

**Propuesta de un plan de mantenimiento para las máquinas probadoras de inyectores
de la empresa Diésel de Occidente.**

**David Fernando Ortiz Ayala
Mauricio Leonardo Fonseca Guerrero**

**Universidad ECCI
Dirección De Posgrados
Gerencia De Mantenimiento
Bogotá
2016**

**Propuesta de un plan de mantenimiento para las máquinas probadoras de inyectores de
la empresa Diésel de Occidente.**

**David Fernando Ortiz Ayala
Mauricio Leonardo Fonseca Guerrero**

Monografía para optar por el título de Especialistas en Gerencia de Mantenimiento

**Asesor
Ing. Miguel Ángel Urian Tinoco
Especialista en Gerencia de Mantenimiento**

**Universidad ECCI
Dirección De Posgrados
Gerencia De Mantenimiento
Bogotá
2016**

Nota de aceptación:

Aprobado por el Comité de Grado en cumplimiento con los requisitos exigidos por la Universidad ECCI para optar por el título de Gerente de Mantenimiento

Jurado

Jurado

Bogotá, ___ de _____ de 2016

Tabla de Contenido

Introducción	8
Resumen.....	9
1. Titulo.....	10
2. Problema de Investigación	11
2.1. Descripción del Problema	11
2.2. Planteamiento del Problema.....	11
2.3. Sistematización del Problema	11
3. Objetivos	12
3.1. General.....	12
3.2. Específicos	12
4. Justificación y Delimitación.....	13
4.1. Justificación	13
4.2. Delimitación.....	13
4.3. Limitaciones.....	13
5. Marco Conceptual.....	15
5.1. Marco Teórico.....	15
5.1.1. Generalidades del mantenimiento.....	15
5.1.2. Características básicas del mantenimiento preventivo.....	18
5.1.3. Características y funcionamiento de los motores Diésel.....	19
5.2. Estado del Arte.....	21
6. Tipo de Investigación.....	24
7. Marco Metodológico.....	25
7.1. Recolección de la Información	25
7.1.1 Origen de las fallas por cada probadora.....	26
7.2. Análisis de la Información	28
7.3. Propuestas de Solución	32
7.4. Resultados Esperados.....	32
7.4.1 Económicos.....	32
7.4.2 Operativos	33
8. Fuentes de Obtención de la Información	34
8.1. Fuentes Primarias.....	34

8.2. Fuentes Secundarias.....	34
9. Análisis Financiero	35
10. Talento Humano.....	36
11. Conclusiones y Recomendaciones	37
11.1. Conclusiones	37
11.2. Recomendaciones	37
12. Bibliografía	39
13. Anexos	41

Lista de Ilustraciones

Ilustración 1. Cantidad de fallas durante el tiempo de analisis (Autores, 2016)	29
Ilustración 2. Cantidad de fallas por mes año 2015 (Autores, 2016).....	29
Ilustración 3. Cantidad de fallas por mes primer semestre 2016 (Autores, 2016).....	30
Ilustración 4. Origen de las fallas (Autores, 2016)	30
Ilustración 5. Cantidad de fallas por componente (Autores, 2016)	31
Ilustración 6. Costos Plan de Mantenimiento (Autores, 2016).....	35
Ilustración 7. Plan de Mantenimiento a Implementar (Autores, 2016)	42

Lista de Tablas

Tabla 1. Clasificación de las probadoras de inyectores	18
Tabla 2. Periodicidad de las fallas	25
Tabla 3. Fallas presentadas en las probadoras año 2015	26
Tabla 4. Fallas presentadas en las probadoras de enero a junio 2016.....	26
Tabla 5. Causa de Falla.....	26
Tabla 6. Fallas en probadora de inyectores No. 1	27
Tabla 7. Fallas en probadora de inyectores No. 2.....	27
Tabla 8. Fallas en probadora de inyectores No. 3.....	27
Tabla 9. Fallas en probadora de inyectores No. 4.....	27
Tabla 10. Fallas en probadora de inyectores No. 5.....	28
Tabla 11. Fallas en probadora de inyectores No, 6.....	28
Tabla 12- Cantidad de fallas por componente	28

Introducción

Garantizar el funcionamiento de los componentes de los equipos industriales es una tarea que requiere no solamente de acciones correctivas sino también de acciones preventivas y predictivas. Para analizar la capacidad que tienen los componentes de desarrollar normalmente y en condiciones óptimas las actividades para las cuales fueron diseñados, es necesario contar con una serie de equipos industriales que permitan su diagnóstico, valoración y puesta a punto; cada una de estas tareas realizándolas de manera oportuna y obteniendo resultados que permitan garantizar la confiabilidad de los sistemas donde se requieran poner en funcionamiento. Es por esto, que nace la necesidad de implementar un plan de mantenimiento adecuado en los equipos destinados para este fin, lo cual permitirá garantizar la confiabilidad de los resultados obtenidos y diagnósticos efectuados en cada una de las pruebas que se realicen sobre las máquinas probadoras de inyectores.

De esta manera, se obtendrán resultados que permitirán estar alineados con las necesidades de los usuarios vinculados al sector, y así mismo, posicionar ante el mercado la empresa objeto del presente estudio como una de las más confiables para garantizar los servicios que se realizan.

Resumen

Esta monografía tiene como base fundamental proponer un plan de mantenimiento para las máquinas probadoras de inyectores que forman parte de los activos de la empresa Diésel de Occidente S.A.S, y que prestan el servicio de diagnóstico, evaluación y puesta a punto de los inyectores de combustible utilizados en vehículos livianos, camiones de tipo pesado, transporte marítimo, maquinaria amarilla, maquinaria del sector industrial como plantas eléctricas y plantas estacionarias para extracción de petróleo; todos estos acondicionados para su funcionamiento con motores cuatro tiempos de combustión interna e impulsados por combustible ACPM (Aceite Combustible Para Motores).

Los equipos mencionados anteriormente, requieren de un mantenimiento preventivo donde se verifique el estado del sistema de combustible, y en especial de los inyectores y bombas de suministro, estos mantenimientos se desarrollan no solo por uso u horas de trabajo de los equipos, sino también por la contaminación que se genera en los componentes debido a la calidad del ACPM que se distribuye en el país. Es por esto, que nace la necesidad de contar con elementos y maquinaria que permitan que estos componentes estén siempre prestando el servicio para el cual fueron fabricados.

Basados en esta necesidad y tomando como evidencia la documentación aportada por la empresa, se busca obtener conclusiones que permitan proponer un plan de mantenimiento adecuado y confiable, que garantice que el servicio ofrecido sea de la mejor calidad y cumpla las expectativas de la compañía.

1. Título

Propuesta de un plan de mantenimiento para las máquinas probadoras de inyectores de la empresa Diésel de Occidente.

2. Problema de Investigación

2.1. Descripción del Problema

Un mantenimiento inadecuado reduce la confiabilidad de los resultados en las distintas pruebas que se realizan en las probadoras de inyectores, generando dificultad de funcionamiento en los sistemas donde son utilizados los componentes que son objeto de estas pruebas, y esto a su vez ocasionará, pérdidas para la empresa que se verán reflejadas en garantías de las reparaciones, reproceso de las operaciones, aumento de costos y pérdida de credibilidad de la compañía; siendo estas de las más fundamentales para obtener los resultados que pretende Diésel de Occidente como empresa líder de este sector.

2.2. Planteamiento del Problema

¿Cómo una propuesta de un plan de mantenimiento adecuado para las máquinas probadoras de inyectores del Laboratorio Diésel de Occidente puede mejorar los servicios de diagnóstico y reparación efectuados?

2.3. Sistematización del Problema

- ¿Con que frecuencia se están presentando las fallas en las probadoras de inyectores?
- ¿Cómo determinar los componentes que al fallar ocasionan diagnósticos inadecuados en las pruebas que se realizan?
- ¿Qué propuesta de plan de mantenimiento se debe considerar en las probadoras y con qué frecuencia deben realizarse?

3. Objetivos

3.1. General

Proponer un plan de mantenimiento adecuado para las máquinas probadoras de inyectores utilizadas en la empresa Diésel de Occidente, teniendo en cuenta las fallas y diagnósticos errados presentados durante el tiempo determinado.

3.2. Específicos

- Evaluar la criticidad de mantenimiento de los equipos de la empresa para establecer los diferentes niveles de intervención.
- Analizar la periodicidad entre fallas y las características de ellas para así sugerir el mantenimiento que mejor se ajuste a estas.
- Determinar que componentes están ocasionando las fallas e identificar la vida útil de cada uno de ellos para así definir los tiempos de sustitución.

4. Justificación y Delimitación

4.1. Justificación

Con esta investigación se pretende determinar el plan de mantenimiento más adecuado para las máquinas probadoras de inyectores de un laboratorio Diésel, permitiendo así; obtener resultados óptimos y confiables en cada una de las pruebas que se realizan y garantizando ampliamente la reducción de las paradas ocasionadas por fallas en las máquinas de esta compañía.

Esta investigación se inicia tomando como base de investigación y soporte, las órdenes de trabajo y evidencias de mantenimiento correctivo realizado por la empresa a cada una de las máquinas probadoras de inyectores durante un tiempo establecido.

4.2. Delimitación

El presente estudio se desarrolló al interior del Laboratorio Diésel de Occidente ubicado en la Av. Calle 24 # 119^a – 05 de la Localidad de Fontibón en la ciudad de Bogotá D.C.; teniendo como información y base de investigación la documentación suministrada por la empresa referente a mantenimientos correctivos realizados a 6 probadoras de inyectores.

4.3. Limitaciones

El proyecto presento las siguientes características en aspectos de limitaciones:

Económicas: Para el desarrollo del presente estudio, se contó exclusivamente con los recursos provenientes de cada uno de los investigadores; quienes asumieron todos los gastos concernientes a la obtención y análisis de la información.

Tiempo: Para desarrollar esta investigación, se contó con un límite de tiempo de 10 meses, los cuales correspondieron a la duración de la especialización de Gerencia de

Mantenimiento ofrecida por la Universidad ECCI, tiempo durante el cual se realizó la recolección y análisis de la información suministrada para alcanzar los objetivos planteados desde el inicio del proyecto.

Información: La documentación suministrada por la compañía para realizar esta investigación, corresponde a los mantenimientos correctivos realizados para el periodo comprendido entre Enero de 2015 a Junio de 2016, estas correcciones se llevaron a cabo en 6 probadoras de inyectores marca Bosch, las cuales corresponden al 100% de las probadoras con que cuenta Diésel de Occidente.

5. Marco Conceptual

5.1. Marco Teórico

En el marco teórico abarcado para el desarrollo de esta investigación, se relacionan temas concernientes a las generalidades del mantenimiento industrial con algunas de sus características principales, así mismo las incidencias de contar con planes de mantenimiento y su repercusión en gastos para la compañía para luego ingresar a los conceptos generales de funcionamiento de los equipos objeto de estudio.

5.1.1. Generalidades del mantenimiento

La evolución actual de los medios de producción automatizados, así como el tratamiento de la información, permiten no solo aplicar nuevas organizaciones en mantenimiento si no, incluso, informatizar sus programas y tareas. Así mismo, mediante una adecuada tipificación de tareas, es posible distinguir las actividades específicas de un mantenimiento moderno de aquellas otras que comportan inversiones, modificaciones de los sistemas productivos y otras tareas conceptualmente diferentes a las propias de mantenimiento, así como definir los niveles de integración del mantenimiento en la fabricación.

Las actividades de mantenimiento deben concretizarse en objetivos y resultados bien definidos, que aporten valor añadido a la función productiva, proceso en el que también se encuentran implicados el resto de los servicios que integran la estructura productiva (Sacristan, 2001). Esto refleja que en la actualidad las necesidades de implementar planes de mantenimiento preventivo y predictivo es cada vez mayor, ya que con los aportes de nuevas tecnologías y sistemas de información, es posible llevar adecuadamente la información detallada e historial de cada máquina así como debidamente clasificadas las operaciones preventivas a realizar con su periodicidad y tiempo de duración de los componentes que conforman el diseño de estas. Es importante mencionar que las estrategias de mantenimiento deben estar bien definidas para que permitan obtener mejoras en los niveles de producción o de los servicios que ofrecen las compañías.

El mantenimiento industrial es un campo de la ingeniería de gran interés y con una amplia repercusión económica, tal como justifica el hecho de que en las sociedades industriales los costes del mantenimiento constituyen su producto interior bruto. En algunos sectores, el mantenimiento resulta esencial para el desarrollo de su propia actividad sobre la que se aplica, mientras que en otros la existencia de un mantenimiento eficaz constituye uno de los elementos más importantes para la consecución de la competitividad en el marco económico global (Fernandez, 2005), así las cosas; La gestión de mantenimiento debe conseguir alinear las actividades de mantenimiento de acuerdo con la estrategia definida y esto debe de hacerlo en los tres niveles de actividad en la empresa: estratégico o de dirección, táctico o de procesos y operativo. Después de haber transformado las prioridades del negocio en prioridades de mantenimiento, los gerentes de mantenimiento construirán sus estrategias a corto-medio plazo para atacar potenciales puntos débiles en el mantenimiento de los equipos, de acuerdo con estos objetivos. De esta forma se obtiene un plan de mantenimiento genérico que luego en la empresa hay que desarrollar (Parra Marquez & Crespo Marquez, 2012) es así como para Diésel de Occidente es fundamental la implementación de un plan de mantenimiento adecuado que garantice el correcto funcionamiento de la maquinaria destinada a desarrollar las actividades propias de su negocio con el fin de obtener la mejor rentabilidad económica y satisfacer de la mejor manera las necesidades de sus clientes. El mantenimiento se vuelve entonces una pieza fundamental para el desarrollo de las actividades que se desarrollan pues de la práctica y confiabilidad de las reparaciones preventivas que se implementen se optimizaran los resultados de las pruebas que se realicen en las probadoras de inyectores.

Cuando a alguien le encargan “el mantenimiento de...”, tiene que pensar en las incidencias de las averías y en el coste asumible. La avería es consustancial con la existencia de un equipo, elemento o instalación, y por tanto no hay que ni asustarse ni pretender erradicarlas como si de una epidemia se tratara. La organización que diseñemos para resolver el problema no puede plantearse con estas premisas. Cada acción destinada a evitar averías o a resolverlas tiene un coste, lo que significa que deben elegirse aquellas que guardan relación con la repercusión de la posible avería (Bona, 1999), basados en esto se puede entender que al aplicarse un plan de mantenimiento preventivo no se garantiza que las maquinas no fallen durante algún momento del tiempo, no es posible eliminar las fallas de raíz ya que siempre existirá la posibilidad de que se genere alguna falla en los equipos; sin embargo si deben tomarse las medidas necesarias para reducir estas averías de funcionamiento al mínimo y así

mismo tener los planes de contingencia listos que permitan dar solución a cada una de estas, y en especial a las que su frecuencia de ocurrencia sea más reiterativa para no incurrir en gastos de operación excesivos.

Hoy por hoy no es justificable pensar que toda una planta debe estar sujeta a un tipo de mantenimiento (por ejemplo, correctivo, o preventivo, etc.). Cada equipo ocupa una posición distinta en el proceso industrial, y tiene unas características propias que lo hacen diferente del resto, incluso de otros similares. Esto quiere decir que una bomba o un motor puedan necesitar de otro tipo de tareas muy distintas. Si queremos optimizar, ya no es suficiente con pensar en el tipo de instalación o en las características del equipo. Es necesario tener en cuenta toda una serie de factores, como el coste de una parada de producción, su influencia en la seguridad, el coste de una reparación, etc., que van a determinar las tareas de mantenimiento más convenientes para cada equipo (Garrido, Organización y Gestión Integral de Mantenimiento, 2003). Al pensar en el mantenimiento de un determinado número de máquinas que conforman el proceso industrial, de inmediato debe acudir a nuestra mente la imagen de un esquema de funciones y actividades a realizar a fin de mantener el sistema instalado en buenas condiciones, de tal modo que asegure un proceso productivo continuo y eficiente, y que garantice el menor número de problemas imprevistos.

El beneficio y la calidad de un trabajo de mantenimiento se evalúan constantemente por la rapidez de verificación y la eficiencia con que el grupo de mantenimiento resuelve situaciones anormales o de emergencia que interrumpen el proceso productivo (Ruiz, 1981) Es así como luego de estudiar el modo de operación de Diésel de Occidente, se determina que unos de sus principales activos son las probadoras de inyectores mecánicos de doble resorte; incorporados en diferentes tipos de motores Diésel que se distribuyen en el mercado. Siendo estas las máquinas que operan de una manera constante y así mismo las que generan uno de los porcentajes más altos de ingresos de la empresa, se decide buscar el mejor plan de mantenimiento para que estas siempre estén operando de la mejor manera diferenciándolas de los demás activos con los que cuenta el laboratorio, es por esto que para iniciar con la ejecución de un plan de mantenimiento es necesario una identificación de las probadoras de inyectores que actualmente no está establecida, donde permita ubicarlas de manera rápida en un sistema informático como puede ser Excel o cualquier tipo de software de mantenimiento. Para el presente caso son 6 probadoras de inyectores marca Bosch que se clasificaran de la siguiente manera:

Tabla 1. Clasificación de las probadoras de inyectores (Autores, 2016)

PROBADORAS DE INYECTORES MARCA BOSCH	
ACTIVO	IDENTIFICACIÓN PARA EL PLAN DE MANTENIMIENTO
PROBADORA 1	PDI1
PROBADORA 2	PDI2
PROBADORA 3	PDI3
PROBADORA 4	PDI4
PROBADORA 5	PDI5
PROBADORA 6	PDI6

5.1.2. Características básicas del mantenimiento preventivo

Debido a que toda avería tiene carácter estocástico, es bastante improbable que las labores de mantenimiento preventivo realicen la sustitución de los elementos justo antes de ésta se produzca, causando de este modo un evidente desaprovechamiento de la reserva de uso de los equipos. En cualquier caso es evidente que, para la planificación de actividades del mantenimiento preventivo, es necesaria una correcta aplicación de criterios estadísticos para determinar los tiempos óptimos de intervención, ya que si estos no son los adecuados, podría generarse importantes pérdidas.

El mantenimiento preventivo habitualmente involucra una serie de actividades características:

- Limpiezas revisiones periódicas
- Conservación de equipos y protección contra los agentes ambientales.
- Control de la lubricación.
- Reparación y recambio de los puntos del sistema identificados como puntos débiles.
- Reparación y recambios planificados (Cabanas, Garcia Melero, Alonso Orcajo, Cano Rodriguez, & Solares Sariago, 1998).

Se observan así, algunas de las actividades necesarias para contribuir con el buen estado de los activos de cualquier empresa, y que permiten extender su vida útil garantizando el objetivo para el cual fueron desarrollados, dicho esto se logra así que los resultados de los servicios que están ofreciendo las probadoras de inyectores sean de buena calidad y logren

satisfacer los clientes externos y mejorar el rendimiento y flujo del área de mantenimiento y servicio de la empresa objeto de este estudio.

5.1.3. Características y funcionamiento de los motores Diésel

En los motores diésel, al igual que en los motores de gasolina, el sistema de alimentación tiene la misión de preparar la mezcla de aire y combustible para el funcionamiento óptimo del motor. Esta mezcla de aire-combustible se debe realizar en una proporción de 1 gramo de gasóleo por cada 18 gramos de aire. Los motores Diésel modernos deben cumplir requisitos cada vez más exigentes en busca de economía y confort. Para ello se tienen en cuenta aspectos como el nivel de rumorosidad del motor y su consumo (Ferrer & Checa, 2010), siendo el consumo de combustible uno de los pilares más importantes de los motores diésel, es necesario que todos sus componentes estén calibrados y ajustados en los valores indicados por sus fabricantes y así obtener el rendimiento de combustible esperado y con esto reducir las emisiones contaminantes que se expulsan al medio ambiente.

Según donde se efectuó la inyección en los motores Diésel, estos se clasifican en dos grupos: de inyección directa, cuando la inyección se realiza en la cámara de combustión situada en la cabeza del pistón y de inyección indirecta, cuando el combustible es inyectado en una cámara de turbulencia situada en la culata del motor (Parera, 1996)

El combustible principal de los motores Diésel es el gasóleo, que se obtiene de la destilación fraccionada del petróleo. Estos motores pueden funcionar con otros combustibles como el biodiesel, que es un biocombustible líquido producido a partir de los aceites vegetales y grasas animales, siendo la colza el girasol y la soja las materias primas más utilizadas para este fin. Por este motivo es un combustible biodegradable y no tóxico. La calidad del biodiesel depende fundamentalmente del tipo de aceite utilizado como materia prima y de su proceso de fabricación (Calleja, Mantenimiento mecánico preventivo del motor), las características de la combustión de los motores Diésel hacen necesario un sistema de inyección que suministre el combustible muy pulverizado y a alta presión. Esto es posible gracias a la bomba de alta presión, que en función del tipo de motor, su aplicación final y la evolución del mismo puede ser mecánica totalmente o comandado mediante algún sistema de control electrónico (Calleja).

Los inyectores pulverizan el combustible convirtiéndolo en una nube fina y los distribuye en el interior de la cámara de combustible además de asegurar un comienzo y final instantáneo de la inyección. Para conseguir la temperatura adecuada en las cámaras de combustión del motor diésel, sobre todo en el momento del arranque, este cuenta con unos calentadores que calientan el aire en dichas cámaras. Siempre que se preste la debida atención a los filtros de combustible, asegurando que solamente se alimenta a los inyectores con combustible limpio, no es preciso prestar mantenimiento alguno a los inyectores durante largos periodos (Manual específico viajero , 2007) teniendo en cuenta esto y partiendo de la incertidumbre de que no en todos los casos se utilizan repuestos genuinos en los motores diésel, para este caso la instalación de filtros de combustible homologados y que no cumplen con las características técnicas exigidas por los fabricantes, conlleva a la necesidad de estar realizando mantenimiento, diagnóstico y calibración de inyectores de manera repetitiva; esto debido a la mala calidad de los filtros que permiten el ingreso de partículas contaminantes ocasionando así fallas de funcionamiento en los demás componentes que hacen parte del sistema de combustible de los motores diésel.

Podemos preguntarnos porque se utilizan los motores Diésel con tanta generalidad. Ello no es simplemente porque sean productores de energía, ya que existen otras muchas formas de producir energía. Así, además de motores diésel, existen motores de gasolina, turbinas de gas, motores de vapor, turbinas de vapor y turbinas hidráulicas, mencionando solo algunas de las posibilidades. Todos estos mecanismos reciben el nombre genérico de máquinas motrices o generadoras. Así pues, la cuestión está claramente planteada si nos preguntamos porque, a la vista de la variedad de fuentes de energía, los motores Diésel suelen ser preferidos muy a menudo a las otras. (Luck, 1982) Esto permite evidenciar la demanda actual que existe en el mercado respecto a la adquisición de motores Diésel en el sector industrial y automotriz. Su diversidad de aplicaciones, alto rendimiento y energía generada; permite crear la necesidad que se tiene en la actualidad de contar con centros especializados en el mantenimiento periódico de estos elementos sea bien por kilómetros recorridos para los vehículos o bien horas de trabajo cuando estos motores cumplen la función de generadores de energía eléctrica en plantas industriales.

Los motores Diésel al estar clasificados como máquinas generadoras de energía donde su uso constante y algunas veces en condiciones severas de trabajo, más la baja calidad del combustible utilizado para el funcionamiento de estos, genera desgastes que obligan a la

intervención de manera periódica y cíclica de algunos componentes que son fundamentales para la correcta operación del tipo de bien donde se encuentren instalados estos tipos de motores para el caso de esta monografía; los inyectores de combustible.

5.2. Estado del Arte

En 1990 J.M Lucia Lucia, España, presenta su artículo Criterios para la Información de la Gestión del Mantenimiento donde indica en una breve historia del mantenimiento la necesidad de organizar adecuadamente el servicio de mantenimiento con la introducción de programas de mantenimiento preventivo y el control del mantenimiento correctivo nace ya hace varias décadas en base, fundamentalmente, al objetivo de optimizar la disponibilidad de los equipos productores. Posteriormente, la necesidad de minimizar los costos propios de mantenimiento acentúa esta necesidad de organización mediante la introducción de controles adecuados de costos.

Más recientemente, la exigencia a que la industria está sometida de optimizar todos sus aspectos, tanto de costos, como de calidad, como de cambio rápido de producto, conduce a la necesidad de analizar de forma sistemática las mejoras que puedan ser introducidas en la gestión (Lucia, 1990).

Santiago García Garrido, Msc, entre 2009 y 2012, establece en su trabajo Ingeniería de Mantenimiento, Manual práctico para la gestión eficaz del mantenimiento, que si se deja de efectuar mantenimiento preventivo a una instalación a corto plazo no sucederá nada. La instalación seguirá funcionando con normalidad e incluso se ahorrara dinero al no tener que realizar intervenciones. Pero en pocos meses la instalación comenzara a mostrar sus primeros síntomas de degradación, y en pocos años de una política continuada de mantenimiento poco adecuado la instalación estará degradada y se habrá convertido en una planta problemática: todo el dinero falsamente ahorrado y mucho más será ahora necesario para devolver la instalación a un grado de fiabilidad aceptable, y deberán realizarse grandes reparaciones y revisiones para ello. Incluso, es posible que la planta ya no vuelva nunca a su estado original (Garrido, Ingeniería de Mantenimiento - Manual practico para la gestion eficaz del mantenimiento, 2009-2012).

En 2010, José Molina, de la Unidad de Gestión de Riesgos de la Universidad Nacional de San Luis (Argentina), expone la necesidad de organizar adecuadamente el servicio de mantenimiento con la introducción de programas de mantenimiento preventivo y el control del mantenimiento correctivo hace ya varias décadas en base, fundamentalmente, al objetivo de optimizar la disponibilidad de los equipos productores.

Posteriormente, la necesidad de minimizar los costos propios de mantenimiento acentúa esta necesidad de organización mediante la introducción de controles adecuados de costos. Más recientemente, la exigencia a que la industria está sometida de optimizar todos sus aspectos, tanto de costos, como de calidad, como de cambio rápido de producto, conduce a la necesidad de analizar de forma sistemática las mejoras que pueden ser introducidas en la gestión, tanto técnica como económica del mantenimiento (Molina, 2010).

El Ingeniero Electricista Lourival Tabares de la ciudad de Brasil, en 1999 con su publicación *Administración Moderna de Mantenimiento*, aporta a la investigación en relación a los costos que la inversión inicial en mantenimiento planeado es mayor que el de mantenimiento no planeado y no elimina totalmente las fallas aleatorias, cuyo alto valor inicial es justificado por la inexperiencia del personal de mantenimiento que, al actuar en el equipo, altera su equilibrio operativo. Con el pasar del tiempo y al ganar experiencia, el mantenimiento aleatorio tiende a valores reducidos y estables. La suma general de los gastos del mantenimiento planeado y aleatorio, identificado como mantenimiento preventivo pasa a ser inferior al de mantenimiento por rotura (Tabares, 1999).

En 2005, Simón J. Fygueroa Salgado, PhD de la Universidad de Pamplona, Colombia mediante su trabajo *TECNICAS DE SEGUIMIENTO DEL ESTADO DE MOTORES DIESEL*, introduce que la actual demanda de mejores métodos para el mantenimiento de motores Diésel ha motivado un creciente interés en el potencial que ofrecen las modernas técnicas de seguimiento del estado. A pesar de las grandes posibilidades que presenta el seguimiento del estado, en la práctica su adopción ha sido bastante limitada. La razón principal de esta situación, está en que muchas características del estado del motor Diésel no son medibles directamente. Por el contrario, se deben deducir a partir de otros parámetros cuantificables, cuyos valores, frecuentemente, están influenciados por varios de sus diferentes sistemas y por los procesos que se producen en el motor, así como por las condiciones del entorno. Por esta razón, para obtener la información necesaria respecto a su estado, se

requiere personal altamente calificado junto con técnicas y equipos de análisis muy sofisticados (Salgado, 2005)

En 2007 el Profesor Asociado de la Universidad Nacional de Colombia Néstor Y. Rojas, en su trabajo Aire y problemas ambientales de Bogotá hace referencia al impacto ambiental que ocasionan los vehículos que para su funcionamiento incorporan motores Diésel dentro de sus componentes, contaminación que se puede atar con la falta de mantenimiento o mantenimiento inadecuado de estos elementos.

Considerando únicamente las fuentes móviles, se ha demostrado que los vehículos con motor Diésel, buses y camiones (alrededor de 50000 en Bogotá), contribuyen aproximadamente con el 90% del material particulado. Prácticamente todo el 10% restante es emitido por motocicletas con motores de dos tiempos, debido a la ineficiente combustión en estos motores. Muchos países alrededor del mundo han prohibido estas motocicletas y Colombia no debería ser la Excepción. La contribución de alrededor de 1 millón de vehículos particulares, en su mayoría a gasolina o gas natural, a las emisiones de material particulado, es prácticamente despreciable, aunque su contribución a la falta de movilidad es un factor no menos importante en la contaminación del aire (Rojas, 2007).

6. Tipo de Investigación

TIPO DE INVESTIGACIÓN	CARACTERÍSTICAS
<input type="checkbox"/> Histórica	Analiza eventos del pasado y busca relacionarlos con el presente.
<input type="checkbox"/> Documental	Analiza la información escrita sobre el tema objeto de estudio.
<input type="checkbox"/> Descriptiva	Reseña rasgos, cualidades o atributos de la población objeto de estudio.
<input type="checkbox"/> Correlacional	Mide grado de relación entre las variables de la población estudiada.
<input type="checkbox"/> Explicativa	Da razón del porque los fenómenos.
<input type="checkbox"/> Estudios de Caso	Analiza una unidad específica de un universo poblacional
<input type="checkbox"/> Seccional	Recoge información del objeto de estudio en oportunidad única.
<input type="checkbox"/> Longitudinal	Compara datos obtenidos en diferentes oportunidades o momentos de una misma población con el propósito de evaluar cambios.
<input type="checkbox"/> Experimental	Analiza el efecto producido por la acción o manipulación de una o más variables independientes sobre una o varias dependientes.

(Autores, 2016)

La presente monografía presenta como tipo de investigación el **ESTUDIO DE CASO**, donde se analizan 6 máquinas probadoras de inyectores marca Bosch las cuales hacen parte de los activos de un Laboratorio Diésel ubicado en la ciudad de Bogotá D.C. Esta muestra se toma de una cantidad incierta de probadoras de inyectores que pueden ser utilizadas a nivel mundial.

7. Marco Metodológico

7.1. Recolección de la Información

La fase de recolección de información se realizó en el mes de Agosto de 2016, fase en la cual se visitó la empresa Diésel de occidente para obtener toda la documentación correspondiente, la cual está debidamente soportada desde Enero de 2015 a Junio de 2016 ya que anteriormente no se llevaba ningún registro por parte de la empresa. La información obtenida corresponde los mantenimientos correctivos realizados a las 6 probadoras de inyectores donde se evidencian características como: repuestos reemplazados, reparación efectuada y tiempo durante el cual estuvo la máquina fuera de servicio. Adicional a lo anterior, también se tienen registros de trabajos realizados por garantía de los servicios prestados por la empresa, donde las fallas se originaron principalmente en vehículos en los que los inyectores de combustible fallaron luego de ser verificados en las mismas probadoras de inyectores. Esta documentación no se anexa a la presente investigación ya que corresponde a los archivos que reposan en la Gerencia General de la empresa para seguimiento y contabilidad. Por lo tanto toda la información obtenida se plasmó en tablas y análisis relacionados más adelante.

Tabla 2. Periodicidad de las fallas (Autores, 2016)

FALLAS PRESENTADAS DURANTE EL PERIODO DE ANALISIS										
PROBADORA	ene-15	feb-15	abr-15	jun-15	ago-15	oct-15	dic-15	feb-16	mar-16	abr-16
PDI1										
PDI2										
PDI3										
PDI4										
PDI5										
PDI6										

Tabla 3. Fallas presentadas en las probadoras año 2015 (Autores, 2016)

AÑO 2015	CANTIDAD DE FALLAS
ENERO	2
FEBRERO	1
ABRIL	4
JUNIO	2
AGOSTO	4
OCTUBRE	1
DICIEMBRE	3
TOTAL	17

Tabla 4. Fallas presentadas en las probadoras de enero a junio 2016 (Autores, 2016)

AÑO 2016	CANTIDAD DE FALLAS
FEBRERO	3
MARZO	3
ABRIL	2
JUNIO	2
TOTAL	10

Tabla 5. Causa de Falla (Autores, 2016)

ORIGEN DE FALLA	FALLAS PRESENTADAS	PORCENTAJE
LIQUIDO DE PRUEBA CONTAMINADO	12	44%
FILTROS CONTAMINADOS	8	30%
MANOMETROS DESCALIBRADOS	7	26%
TOTAL	27	100%

7.1.1 Origen de las fallas por cada probadora

Para establecer la vida útil de los componentes que originaron las fallas presentadas en cada una de las probadoras de inyectores se registran desde la Tabla 6 a la Tabla 11 la periodicidad de las paradas de las máquinas junto con el componente que la origino.

Tabla 6. Fallas en probadora de inyectores No. 1 (Autores, 2016)

FALLAS EN PDI1	
FECHA	ORIGEN
abr-15	LIQUIDO DE PRUEBA CONTAMINADO
ago-15	LIQUIDO DE PRUEBA CONTAMINADO
dic-15	FILTROS CONTAMINADOS
mar-16	MANOMETROS DESCALIBRADOS
jun-16	FILTROS CONTAMINADOS

Tabla 7. Fallas en probadora de inyectores No. 2 (Autores, 2016)

FALLAS EN PDI2	
FECHA	ORIGEN
ene-15	FILTROS CONTAMINADOS
jun-15	LIQUIDO DE PRUEBA CONTAMINADO
oct-15	LIQUIDO DE PRUEBA CONTAMINADO
feb-16	MANOMETROS DESCALIBRADOS

Tabla 8. Fallas en probadora de inyectores No. 3 (Autores, 2016)

FALLAS EN PDI3	
FECHA	ORIGEN
ene-15	LIQUIDO DE PRUEBA CONTAMINADO
abr-15	MANOMETROS DESCALIBRADOS
jun-15	LIQUIDO DE PRUEBA CONTAMINADO
feb-16	FILTROS CONTAMINADOS
jun-16	FILTROS CONTAMINADOS

Tabla 9. Fallas en probadora de inyectores No. 4 (Autores, 2016)

FALLAS EN PDI4	
FECHA	ORIGEN
abr-15	MANOMETROS DESCALIBRADOS
ago-15	MANOMETROS DESCALIBRADOS
dic-15	LIQUIDO DE PRUEBA CONTAMINADO
mar-16	LIQUIDO DE PRUEBA CONTAMINADO

Tabla 10. Fallas en probadora de inyectores No. 5 (Autores, 2016)

FALLAS EN PDI5	
FECHA	ORIGEN
abr-15	MANOMETROS DESCALIBRADOS
ago-15	MANOMETROS DESCALIBRADOS
dic-15	LIQUIDO DE PRUEBA CONTAMINADO
mar-16	FILTROS CONTAMINADOS
abr-16	LIQUIDO DE PRUEBA CONTAMINADO

Tabla 11. Fallas en probadora de inyectores No, 6 (Autores, 2016)

FALLAS EN PDI6	
FECHA	ORIGEN
feb-15	FILTROS CONTAMINADOS
ago-15	FILTROS CONTAMINADOS
feb-16	LIQUIDO DE PRUEBA CONTAMINADO
abr-16	LIQUIDO DE PRUEBA CONTAMINADO

Tabla 12- Cantidad de fallas por componente (Autores, 2016)

ORIGEN	PDI1	PDI2	PDI3	PDI4	PDI5	PDI6
LIQUIDO DE PRUEBA CONTAMINADO	2	2	2	2	2	2
FILTROS CONTAMINADOS	2	1	2	0	1	2
MANOMETROS DESCALIBRADOS	1	1	1	2	2	0

7.2. Análisis de la Información

En el análisis de la información, mediante gráficas que permiten observar el comportamiento que han presentado las máquinas probadoras de inyectores en el tiempo objeto de análisis, se evidencia la cantidad de fallas y el tiempo promedio entre estas, asociadas así a las distintas fuentes que las originaron

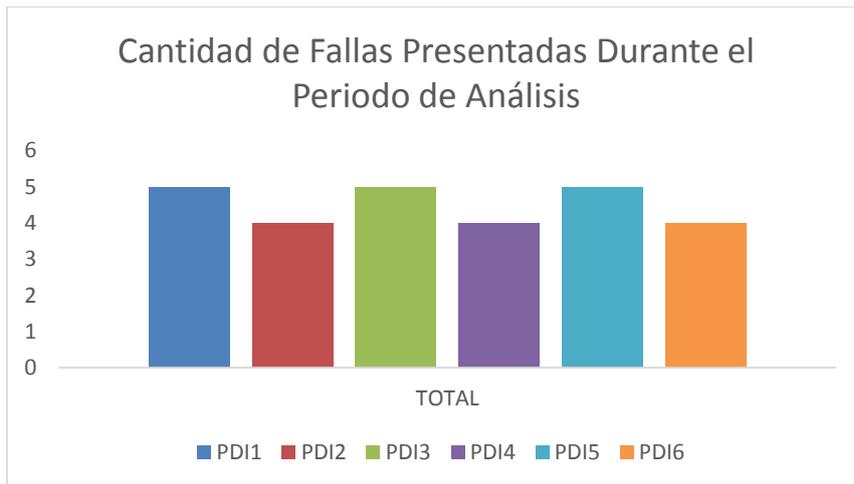


Ilustración 1. Cantidad de fallas durante el tiempo de analisis (Autores, 2016)

La ilustración 1 permite evidenciar la cantidad de fallas presentadas en el periodo comprendido entre Enero de 2015 a Junio de 2016, donde se alcanzó un máximo de 5 fallas en las probadoras 1,3 y 5 y un mínimo de 4 fallas en las probadoras 2,4 y 6, las cuales con un promedio de 4,5 fallas por máquina en 18 meses, permite evidenciar la necesidad de tomar las medidas correspondientes para disminuir la periodicidad de fallas y así mismo el hecho de incurrir en gastos de mantenimiento correctivo.

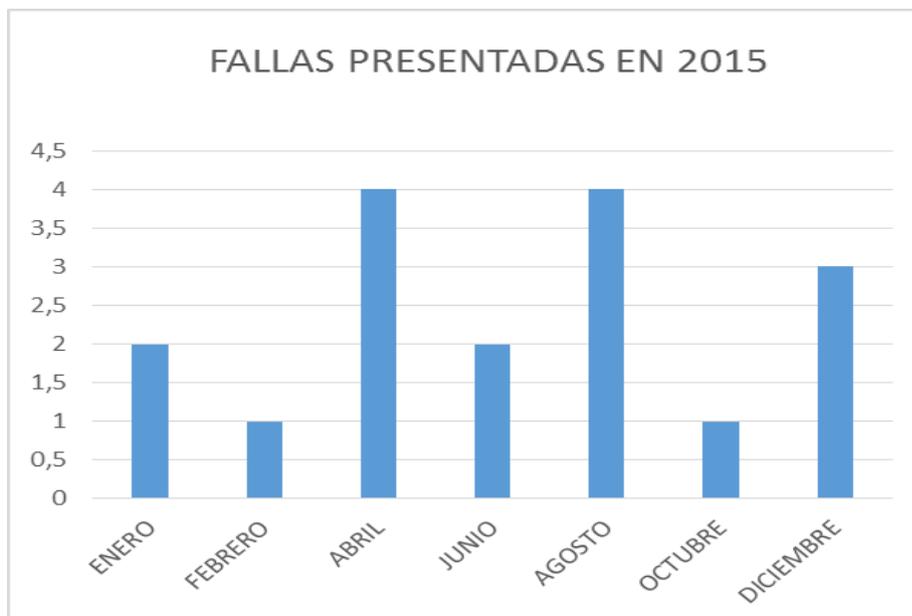


Ilustración 2. Cantidad de fallas por mes año 2015 (Autores, 2016)

En la ilustración número 1, se evidencian 17 fallas presentadas en las probadoras de inyectores durante el año 2015; fallas que representan el 63% de un total de 27 fallas que fueron necesarias solucionar mediante mantenimientos correctivos.

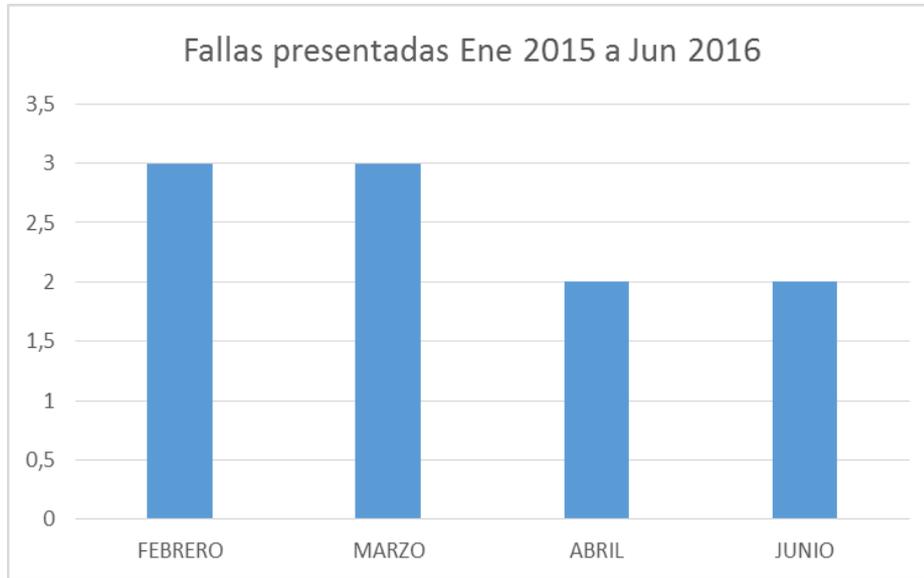


Ilustración 3. Cantidad de fallas por mes primer semestre 2016 (Autores, 2016)

En la ilustración número 2 se evidencian 10 fallas presentadas en las probadoras de inyectores durante el primer semestre de 2016; fallas que representan el 37% de un total de 27 fallas que fueron necesarias solucionar mediante mantenimientos correctivos.

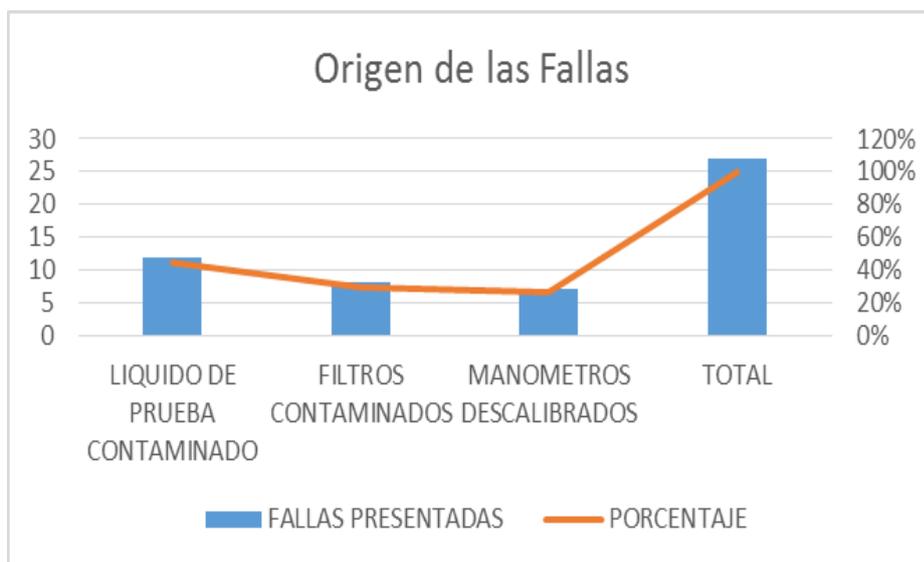


Ilustración 4. Origen de las fallas (Autores, 2016)

La ilustración 4 define los componentes fundamentales de las probadoras de inyectores y que son los causantes de las fallas presentadas en estas máquinas, así mismo de los 27 mantenimientos correctivos que se realizaron, se observa que el componente que más insidioso en estas es líquido de pruebas con el cual se realiza la limpieza de los inyectores el cual contribuye con el 44% de las fallas presentadas, seguido por los filtros con un 30% y con menor índice de incidencia los manómetros con un 26%.

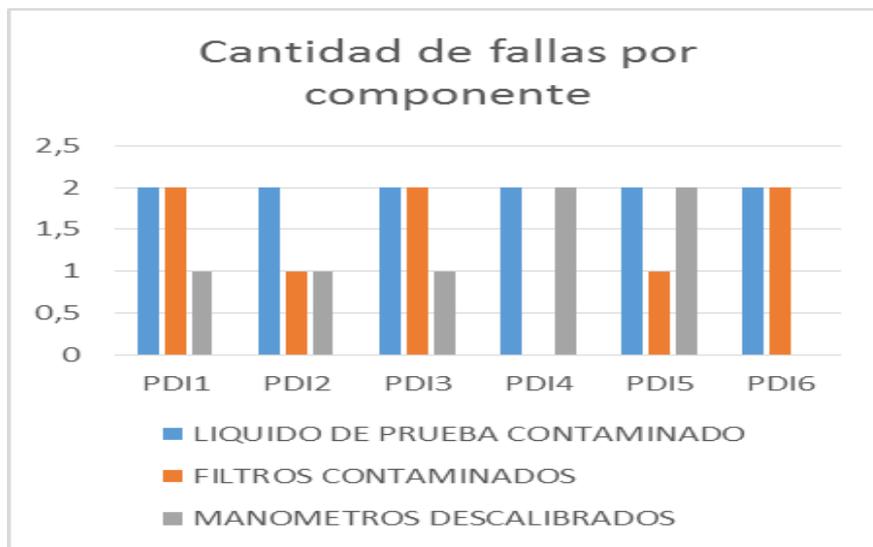


Ilustración 5. Cantidad de fallas por componente (Autores, 2016)

Mediante la tabla 12 – cantidad de fallas por componente y la ilustración 5, se evidencia la vida útil que están teniendo los componentes que son objeto de mantenimiento en las probadoras, así las cosas se puede determinar la siguiente información:

- Líquido de pruebas: El líquido de pruebas al perder sus propiedades y luego de no haber sido reemplazado en un tiempo apropiado, genera fallas en las probadoras de inyectores alrededor de cada cuatro meses.
- Filtros: Los filtros al estar demasiado contaminados obstruyeron el paso del líquido de pruebas generando fallas en las probadoras de inyectores alrededor de cada 6 meses.

- Manómetros: Los manómetros de presión al estar fuera de parámetros arrojaron datos erróneos que generaron fallas en las probadoras de inyectores alrededor de cada 6 meses.

7.3. Propuestas de Solución

Para dar solución a los objetivos planteados al inicio de la investigación, se consolidó toda la información suministrada por la empresa, para luego de un análisis profundo determinar el plan de mantenimiento para las probadoras de inyectores que mejor se acomode a las necesidades de Diésel de Occidente, es como de esta manera se sugiere implantar un plan de mantenimiento preventivo para las 6 máquinas donde se registren las actividades de inspección, reemplazo de componentes y periodicidad con que se debe realizar, este plan de mantenimiento se encuentra en el Anexo No. 1 de la presente investigación.

7.4. Resultados Esperados

Con la implementación de este plan de mantenimiento preventivo se buscan obtener resultados que beneficien la compañía tanto en lo económico como en el desarrollo normal de sus actividades operativas y de servicio a los clientes, ya que al reducir el índice de fallas de las probadoras de inyectores, se disminuyen los gastos que conllevan las reparaciones por mantenimientos correctivos y así mismo se dispone de las máquinas la mayor parte del tiempo para que presten el servicio para que el que fueron adquiridas.

7.4.1 Económicos

Con la implementación de un plan de mantenimiento preventivo anual, la economía de la empresa se beneficiara ampliamente, toda vez que la inversión se realiza una vez iniciando el año, lo cual asegura no incurrir en gastos adicionales de mantenimiento durante este periodo de tiempo. Lo anterior debido a que el hecho de detener una máquina de este tipo durante 3 días que tarda programar el mantenimiento correctivo con un proveedor externo, podría generar pérdidas amplias para la empresa.

7.4.2 Operativos

La parte de servicio se beneficia toda vez que no se realizan paradas por fallas en las máquinas, razón que permite tener el nivel de producción al máximo, optimizando el tiempo de los técnicos y de esta manera reducir los tiempos muertos, así mismo las operaciones de servicio a clientes se realizan en los tiempos establecidos permitiendo entregar los trabajos en el menor tiempo posible

8. Fuentes de Obtención de la Información

8.1. Fuentes Primarias

En el desarrollo de la presente investigación, como fuente primaria de información se cuenta con documentación suministrada por Diésel de Occidente, en donde se evidencia la cantidad de mantenimientos correctivos y repuestos reemplazados a las probadoras de inyectores, adicional a esto la empresa autorizo el ingreso a las órdenes de servicios efectuados a diferentes clientes que posterior a la revisión efectuada, retornaron por garantía manifestando casos como pérdida de fuerza en los motores e inestabilidad en las revoluciones del motor; casos que luego de ser analizados evidenciaron problemas de diagnóstico en las probadoras de inyectores

8.2. Fuentes Secundarias

Como fuentes complementarias de información en esta investigación, se contó con el apoyo de las fuentes bibliográficas consultadas como libros, tesis, manuales y artículos publicados en la red, las cuales aportan las bases teóricas para determinar por qué se deben implementar los planes de mantenimiento preventivo y los beneficios que obtienen las empresas con la implementación de estos.

9. Análisis Financiero

La implementación de un plan de mantenimiento y sus costos están sujetos a la periodicidad con que decidan realizarse las intervenciones a las probadoras de inyectores, teniendo en cuenta los valores de los repuestos que fuese necesario reemplazar y los reconocimientos económicos que se deseen asignar a los técnicos de la empresa que se asignen para esta labor, así las cosas, el costo estimado para el plan de mantenimiento teniendo en cuenta los precios vigentes de repuestos en el mercado sería el siguiente:

MANO DE OBRA				
ITEM	VALOR (UND)	VALOR IVA INCLUIDO	CANTIDADES REQUERIDAS PARA UN AÑO (PARA 6 PROBADORAS)	VALOR TOTAL
FILTROS DE COMBUSTIBLE	\$ 47.800,00	\$ 55.448,00	18	\$ 998.064,00
LIQUIDO DE PRUEBA	\$ 7.391,00	\$ 7.391,00	18	\$ 133.038,00
			TOTAL	\$ 1.131.102,00
MANO DE OBRA				
ITEM	VALOR (UND)	VALOR IVA INCLUIDO	CANTIDADES REQUERIDAS PARA UN AÑO (PARA 6 PROBADORAS)	VALOR TOTAL
CALIBRACION DE MANOMETROS	\$ 236.000,00	\$ 273.760,00	18	\$ 4.927.680,00
SERVICIO DE MANTENIMIENTO	\$ 200.000,00	\$ 232.000,00	36	\$ 8.352.000,00
			TOTAL	\$ 13.279.680,00
			TOTAL PLAN DE MANTENIMIENTO	\$ 14.410.782,00

Ilustración 6. Costos Plan de Mantenimiento (Autores, 2016)

10. Talento Humano

La investigación realizada en esta compañía y los resultados obtenidos a través del análisis de la información, permiten generar cambios positivos que benefician a cada una de las áreas que conforman la organización de la empresa, obteniendo así una satisfacción completa, tanto del personal como de los clientes que requieren los servicios que se prestan en la compañía.

Estos cambios impactan directamente en las áreas de la empresa de la siguiente manera:

Gerente General: Para el Gerente de la empresa las finanzas variaran a su favor y se disminuirá el gasto de recursos en mantenimientos correctivos. Así mismo, la satisfacción de los clientes aumentara logrando posicionar la empresa entre una de las más confiables del sector, soportado en la calidad de los servicios prestados.

Técnicos y Parte Operativa: Reducir la periodicidad de las fallas que se presentan en las máquinas probadoras de inyectores permite que estas estén siempre disponibles y operando de manera adecuada, esto con el fin de que los técnicos puedan realizar sus labores de manera adecuada y en el menor tiempo posible, y con esto aumentar sus ingresos ya que el salario que devengan depende de los trabajos que se realicen y no a un salario fijo.

Clientes: Se garantizan para los clientes trabajos con excelente calidad y garantía de funcionamiento sobre los trabajos realizados, se optimizan los tiempos de entrega de los servicios prestados, permitiendo así que los clientes cuenten con sus productos en el momento requerido.

11. Conclusiones y Recomendaciones

11.1. Conclusiones

- Los estudios realizados a la confiabilidad de las probadoras de inyectores, evidencian que las fallas se presentaron de manera general y en cada una de ellas con un promedio de 4,5 fallas en 18 meses, evidenciando así la necesidad de ser intervenidas periódicamente.
- La información consultada sobre los mantenimientos correctivos a que hubo lugar para retornar las máquinas a su estado normal de funcionamiento, se realizaron con una periodicidad entre 4 y 6 meses según el componente que presentara inconvenientes tales como falta de ajuste, desgaste y contaminación por deterioro.
- Las fallas presentadas se originaron debido a 3 componentes que son fundamentales para el funcionamiento de las probadoras de inyectores como lo son: los manómetros de prueba que se encontraban fuera de parámetros, filtros contaminados y obstruidos y líquido de prueba contaminado.

11.2. Recomendaciones

- Con el análisis realizado a la información suministrada y con los resultados obtenidos, es viable implementar un plan de mantenimiento preventivo en las probadoras de inyectores que permita garantizar su funcionamiento y disminuir el riesgo de fallas.
- Teniendo en cuenta que los mantenimientos preventivos que deben realizarse en las probadoras de inyectores no requieren de tecnologías avanzadas, es viable realizar una capacitación acerca del buen uso, mantenimiento y cuidados de las probadoras de inyectores al mismo personal que hace parte de la planta de Diésel de Occidente con el fin de no incurrir en gastos de contratistas que realicen estas operaciones.

- Teniendo en cuenta que la ejecución del plan de mantenimiento será desarrollada por los técnicos de la misma empresa, se debe contar con un stock de los repuestos que deben ser reemplazados periódicamente y así mismo las herramientas necesarias para poner dentro de parámetros los elementos que requieren calibración y puesta a punto

12. Bibliografía

1. Autores. (2016). Propuesta de un plan de mantenimiento para las probadoras de inyectores de la empresa Diesel de Occidente. Bogota: ECCI.
2. Bona, J. M. (1999). GESTION DEL MANTENIMIENTO.
3. Cabanas, M. F., Garcia Melero, M., Alonso Orcajo, G., Cano Rodriguez, J., & Solares Sario, J. (1998). Tecnicas Para el Mantenimiento y Diagnostico de Maquinas Electricas Rotativas.
4. Calleja, D. G. (s.f.). Mantenimiento de sistemas auxiliares del motor de ciclo diesel .
5. Calleja, D. G. (s.f.). Mantenimiento mecanico preventivo del motor .
6. Carrasco, F. j. (s.f.). La gestion del conocimiento en la ingenieria del mantenimiento industrial. omniascience.
7. Fernandez, F. J. (2005). TEORIA Y PRACTICA DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL AVANZADO.
8. Ferrer , J., & Checa, G. (2010). Mantenimiento mecanico preventivo del vehiculo.
9. Garrido, S. G. (2003). Organizacion y Gestion Integral de Mantenimiento.
10. Garrido, S. G. (2009-2012). Ingenieria de Mantenimiento - Manual practico para la gestion eficaz del mantenimiento. Madrid.
11. Lucia, J. L. (1990). Criterios para la informacion de la gestion del mantenimiento. RM Revista Mantenimiento No. 1.
12. Luck, E. J. (1982). Motores Diesel y de gas de alta compresion. Reverte S.A.
13. Manual especifico viajero . (2007).
14. Molina, J. (2010). Mantenimiento y Seguridad Industrial.
15. Parera, A. M. (1996). Inyeccion Electronica en Motores Diesel.
16. Parra Marquez, C. A., & Crespo Marquez, A. (2012). Ingenieria de Mantenimiento y Fiabilidad Aplicada a la Gestion de Activos.
17. Pauro, R. (2007). Indicadores de mantenimiento: Qué se debe medir y por qué. Indicadores de mantenimiento: Qué se debe medir y por qué., 4.
18. Ruiz, A. C. (1981). Principios De Mantenimiento.
19. Sacristan, F. R. (2001). Mantenimiento Integral En La Empresa .

20. Tabares, L. (1999). Administracion Moderna de Mantenimiento . Brasil.

21. zubia, a. p. (2010). Mantenimiento mecanico preventivo del vehiculo. Madrid: Aran.

13. Anexos

- 1- Plan de mantenimiento recomendado para las máquinas probadoras de inyectores.

CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA LAS PROBADORAS DE INYECTORES PARA UN AÑO												
ITEM	Mes No. 1	Mes No. 2	Mes No. 3	Mes No. 4	Mes No. 5	Mes No. 6	Mes No. 7	Mes No. 8	Mes No. 9	Mes No. 10	Mes No. 11	Mes No. 12
LIQUIDO DE PRUEBAS	Reemplazar	Inspeccionar	Inspeccionar	Inspeccionar	Reemplazar	Inspeccionar	Inspeccionar	Inspeccionar	Reemplazar	Inspeccionar	Inspeccionar	Inspeccionar
FILTROS PARA LIQUIDO DE PRUEBAS	Reemplazar	Inspeccionar	Inspeccionar	Inspeccionar	Inspeccionar	Reemplazar	Inspeccionar	Inspeccionar	Inspeccionar	Inspeccionar	Reemplazar	Inspeccionar
MANOMETROS	Calibrar	Inspeccionar	Inspeccionar	Inspeccionar	Inspeccionar	Calibrar	Inspeccionar	Inspeccionar	Inspeccionar	Inspeccionar	Calibrar	Inspeccionar

Ilustración 7. Plan de Mantenimiento a Implementar (Autores, 2016)

