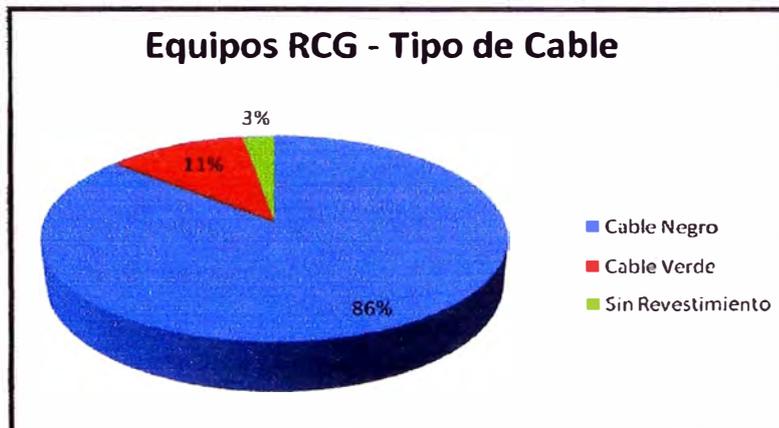
Reductor		
Modelo de Reductor	Mayor a 1 año	Menor a 1 año
Sew - R77	33	9
Sew - R87	43	30
Total	76	39



Motor Eléctrico		
Modelo de Reductor	Mayor a 1 año	Menor a 1 año
Sew - R77	35	7
Sew - R87	43	30
Total	78	37



Tipo de Cable	Número de Equipos
Cable Negro	99
Cable Verde	13
Sin Revestimiento	3



e. Desde iniciado el contrato del Servicio de Mantenimiento y Operaciones (01 de Julio) hasta la quincena de Diciembre del presente, la producción diferida acumulada fue de 5007.78 bbls., siendo los eventos de falla que mayor repercuten en la producción diferida el:

- ✓ Cable atascado.
- ✓ Cable Roto.
- ✓ Deficiencias en la bomba.
- ✓ Cable Flojo.

- ✓ Máximo Torque.

Estos modos de falla se deben a lo siguiente:

- ✓ Deficiencias en el material del revestimiento del cable con Revestimiento verde.
- ✓ Desgaste en estator.
- ✓ Condiciones variables de Casing.

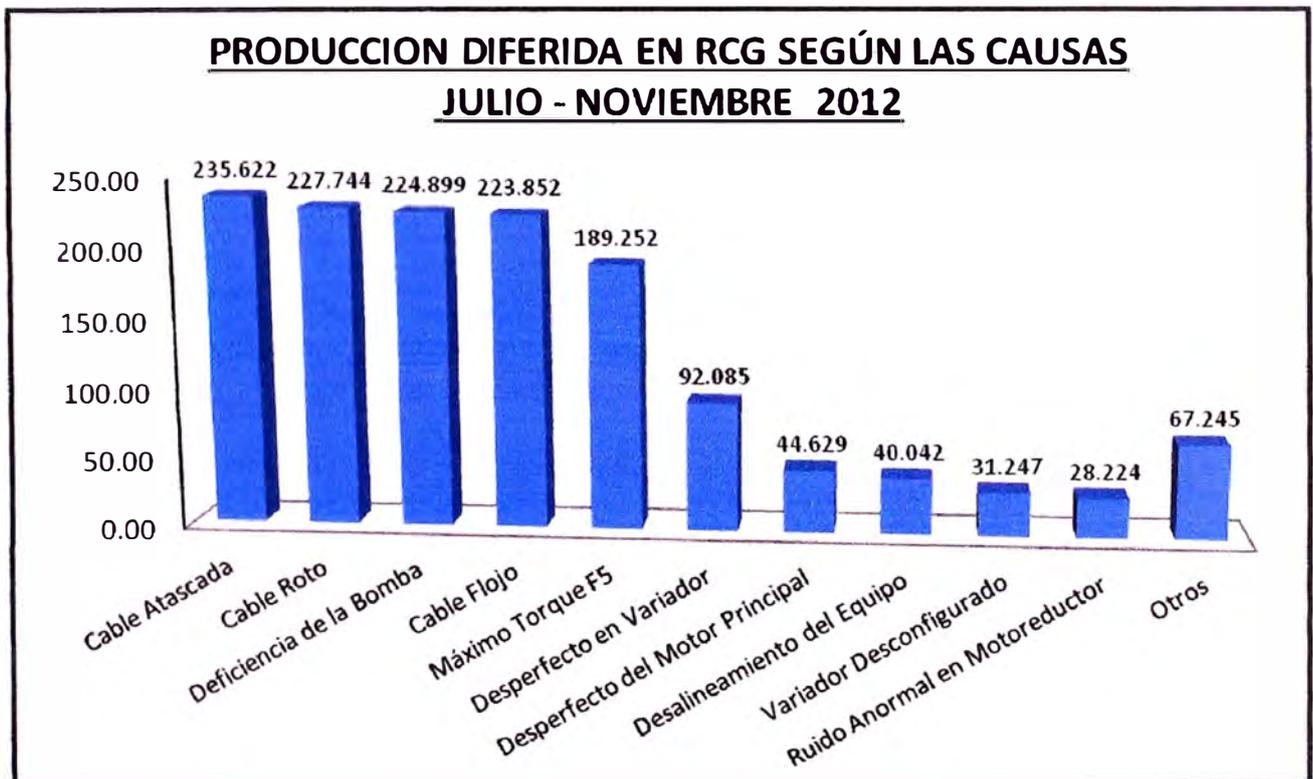


Grafico N°3 Diferida generado por problemática en Equipos RCG 2012 – Lote X

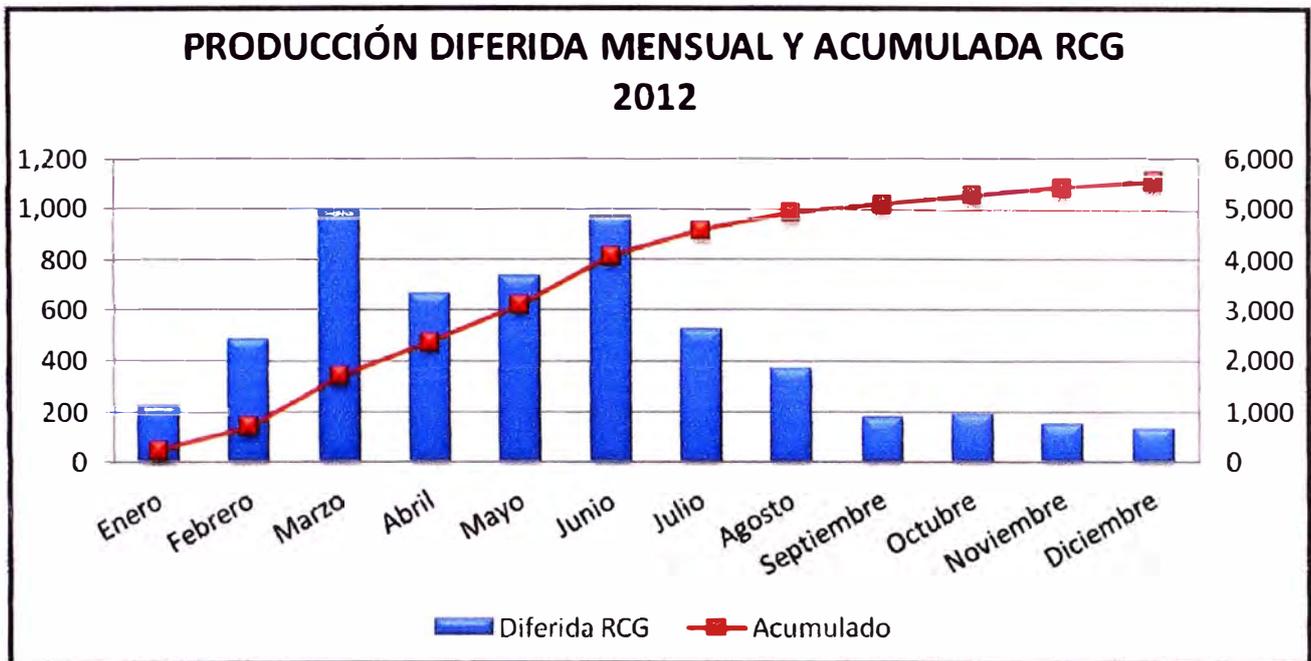


Gráfico N°4 Diferida mensual y Acumulado en Equipos RCG 2012 – Lote X

3. CONCLUSIONES

- a. Tal cual se coordinó en la reunión con Petrobras previo al inicio del servicio, se acordó desarrollar el estado situacional de los equipos RCG para poder llevarlo a condición Básica, el cual se cuenta con un avance del 20%, a consecuencia de que no se nos proporciono la data completa del estado y condición hasta junio del presente, y se priorizó los trabajos Correctivos ante la problemática y alta diferida que se contaba, este último en coordinación con el fiscalizador.
- b. Actualmente se tiene un promedio de 5 bbls. hasta 10 bbls mensual de diferida.
- c. Debido al mal estado de los cables con revestimiento Verde y sin revestimiento, se ejecutaron los cambios respectivos, realizando un total de 16 cambios de cable con revestimiento Negro, quedando pendiente el cambio de 17 equipos.

- d. Actualmente se tiene 05 equipos que requieren reemplazo urgente del cable.
- e. Un factor adicional en la problemática del Estado del cable y eficiencia de bomba, son las condiciones variables de pozo, tales como posible obstrucción, presencia de parafina, carbonato, lodos y otros.

4. RECOMENDACIONES

- a. Cambiar los cables con revestimiento verde a cable con revestimiento negro, estandarizando así el cable en todo los equipos RCG.
- b. Estandarizar el equipo y cable de los 03 equipos RCG que se encuentran trabajando con cable sin revestimiento; EA 2228 ZA01, EA 9069 CE10, EA 1152 TA24.
- c. Continuar el Mantenimiento Preventivo periódico a los equipos RCG según cronograma.
- d. Realizar permutas de bomba y conjunto colector con la finalidad de bajar la sumergencia de los pozos con equipos RCG.