

**APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA RCM EN LA UNIDAD PORTATIL DE  
ILUMINACIÓN (PLU-PLANTA ESTADIO) DE LA EMPRESA FERRETRONIC  
LTDA.**

**OSCAR DARIO CHAPARRO RIOS**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER (UIS)  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECANICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECANICA  
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO  
BUCARAMANGA  
2016**

**APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA RCM EN LA UNIDAD PORTATIL DE  
ILUMINACIÓN (PLU-PLANTA ESTADIO) DE LA EMPRESA FERRETRONIC  
LTDA.**

**OSCAR DARIO CHAPARRO RIOS**

**Monografía de Grado presentada como requisito para optar el título de  
Especialista en Gerencia de Mantenimiento**

**Director: JUAN CARLOS ZUBIETA RODRIGEZ  
Ingeniero de Sistemas  
Especialista en Gerencia de Mantenimiento**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER (UIS)  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECANICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECANICA  
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO  
BUCARAMANGA  
2016**

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por darme la sabiduría y el discernimiento para tomar siempre el mejor camino.

A mi Novia por su paciencia y su amor.

A mis padres por sus buenos consejos.

A mi director de monografía Juan Carlos Zubieta por su direccionamiento

Al gerente de Ferretronic Ltda, Jaime Garzon por su gran colaboración.

## CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION .....	12
1. FERRETRONIC LTDA.....	13
1.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA .....	13
1.1.1 Organigrama de la empresa.....	14
1.1.2 Proceso diario de prestación de servicios .....	15
1.2 FORMULACIÓN PROBLEMA.....	15
1.3 SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA .....	16
1.4 OBJETIVO GENERAL .....	16
1.4.1 Objetivos específicos .....	16
1.5 JUSTIFICACION .....	17
2. MARCO TEORICO .....	18
2.1 GRUPO ELECTRÓGENO.....	18
2.2 MANTENIMIENTO INDUSTRIAL.....	19
2.3 MANTENIMIENTO CORRECTIVO .....	20
2.4 MANTENIMIENTO PREVENTIVO .....	20
2.5 MANTENIMIENTO PREDICTIVO .....	22
2.6 MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD.....	23
2.7 LAS SIETE PREGUNTAS BÁSICAS DEL RCM .....	24
3. RECOLECCIÓN Y TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN .....	25
3.1 ANALISIS FUNCIONAL PLANTA ESTADIO FTC-PLU-001.....	25
3.2 EL MOTOR .....	26
3.3 SISTEMA ADMISIÓN Y ESCAPE.....	26
3.4 SISTEMA DE SISTEMA DE INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE .....	28
3.5 SISTEMA DE LUBRICACIÓN .....	29
3.6 SISTEMA DE REFRIGERACIÓN.....	30

3.7 SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN MECÁNICA .....	31
3.8 SISTEMA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA .....	32
3.9 SISTEMA ELÉCTRICO Y DE CONTROL .....	33
3.10 SISTEMA DE ILUMINACIÓN .....	35
3.11 BANCADA.....	36
3.12 CUBIERTA.....	36
4. PROPUESTA .....	38
4.1 TAXONOMÍA DE LOS SISTEMAS.....	38
4.2 ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE LOS SISTEMAS .....	43
4.3 SELECCIÓN DEL SISTEMA CRÍTICO. ....	45
4.4 DETERMINACIÓN DEL CONTEXTO OPERATIVO .....	47
4.5 ANÁLISIS DE FALLAS FUNCIONALES. ....	51
4.6 DEFINICIÓN DE MODOS DE FALLA. ....	51
4.7 DEFINICIÓN DE EFECTOS DE LAS FALLAS.....	53
4.8 ANÁLISIS DE RIESGO DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA.....	59
4.9 SELECCIÓN DE TAREAS Y PERIODICIDAD .....	71
4.10 PLAN DE MANTENIMIENTO PROPUESTO .....	78
4.11 RECOMENDACIONES PLAN DE MANTENIMIENTO PROPUESTO.....	80
4.12 INDICADOR A SER PRESENTADO A GERENCIA.....	81
4.12.1 DISPONIBILIDAD POR AVERIAS .....	81
5. CONCLUSIONES .....	82
BIBLIOGRAFIA.....	83

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Instalaciones Comerciales de Ferretronic Ltda.....	13
Figura 2. Organigrama FERRETRONIC LTDA.....	14
Figura 3. Unidad Portátil de Iluminación.....	19
Figura 4. Partes del Motor.....	27
Figura 5. Colector de Admisión.....	27
Figura 6. Sistema de Escape.....	28
Figura 7. Sistema de Inyección.....	29
Figura 8. Componentes del Sistema de lubricación.....	30
Figura 9. Sistema de refrigeración.....	31
Figura 10. Sistema de Distribución Mecánica.....	32
Figura 11. Sistema de Generación Eléctrica.....	33
Figura 12. Cuadro de Control FTC-PLU-001.....	34
Figura 13. Alternador.....	34
Figura 14. Sistema de iluminación.....	35
Figura 15. Dimensiones de la FTC-PLU-001.....	36
Figura 16. Cubierta y Bancada.....	37
Figura 17. Taxonomía de equipos en la industria según norma ISO 14224.....	38
Figura 18. Matriz Valoración de Criticidad de Sistemas.....	46
Figura 19. Diagrama de flujo del RCM.....	47

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Características técnicas de la FTC-PLU-001.....	26
Tabla 2. Taxonomía Planta Estadio FTC-PLU-001.....	39
Tabla 3. Criterios de Valoración para el Análisis de Criticidad.....	43
Tabla 4. Resultados del Análisis de Criticidad de los Sistemas.....	45
Tabla 5. Definición de Entradas, Salidas y Funciones.....	49
Tabla 6. Definición de Fallas Funcionales.....	51
Tabla 7. Definición de Modos de Falla.....	52
Tabla 8. Definición de Efectos de las Falla.....	53
Tabla 9. Matriz de Nivel de Criticidad.....	59
Tabla 10. Criterios de Evaluación de Criticidad.....	60
Tabla 11. Resultados del Análisis de Riesgo de Modos y Efectos de Falla.....	61
Tabla 12. Selección de Tareas y Periodicidad.....	72
Tabla 13. Tareas y Periodicidad.....	78
Tabla 14. Disponibilidad por Averías Sin RCM.....	81
Tabla 15. Disponibilidad por Averías Con RCM.....	81

## RESUMEN

**TÍTULO:** APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA RCM EN LA UNIDAD PORTÁTIL DE ILUMINACIÓN (PLU-PLANTA ESTADIO) DE LA EMPRESA FERRETRONIC LTDA.\*

**AUTOR:** OSCAR DARIO CHAPARRO RIOS \*\*

**PALABRAS CLAVES:** Grupo electrógeno, RCM, Confiabilidad, Riesgo.

### **DESCRIPCIÓN:**

La presente Monografía de grado presenta el ejercicio de aplicar la metodología RCM a uno de los sistemas de un grupo electrógeno en la empresa Ferretronic Ltda. Se busca presentar un piloto para la posible implementación a futuro de la metodología en todos los equipos de la empresa, esto para mostrar una manera de hacer la gestión integral de los activos, con la aplicación de la metodología RCM en la unidad portátil de iluminación (PLU-PLANTA ESTADIO) de la empresa Ferretronic Ltda, se aumentaría la confiabilidad de este equipo, ya que se minimizaría la ocurrencia de mantenimientos no programados, con lo cual se aliviarían los costos de mantenimientos correctivos, el nivel de riesgo de las personas bajaría en la manipulación del equipo. Todo lo anterior garantizaría una buena imagen de la empresa ante sus Clientes.

De acuerdo a los resultados del ejercicio anterior, se le presentara a la gerencia y demás directivos de la empresa Ferretronic, el indicador de Disponibilidad por Averías. Con este indicador se puede evaluar las horas promedio totales de parada de la maquina por avería al mes, a fin de mostrar los beneficios que representaría para la organización, el realizar a futuro un plan de mantenimiento, basados en la misma estrategia para el resto de equipos de la empresa.

---

\* Monografía de especialización

\*\* Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Especialización en Gerencia de Mantenimiento.  
Director. Juan Carlos Zubieta Rodriguez, Ingeniero de Sistemas

## **ABSTRACT**

**TÍTULO:** APPLICATION OF THE METHODOLOGY RCM IN THE BODYPACK LIGHTING (PLU-PLANT STADIUM) FERRETRONIC COMPANY LTDA \*

**AUTHOR:** OSCAR DARIO CHAPARRO RIOS \*\*

**KEYWORDS:** Generator, RCM, Reliability, Risk.

### **DESCRIPCIÓN:**

This degree Monograph presents the exercise of the RCM methodology applied to one of the systems of a generator in the company Ferretronic Ltda. It seeks to present a pilot for possible future implementation of the methodology in all company equipment. This to show a way to make the integrated management of assets, with the application of the methodology RCM in the bodypack lighting (PLU-PLANT STADIUM) Ferretronic company Ltda, the reliability of this equipment would increase, since the occurrence of unscheduled maintenance are minimized, thus corrective maintenance costs would be alleviated, the risk level of people would drop in handling the equipment. All this would ensure a good image of the company to its customers.

According to the results of the previous fiscal year, the management and other managers of the company Ferretronic, the indicator of Availability for malfunctions will be presented. With this indicator it is possible to evaluate the total average hours of machine shutdown per breakdown per month, in order to show the benefits that would represent for the organization, to make a maintenance plan in the future, based on the same strategy for the rest of Equipment of the company.

---

\* Monograph

\*\* School of Mechanical Engineering, Maintenance Management Specialization. Director Juan Carlos Zubieta Rodriguez, Systems Engineer

## INTRODUCCION

Ferretronic Ltda es una empresa 100% casanareña que está buscando el mejoramiento continuo de sus procesos, por lo cual está muy interesada en conocer cómo puede aplicar la metodología RCM en sus grupos electrógenos, y así mejorar la confiabilidad y las condiciones de trabajo de sus equipos. Se plantea la posibilidad de aplicar los conceptos técnicos de la metodología RCM a un sistema crítico de la unidad portátil de iluminación FTC-PLU-01, de la empresa FERRETRONIC LTDA, para establecer las tareas de Mantenimiento acordes al sistema seleccionado. Por lo cual, este proyecto de grado podrá ser utilizado por FERRETRONIC LTDA como piloto para generar planes de mantenimiento a todos sus grupos electrógenos.

En el capítulo uno se dio un contextualización de Ferretronic Ltda y se planteó el problema a solucionar, en el capítulo dos se describieron los conceptos básicos que se van a tratar en el ejercicio, en el capítulo tres dio una descripción general de cada uno de los sistemas que componen la unidad portátil de iluminación FTC-PLU-01, de la empresa FERRETRONIC LTDA. En el capítulo cuatro se propone una solución al problema planteado, esto con una propuesta de taxonomía de los principales sistemas que componen la unidad portátil de iluminación FTC-PLU-01, se escoge el sistema más crítico, y se describe la metodología para el desarrollo de la hoja de trabajo RCM para ese sistema crítico, de donde se obtuvo como resultado las tareas de mantenimiento para el sistema seleccionado, finalmente se plantearon una recomendaciones y se determinaron las conclusiones finales.

## 1. FERRETRONIC LTDA.

### 1.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

En el municipio de Yopal (Casanare), se encuentra ubicada la empresa FERRETRONIC LTDA, la cual tiene como objeto el alquiler de grupos electrógenos, construcción de redes eléctricas de alta, media y baja tensión, suministro de material eléctrico, misceláneo y servicios especializados.

La empresa FERRETRONIC LTDA cuenta con dos instalaciones, una ubicada en el centro de la ciudad, donde posee un almacén comercial destinado al suministro de material eléctrico y misceláneo, con un área de 200 metros cuadrados; la segunda instalación en la zona industrial de Yopal, de dimensiones 25 metros de ancho por 45 metros de largo, donde se desarrollan las operaciones de la empresa, posee bodega de materiales consumibles, oficinas administrativas, bodega de herramientas, patio de mantenimiento de grupos electrógenos, parqueadero de grupos electrógenos para alquiler y baterías de baños.

Figura 1. Instalaciones comerciales de Ferretronic Ltda.



Fuente: Brochure Empresa Ferretronic Ltda.

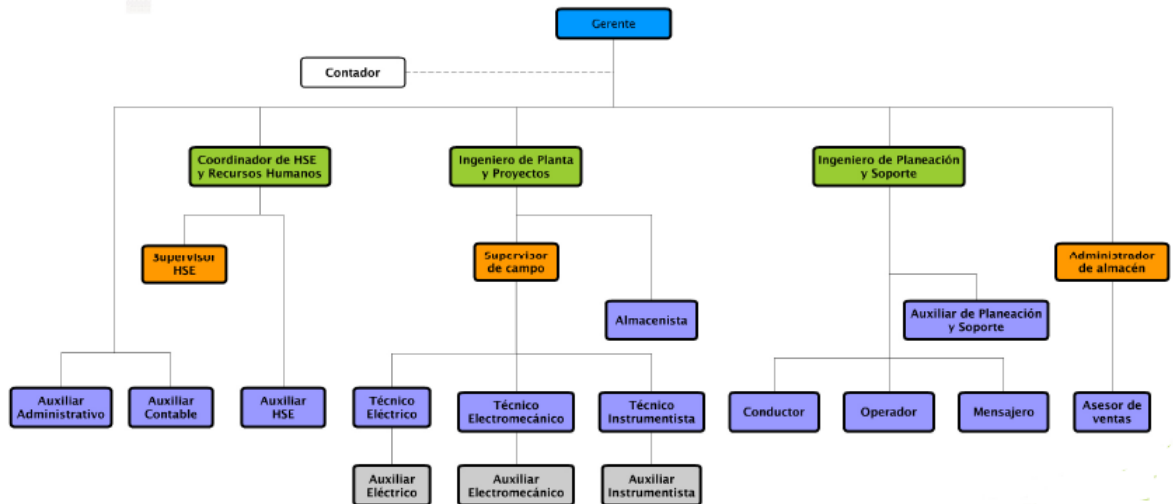
Entre las principales actividades comerciales de FERRETRONIC LTDA, se encuentra el alquiler de grupos electrógenos, como es el caso de las PLU (Unidad de Iluminación Portátil), las cuales son utilizadas para trabajos nocturnos de

mantenimiento y operación en la industria OIL and GAS.

FERRETRONIC LTDA tiene como objetivo consolidarse ante sus clientes como una empresa líder en la región, por lo cual necesita que sus equipos cumplan con los más altos estándares de calidad y generen un alto nivel de confiabilidad, así ayudar a sus clientes a reducir riesgos, garantizar la seguridad y mejorar el rendimiento de sus operaciones, en especial la operación y mantenimiento de las facilidades en horario nocturno.

**1.1.1 Organigrama de la empresa** La empresa FERRETRONIC LTDA tiene 15 empleados encargados de suplir las actividades diarias operativas, 10 empleados administrativos, y 5 asesores comerciales encargados de las ventas en mostrador, la figura 2 muestra el organigrama actual en la empresa.

Figura 2. Organigrama FERRETRONIC LTDA.



Fuente: Empresa FERRETRONIC LTDA.

Ferretronic Ltda cuenta con técnicos de instalaciones eléctricas domiciliarias e industriales, técnicos de mantenimiento Eléctrico y electrónico y técnicos de mantenimiento electromecánico, con amplia experiencia en la ejecución directa de obras para servicios petroleros.

**1.1.2 Proceso diario de prestación de servicios** La mayoría de servicios que FERRETRONIC LTDA presta a sus diferentes clientes se desarrollan en las operaciones en campo (facilidades de operación), los servicios prestados por la empresa son los siguientes.

- Montajes electromecánicos.
- Alquiler de grupos electrógenos.
- Construcción de infraestructura física e industrial.
- Alquiler y servicio de grúa telescópica.
- Construcción de redes eléctricas de media y baja tensión.
- Diseño, consultoría y construcción de sistemas eléctricos de potencia y control para procesos industriales.
- Suministro de material eléctrico misceláneo y especializado.
- Alquiler y servicio de camión canasta dieléctrico certificado
- Alquiler y servicio y servicio de planta estadios.
- Alquiler y servicio de grúa telescópica montada sobre camión.

Ferretronic Ltda además de las actividades mencionadas, desarrolla en su área de operaciones el mantenimiento preventivo y correctivo de todos sus equipos y herramientas.

## **1.2 FORMULACIÓN PROBLEMA**

Los directivos de la Empresa FERRETRONIC LTDA dentro de su proceso de mejoramiento continuo, tienen proyectado generar mejores planes de mantenimiento a sus grupos electrógenos, mediante la implementación de estrategias de mantenimiento basados en la metodología RCM con lo cual buscan mejorar confiabilidad y las condiciones de trabajo de sus equipos.

### **1.3 SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA**

El autor de la presente monografía busca implementar un plan de mantenimiento basado en la metodología RCM a una Unidad de Iluminación Portátil (PLU) de la Empresa FERRETRONIC LTDA, de acuerdo a los resultados de este ejercicio, y los beneficios económicos que represente para la organización, podrá realizar a futuro planes de mantenimiento, basados en la misma estrategia para el resto de sus equipos. Por lo cual, este proyecto de grado podrá ser utilizado por FERRETRONIC LTDA como piloto para generar planes de mantenimiento a todos sus grupos electrógenos.

### **1.4 OBJETIVO GENERAL**

Aplicar los conceptos técnicos de la metodología RCM, a un sistema crítico de la unidad portátil de iluminación FTC-PLU-01, de la empresa FERRETRONIC LTDA para establecer las tareas o planes de Mantenimiento acordes al sistema seleccionado.

#### **1.4.1 Objetivos específicos**

- Realizar una descripción del funcionamiento de los sistemas que componen la FTC-PLU-01 de la empresa FERRETRONIC LTDA.
- Proponer un modelo de jerarquización de todos los componentes de la FTC-PLU-01, con el fin de registrar la información de mantenimiento.
- Mediante un análisis de criticidad seleccionar el sistema más relevante de la PLU para desarrollar una táctica RCM al sistema seleccionado.
- Analizar los resultados RCM para establecer un plan de mantenimiento al sistema seleccionado.

## 1.5 JUSTIFICACION

La iluminación juega un papel fundamental cuando se trata de realizar labores productivas que continúan llegada la noche, por lo que resulta ser la medida de seguridad básica para que los operadores de los turnos nocturnos realicen las actividades de manera correcta y, sobre todo, sin poner en riesgo su integridad.<sup>1</sup>

En este sentido, las unidades portátiles de iluminación son prioritarias, pues, especialmente en labores de operación y mantenimiento de la industria OIL and GAS, apoyan el desarrollo de actividades donde es deficiente la iluminación artificial fija en las horas de la noche. También en la Construcción de nuevos proyectos, se produce una situación similar, pues en las primeras etapas no se cuentan con energía propia para el montaje de una nueva facilidad, en donde se requiere la construcción de nuevos caminos de acceso, líneas de tuberías (oleoductos) y preparación de plataformas para construcción de equipos y plantas de proceso.

Por lo anterior se debe garantizar que la unidades portátiles de iluminación funcionen con altos grados de confiabilidad, esto para que no se conviertan en la razón de los contratiempos en el montaje, mantenimiento y operación de las facilidades de producción y procesamiento de la industria OIL and GAS.

Con la implementación de la metodología RCM de la unidad portátil de iluminación, FTC-PLU-01 de la empresa FERRETRONIC, se aumentará la confiabilidad de este equipo, ya que se minimizará la ocurrencia de mantenimientos no programados, con lo cual se aliviaran los costos de mantenimientos correctivos, el nivel de riesgo de las personas bajara en la manipulación del equipo. Todo lo anterior garantizara una buena imagen de la empresa ante sus Clientes.

---

<sup>1</sup> CASTILLO, Hernán, ILUMINACIÓN EN LAS FAENAS, Elemento clave para evitar accidentes. SIMMA. Artículo en línea, 2016.

## 2. MARCO TEORICO

### 2.1 GRUPO ELECTRÓGENO

Un grupo electrógeno es un grupo motor-generator que transforma la energía térmica de un combustible a energía mecánica y ésta a su vez mediante inducción electromagnética en un generador se transforma a energía eléctrica.<sup>2</sup>

Estos equipos pueden de dos tipos: fijos (ubicados en facilidad), a estructuras metálicas solidarias y estáticas (ski) y protegidos por un encerramiento (Chelter) de las condiciones meteorológicas. Portátiles, solidarios a un chasis con ruedas y con sistema de arrastre; en los primeros por lo general, su motor funciona a base de gas o en casos especiales ACPM, los segundos pueden funcionar a base de gasolina o ACPM, pero por requerimientos de seguridad, para operación en facilidades de oíl and gas solo se permite ingreso de maquinaria que trabaje con ACPM.

Las aplicaciones de los grupos electrógenos son muy variadas, entre las que se encuentra: utilización como fuente de energía eléctrica alterna de emergencia, en lugares donde el desabastecimiento se convierte en tema crítico, como es el caso de los centros médicos. Como unidades portátiles de iluminación (PLU), estas tienen solidarias a su estructura una torre elevable con un grupo de focos o pantallas para iluminación artificial, muy parecidas a las utilizadas en los estadios, por lo cual también son llamadas Planta estadio (VER FIGURA 1).

Un grupo electrógeno consta de las siguientes partes: Motor, sistema de regulación del motor, sistema de refrigeración, generador eléctrico, silenciador o sistema de escape, sistema de control, bomba de trasiego, resistencia de precaldeo, sistema eléctrico del motor, depósito de combustible y bancada, aislamiento de vibración, interruptor automático de salida.

---

<sup>2</sup> UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL ESTADO DE HIDALGO, Introducción a Grupos Electrógenos. Seminario de aprendizaje en línea, sección 1, 2011.

Cada una de estas partes constitutivas será estudiadas y analizadas en su taxonomía del equipo objeto de estudio en el presente proyecto.

Figura 3. Unidad Portátil de Iluminación.



Fuente: PDF TL Series Lighting Tower. [www.gencortech.com/subproducts/downloadCatalogue/10](http://www.gencortech.com/subproducts/downloadCatalogue/10)

## 2.2 MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

El objetivo principal del mantenimiento es sostener la funcionalidad de los equipos, garantizando su disponibilidad y confiabilidad cuando esto se cumple a cabalidad, el área de mantenimiento se ve transparente a los ojos de la organización.

La vida útil de una maquina no solo depende de la calidad de su mantenimiento, sino también de la forma como esta se está operando, si se están cumpliendo a cabalidad las recomendaciones del fabricante y si está trabajando en los rangos y de capacidades determinados según su diseño.

El mantenimiento se puede definir como el control constante de las instalaciones (en el caso de una planta) o de los componentes (en el caso de un producto), así

como el conjunto de trabajos de reparación y revisión necesarios para garantizar el funcionamiento regular y el buen estado de conservación de un sistema en general.<sup>3</sup>

### **2.3 MANTENIMIENTO CORRECTIVO**

Mantenimiento efectuado a una entidad cuando la avería ya se ha producido, restituyéndole a una condición admisible de utilización. El mantenimiento correctivo puede, o no, estar planificado.<sup>4</sup> Se aplica para sistemas donde las fallas no son evidentes a simple vista, como es el caso de los componentes electrónicos, en procesos de baja criticidad y que no generan alto impacto en la seguridad de las personas, el medio ambiente y que no afectan la seguridad del proceso.

La organización debe ser consciente de las consecuencias de llevar un equipo a falla, al tomar este tipo de decisiones, se está corriendo el riesgo de que el fallo se presente en el momento menos inoportuno, cuando el equipo es requerido o se somete a mayor exigencia. Y la organización debe contar con un stock importante de repuestos en bodega para atender rápidamente este tipo de fallos, o que estos sean de fácil consecución.

### **2.4 MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

Mantenimiento preventivo es el conjunto de todas acciones hechas con anticipación, a un determinado equipo o maquina dentro de un proceso, estas acciones son realizadas en base a la información que se posee sobre las condiciones operativas de sus elementos constitutivos, entre las acciones más comunes se incluye ajustar, alinear, balancear, limpiar, replazo de repuestos defectuosos, mecanizado de piezas rotativas, calibración de sensores entre otras, todas estas actividades son realizadas de manera planificada; donde se busca reducir la probabilidad de fallo, y así evitar paradas no programadas. El

---

<sup>3</sup> Muñoz Abella. Belen. Mantenimiento Industrial. Universidad Carlos II de Madrid. Pag.4

<sup>4</sup> ICONTEC. Seguridad de funcionamiento y calidad de servicio. Colombia.1999. Pag 12.

mantenimiento preventivo comprende todas las acciones sobre revisiones, modificaciones y mejoras, dirigidas a evitar averías y las consecuencias de estas en la producción.<sup>5</sup>

Por lo general, las maquinas vienen con un plan de mantenimiento recomendado por sus fabricantes, el cual, se debe atender para tener cobertura en el tiempo de garantía del equipo, a partir de este, y de las condiciones del proceso, se definen las tareas y su frecuencia a seguir, esto para corregir las fallas en su fase inicial, con lo que se consigue corregirlas antes de que se conviertan en mayores o catastróficas, y que generen daños mayores a las maquinas.

Mantenimiento preventivo consiste en realizar ciertas reparaciones, o cambios de componentes o piezas según intervalos de tiempo, o según determinados criterios, prefijados para reducir la probabilidad de avería o pérdida de rendimiento de una entidad. Siempre se debe planificar.<sup>6</sup>

Algunas desventajas presentadas en este tipo de mantenimiento son.<sup>7</sup>

- Cambios innecesarios: al alcanzarse la vida útil de un elemento se procede a su cambio, encontrándose muchas veces que el elemento que se cambia permitiría ser utilizado durante un tiempo más prolongado. En otros casos, ya con el equipo desmontado, se observa la necesidad de "aprovechar" para realizar el reemplazo de piezas menores en buen estado, cuyo coste es escaso frente al correspondiente de desmontaje y montaje, con el fin de prolongar la vida del conjunto. Estamos ante el caso de una anticipación del reemplazo o cambio prematuro.
- Problemas iniciales de operación: cuando se desmonta, se montan piezas nuevas, se monta y se efectúan las primeras pruebas de funcionamiento, pueden

---

<sup>5</sup> Sacrisitan, franciasco Rey.Hacia la excelencia en Mantenimiento. TGP.Hoshin. S.L.Madrid.1996. Pag 64.

<sup>6</sup> ICONTEC. Seguridad de funcionamiento y calidad de servicio. Colombia.1999. Pag 13.

<sup>7</sup> Muñoz Abella. Belén. Mantenimiento Industrial. Universidad Carlos II de Madrid. Pag.6

aparecer diferencias en la estabilidad, seguridad o regularidad de la marcha.

- Coste en inventarios: el coste en inventarios sigue siendo alto aunque previsible, lo cual permite una mejor gestión.
- Mano de obra: se necesitará contar con mano de obra intensiva y especial para períodos cortos, a efectos de liberar el equipo para el servicio lo más rápidamente posible.
- Mantenimiento no efectuado: si por alguna razón, no se realiza un servicio de mantenimiento previsto, se alteran los períodos de intervención y se produce una degeneración del servicio.

## **2.5 MANTENIMIENTO PREDICTIVO**

Basado en el conocimiento del estado de una entidad por medición periódica o continua de algún parámetro significativo.<sup>8</sup> Mantenimiento preventivo es el conjunto de todas acciones de seguimiento y diagnóstico que se le realizan a una máquina o equipo. Dependiendo de los resultados de los análisis de este seguimiento y diagnóstico, se puede llegar a tomar dos tipos de decisiones:

- la primera decisión es una intervención correctiva inmediata, esto para evitar que estos síntomas se conviertan en fallas graves y que estas generen paradas no programadas.
- La segunda decisión que se puede llegar a tomar, si se estima que estos síntomas den un determinado periodo de espera, es incluir acciones correctivas en paradas mayores futuras, donde se tenga la oportunidad de atender estas correcciones, esto se determina en el caso de que la parada de la máquina signifique altos impactos económicos en la producción.

---

<sup>8</sup> ICONTEC. Seguridad de funcionamiento y calidad de servicio. Colombia.1999. Pag. 13.

El mantenimiento predictivo se basa en el hecho de que la mayoría de los fallos se producen lentamente y previamente, en algunos casos, arrojan indicios evidentes de un futuro fallo, bien a simple vista, o bien mediante la monitorización, es decir, mediante la elección, medición y de algunos parámetros relevantes que representen el buen funcionamiento del equipo analizado. Por ejemplo, estos parámetros pueden ser: la temperatura, la presión, la velocidad lineal, la velocidad angular, la resistencia eléctrica, los ruidos y vibraciones, la rigidez dieléctrica, la viscosidad, el contenido de humedad, de impurezas y de cenizas en aceites aislantes, el espesor de chapas, el nivel de un fluido, etc.<sup>9</sup>

## **2.6 MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD.**

El RCM es una metodología para el desarrollo de un plan de mantenimiento basada en el análisis de fallos de cada uno de los componentes de un sistema, para que esta metodología muestre los resultados deseados, se debe conocer primero el contexto operacional del equipo o sistema, ya que a partir de allí se define si este está cumpliendo con la función para la cual fue diseñado.

Si es aplicado correctamente, el RCM logra grandes mejoras en la efectividad del mantenimiento, y a menudo lo hace sorprendentemente rápido. Sin embargo la aplicación exitosa del RCM depende de un meticuloso planteamiento y preparación.<sup>10</sup> Esta metodología busca describir de forma ordenada cada uno de los elementos que componen un sistema, darles un nombre específico (Tag) y determinar su funcionamiento operacional como parte constitutiva de un todo y su relación con los demás componentes, se determina el nivel de criticidad de ellos a fin de generar un plan de mantenimiento, esto para prolongar su vida útil y alcanzar la confiabilidad esperada del equipo.

El mantenimiento centrado en confiabilidad es una filosofía de gestión de mantenimiento, que sirve de guía para identificar las actividades de mantenimiento

---

<sup>9</sup> Muñoz Abella. Belen. Mantenimiento Industrial. Universidad Carlos II de Madrid. Pag.7

<sup>10</sup> MOUBRAY, John. Mantenimiento centrado en confiabilidad. USA: Aladon LLC, 2004. Pag 16.

con sus respectivas frecuencias a los activos más importantes de un contexto operacional.<sup>11</sup> Una limitación que se puede presentar durante la implementación de la metodología RCM está relacionado con el factor humano, durante su implementación es necesario socializar al equipo de trabajo responsable del mantenimiento para que las personas involucradas no vean este cambio como un problema en su modo de trabajar, sino como una solución a los problemas que se presentan en la realización de trabajos correctivos no planeados en los equipos. Lo cual siempre genera contratiempos en las operaciones.

## **2.7 LAS SIETE PREGUNTAS BÁSICAS DEL RCM**

El proceso RCM formula siete preguntas acerca del activo o sistema que intenta revisar.<sup>12</sup>

- ¿Cuáles son las funciones y los parámetros de funcionamiento asociados al activo en su actual contexto operacional?
- ¿De qué manera falla en satisfacer dichas funciones?
- ¿Cuál es la causa de cada falla funcional?
- ¿Qué sucede cuando ocurre cada falla?
- ¿En qué sentido es importante cada falla?
- ¿Qué puede hacerse para prevenir o predecir cada falla?
- ¿Qué debe hacerse si no se encuentra una tarea proactiva adecuada?

---

<sup>11</sup> JONES, Richard. Risk Based Management: A reability centered approach gulf. 1995.

<sup>12</sup> MOUBRAY, John. Mantenimiento centrado en confiabilidad. USA: Aladon LLC, 2004. Pag 7.

### 3. RECOLECCIÓN Y TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

En este capítulo se presenta el análisis funcional del grupo electrógeno (planta estadio), se describen los principales sistemas del equipo, y se visualizan los características técnicas con las cuales el grupo electrógeno alcanza un óptimo grado de funcionalidad.

#### 3.1 ANALISIS FUNCIONAL PLANTA ESTADIO FTC-PLU-001

EL grupo electrógeno FTC-PLU-001, debe garantizar la iluminación de un área de 300 m<sup>2</sup>, para lo cual su generador debe alimentar a su lámparas con una potencia de 1000 Watios por lámpara. En la tabla 1 se obsedan las características técnicas del grupo electrógeno FTC-PLU-001.

Tabla 1. Características técnicas de la FTC-PLU-001.

Standard Equipment	4TL4000							
Length (mm)	4600							
Width (mm)	1500							
Height (mm)	1850							
Mast Height(m,Fully Extended)	9							
Weight (gross)	890kg							
Engine model	D1105-BG(Kubota)		3TNV76(Yanmar)		403D-11G(Perkins)		380 ( Lester )	
Frequency(Hz)	50	60	50	60	50	60	50	60
Speed(rpm)	1500	1800	1500	1800	1500	1800	1500	1800
Continued Power(kVA)	7	9	7	9	7	9	7	9
Number of Cylinders	3							
Diesel Engine Characters	4-cycle, In line, Watercooled Diesel							
Combustion Type	Precombustion		Direct Injection		Indirect Injection		Direct Injection	
Engine Aspiration	Natural							
Emission Level	Stage3	Tier4	Stage3	Tier4	Stage2	Tier4	N.A.	Tier4
Alternator	Brushless & Single phase							
Rating Voltage (V)	230							
Alternator Insulation	class H							
Fuel Tank Capacity	95 liters (25 US Gallons)							
Fuel Tank Operating Hours	60 hours							
Type of Lights	Metal Halide Spotlight (Local Brand)							
Number & Power of Lights	4×1000W							
Mast Lifting & Extension	Manual operation							
Mast Rotation	330° Manual operation							
Light Bar Tilt	Manual operation							
Stabilizing Legs	Manual operation							
Trailer Suspension System	Hexagon rubber axis							
Hitch	Ball or O ring							
Tire Rim Size	14"							
Acoustic Pressure	75dB(A) at 7 meters away							
Max. load quantity in a 20' container (sets)	6							

Fuente: PDF TL Series Lighting Tower. [www.gencortech.com/subproducts/downloadCatalogue/10](http://www.gencortech.com/subproducts/downloadCatalogue/10)

### **3.2 EL MOTOR**

El motor representa la fuente de energía mecánica necesaria para que el alternador gire y genere electricidad. Obtiene su energía mecánica directamente de la energía química producida por el combustible que arde dentro de sus cámaras de combustión. En otras palabras, transforma la energía calorífica en trabajo. La combustión tiene lugar en el cilindro mismo de la máquina, lo que permite un mayor rendimiento. La planta estadio FTC-PLU-001 funciona a base de combustible diésel, el cual es más utilizado en los grupos electrógenos por sus prestaciones mecánicas, ecológicas y económicas. Las principales partes del motor combustión diésel son las siguientes:

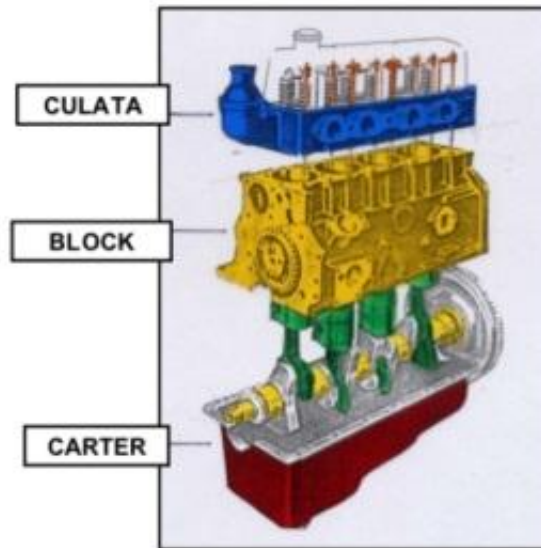
- Culata. La culata sirve principalmente como tapa para la cámara de combustión, en su interior consta de pasajes internos en donde circula refrigerante para la disipación de calor, producto de la combustión.
- Bloque de cilindros. Es el cuerpo principal del motor y se encuentra entre la culata y el Carter, en el bloque se alojan las principales partes constitutivas del motor entre las que se pueden enumerar: los pistones, las bielas, el eje cigüeñal, volante de inercia, cilindros, dámper.
- Carter. Es el depósito de aceite lubricante, es la tapa inferior del motor dentro de la cual se mueve el cigüeñal. En su parte inferior está provisto de un tapón de vaciado, por donde se extrae el aceite cuando es necesario su cambio.

### **3.3 SISTEMA ADMISIÓN Y ESCAPE**

El sistema de admisión tiene como finalidad contribuir con el buen funcionamiento y duración del motor mediante la alimentación de este con aire limpio, el purificador tiene que ser capaz de retener las partículas más pequeñas, como el polvo y la arenilla, e igualmente disminuir el ruido producido por el motor al admitir el aire.

El filtro va directamente acoplado al colector de admisión, y el elemento filtrante puede ser removido para efectuar su limpieza o cambio.

Figura 4. Partes del Motor.



Fuente: [http://es.slideshare.net/Luis Reveco/mantenimiento-motor-diesel](http://es.slideshare.net/Luis_Reveco/mantenimiento-motor-diesel)

Figura 5. Colector de Admisión FTC-PLU-001.

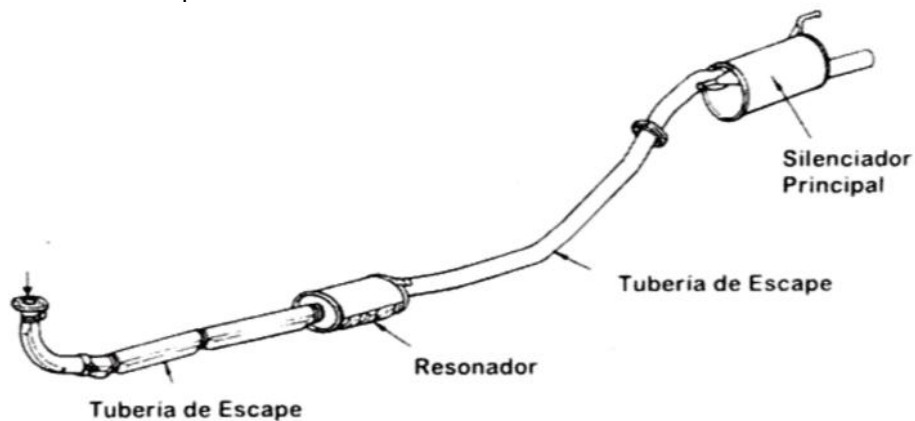


El sistema de escape tiene como finalidad recolectar los gases que mediante el funcionamiento del motor quedan después de la combustión, y conducirlos hacia la parte exterior del grupo electrógeno. También cumple con la tarea de reducir el ruido producido por la combustión y para ellos dispone del silenciador.

El sistema de escape está constituido por los siguientes elementos:

- Colector o Múltiple de Escape.
- Unión de tubo de salida.
- Tubo de salida hacia el silenciador.
- Silenciador.
- Abrazaderas.
- Tubo terminal.

Figura 6. Sistema de Escape.



Fuente: <http://www.automotriz.net/cms/tecnica/conocimientos-basicos-parte-4/>

### 3.4 SISTEMA DE SISTEMA DE INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE

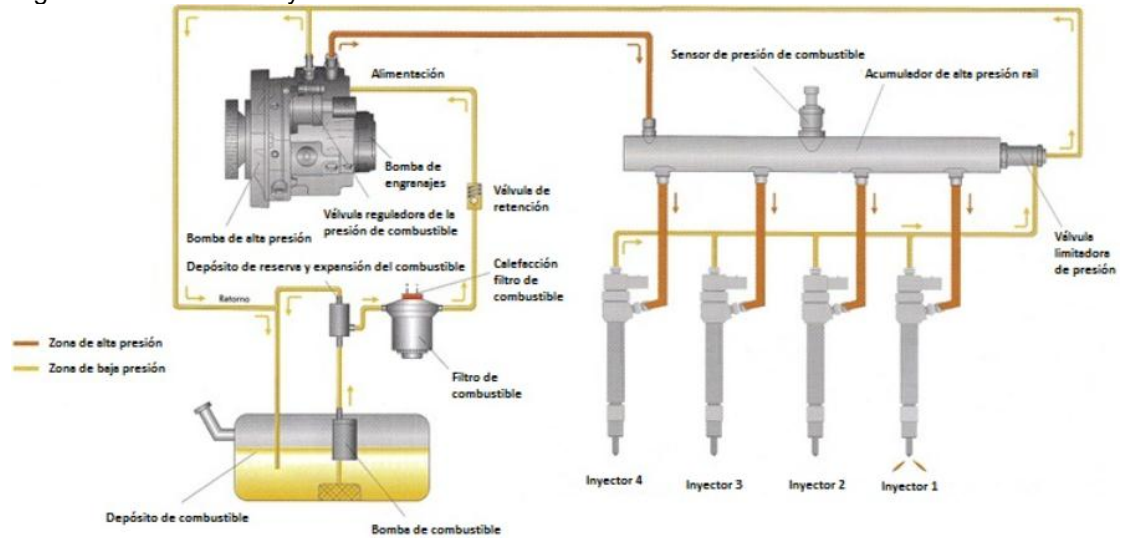
El sistema de Inyección combustible tiene como finalidad almacenar el combustible necesario para una jornada de trabajo, para luego conducirlo desde el depósito hasta la cámara de combustión, también es el encargado de filtrar el combustible para retirar las impurezas, dosificándolo en la cantidad requerida, y retornando al depósito el combustible no consumido.

Los Componentes del sistema son:

- Depósito
- Filtro primario
- Bomba para combustible
- Tuberías de conducción circuito de baja presión
- Filtro principal

- Bomba de inyección
- Tuberías de conducción circuito de baja presión
- Acumulador de alta presión rail
- Inyectores.
- Válvula limitadora de presión
- Tuberías de conducción del circuito de retorno

Figura 7. Sistema de Inyección.



Fuente: <http://www.fbelectronica.com/Formacion-1/Curso-TDI.htm>

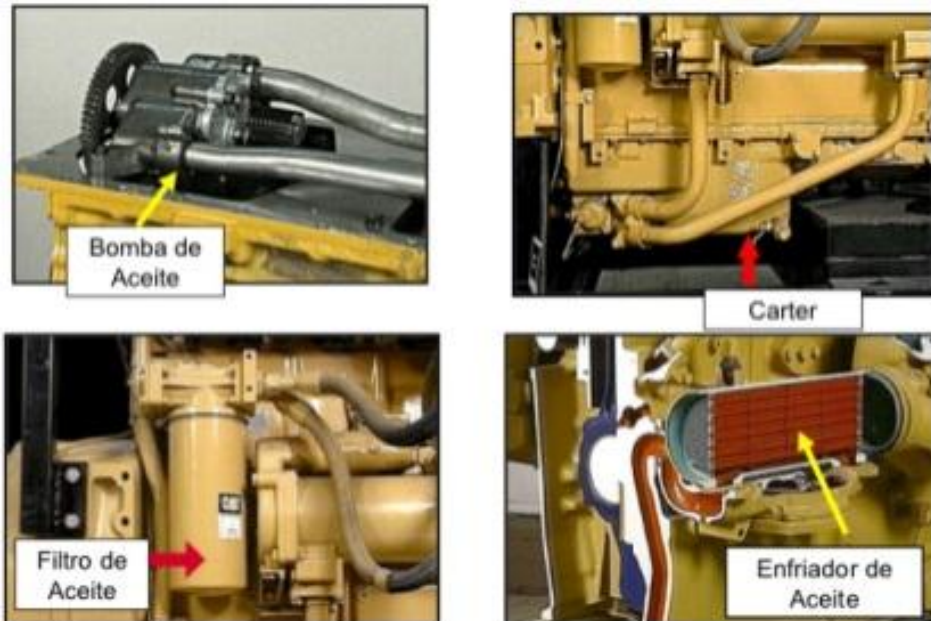
### 3.5 SISTEMA DE LUBRICACIÓN

Es el que mantiene lubricadas todas las partes móviles del motor, a la vez que ayuda al sistema de refrigeración a mantener la temperatura del motor en condiciones óptimas, al actuar como medio refrigerante. El sistema de lubricación consta de las siguientes partes:

- Colector de aceite.
- Campana de succión.
- Bomba de aceite.
- Válvula de alivio
- Enfriador de aceite

- Surtidores de enfriamiento
- Respiradero.

Figura 8. Componentes del Sistema de lubricación.



Fuente: [http://es.slideshare.net/Luis\\_Reveco/mantenimiento-motor-diesel](http://es.slideshare.net/Luis_Reveco/mantenimiento-motor-diesel)

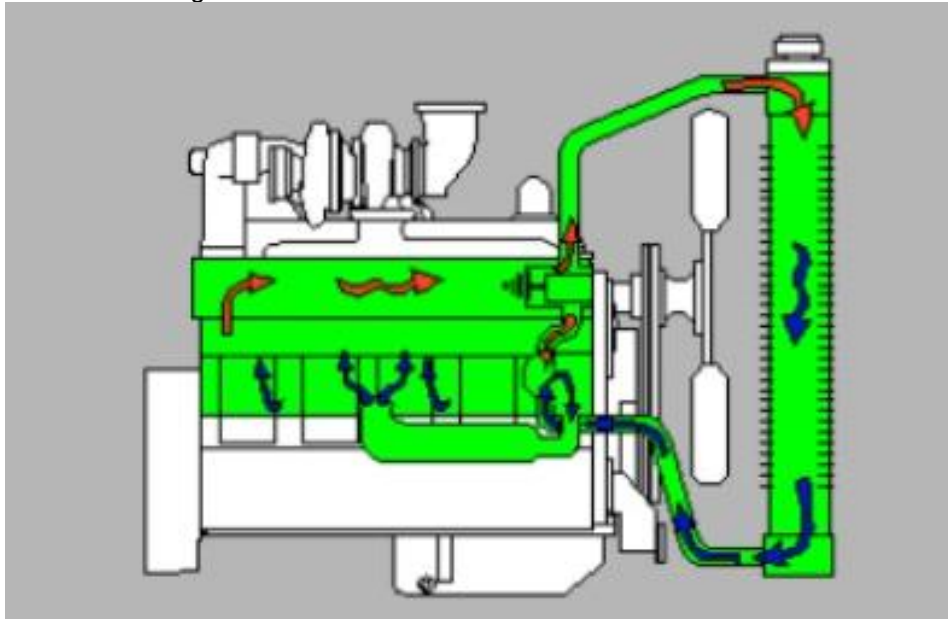
### 3.6 SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

La finalidad del sistema de refrigeración es eliminar el calor generado por la combustión y mantener la temperatura del motor en condiciones estables de trabajo especificado por el fabricante. El sistema de refrigeración consta de las siguientes partes:

- Bomba de agua.
- Conductos.
- Termostato.
- Radiador.
- Tapa de presión.
- Migueras
- tuberías.

- Ventilador.
- Correa
- Polea

Figura 9. Sistema de refrigeración.



Fuente: [http://es.slideshare.net/Luis\\_Reveco/mantenimiento-motor-diesel](http://es.slideshare.net/Luis_Reveco/mantenimiento-motor-diesel)

### 3.7 SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN MECÁNICA

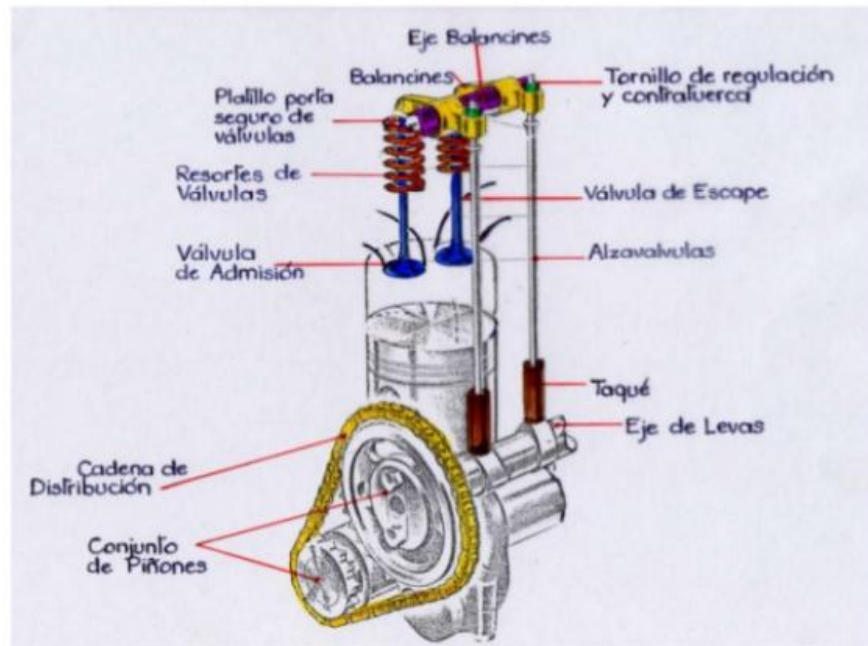
El sistema de distribución mecánica tiene como finalidad controlar en cada uno de los cilindros del motor, la entrada de aire, la introducción de combustible y la salida de gases de combustión, en intervalos de tiempo debidamente sincronizados, asegurando la correcta realización del ciclo de trabajo del motor.

El sistema de distribución Mecánica está compuesto por:

- Árbol de levas.
- Mecanismos de mando y de sincronismo.
- Impulsores.
- Varillas de empuje.
- Válvulas
- Ejes de balancines.

- Balancines.
- Resorte de balancines.
- Cadena de distribución.

Figura 10. Sistema de Distribución Mecánica.



Fuente: [http://es.slideshare.net/Luis\\_Reveco/mantenimiento-motor-diesel](http://es.slideshare.net/Luis_Reveco/mantenimiento-motor-diesel)

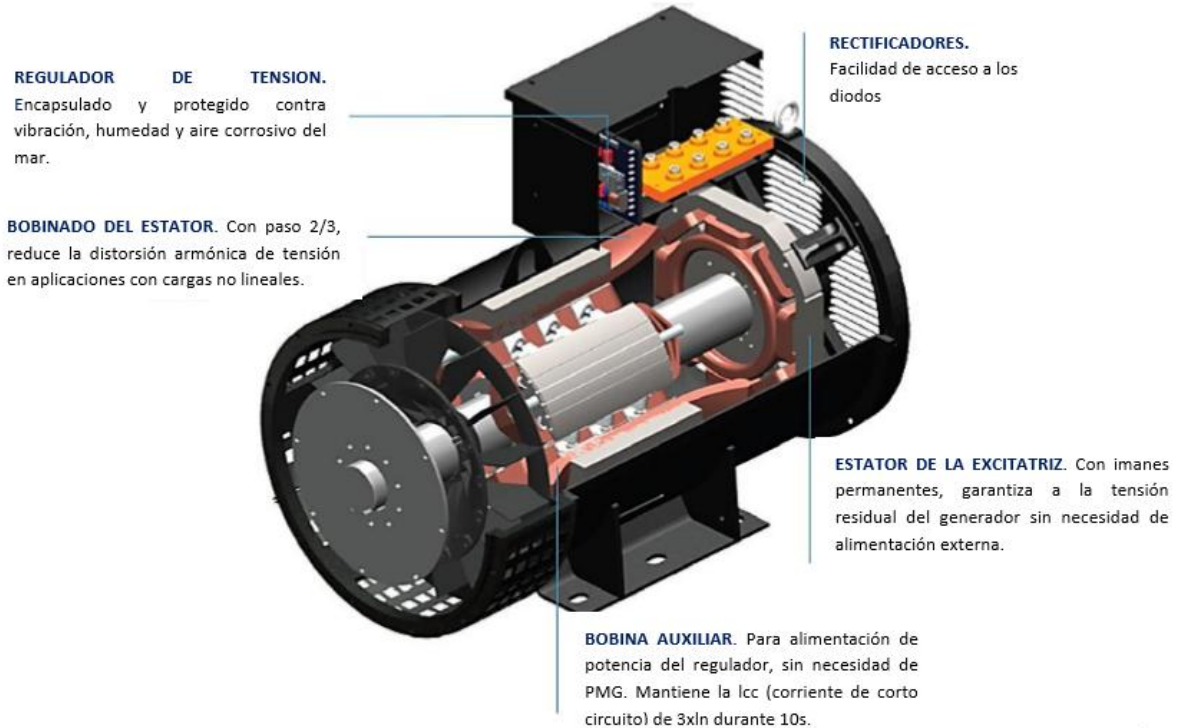
### 3.8 SISTEMA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA

El alternador convierte la energía mecánica en energía eléctrica, funciona bajo el principio de imanes permanentes (PMG), el alternador es controlado por una tarjeta electrónica AVR, con excitación independiente. Los componentes de este sistema son los siguientes:

- Rotor principal.
- Diodos giratorios ( Rectificadores)
- Rotor de excitación.
- Rotor del generador de imanes permanentes (PMG).
- Estator de excitación.
- Regulador de tensión (AVR.)

- Estator principal.
- Eje.
- Rodamientos
- Bornera de conexiones.

Figura 11. Sistema de Generación Eléctrica.



Fuente: [http://www.emesa-perk.com.mx/images/pdf/plantas\\_electricas/manuales/MGE-100M%20%20100KW%20MANUAL.pdf](http://www.emesa-perk.com.mx/images/pdf/plantas_electricas/manuales/MGE-100M%20%20100KW%20MANUAL.pdf)

### 3.9 SISTEMA ELÉCTRICO Y DE CONTROL

Este conformado por cinco componentes principales que funciona juntos:

- Cuadro de control, donde se ubican los dispositivos para arrancar y parar el grupo electrógeno, vigilar su funcionamiento y su salida y apagándolo automáticamente en caso de estado crítico, como pudiera ser: baja presión de aceite, alta temperatura del refrigerante del motor, con el fin de evitar daños graves en el motor y el alternador.

Figura 12. Cuadro de Control FTC-PLU-001.



- Módulo de interfaz del motor, proporciona relés de conmutación para el solenoide del motor de arranque, la bujía de precalentamiento y el solenoide de combustible.
- Interruptor de potencia, protege el alternador, desconectándolo de la carga de forma automática en caso de sobrecargas o corto circuito.
- Arranque, es el que se encargó de ayudar al motor a vencer su inercia desde el estado de reposo para que inicie su funcionamiento.
- El alternador, se encarga de almacenar energía eléctrica en la Bateria, esta energía eléctrica acumulada en la Bateria será la que se utilice para accionar el motor de arranque.

Figura 13. Alternador



Fuente: <http://www.pac.com.ve/contenido/automotriz/que-es-el-alternador-y-sus-funciones/3655/77>

### 3.10 SISTEMA DE ILUMINACIÓN

El sistema de iluminación es el encargado de convertir la energía eléctrica que se genera en el alternado y convertirla en energía lumínica, esto a través de cuatro luminarias cada una de 1000 Watios de potencia instaladas en el mástil de la torre de iluminación. Los principales elementos que componen el sistema de iluminación son:

- Mástil.
- Sistema de elevación.
- Cable de potencia.
- Lámparas
- Balastos.

Figura 14. Sistema de iluminación



Fuente: PDF TL Series Lighting Tower. [www.gencortech.com/subproducts/downloadCatalogue/10](http://www.gencortech.com/subproducts/downloadCatalogue/10)

### 3.11 BANCADA.

El motor y el alternador están acoplados y montados sobre una bancada de acero de gran resistencia. La bancada incluye un par de ruedas, un sistema de arrastre para que la planta estadio sea transportada con facilidad y un sistema de estabilización compuesto por cuatro gatos manuales.

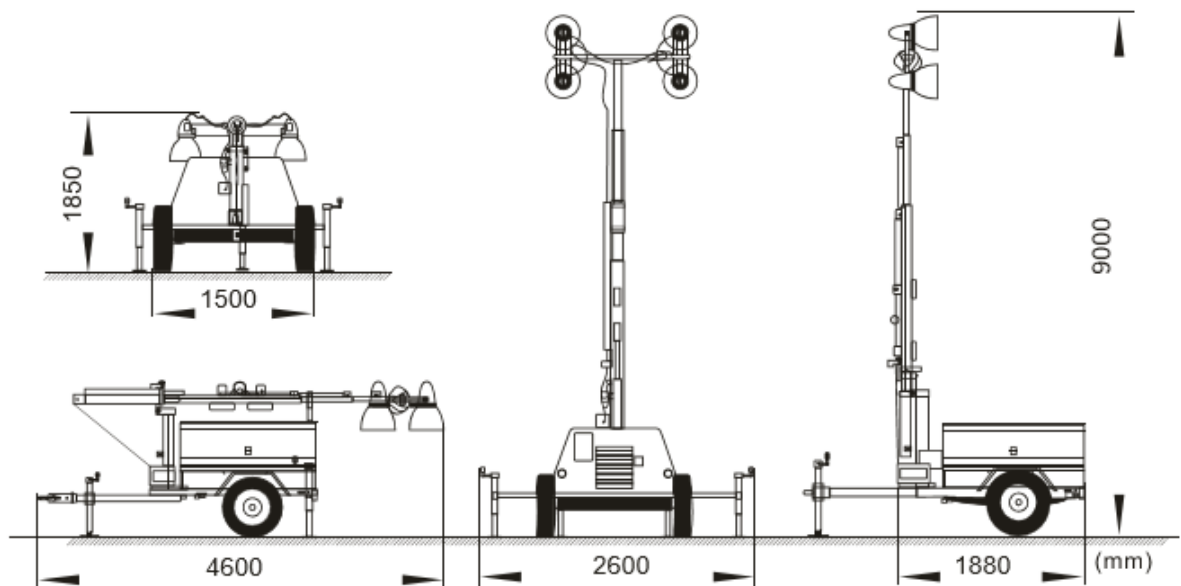
### 3.12 CUBIERTA

La cabina de la planta estadio es la encargada de proteger al equipo de factores externos ambientales como son la lluvia y el sol, y a su vez aísla al operario del grupo electrógeno, del ruido y el calor generado por el motor y el alternador.

Los elementos que constituyen este sistema son:

- Paneles metálicos.
- Puertas.
- Bisagras.
- Aislamiento térmico
- Seguros de puertas.

Figura 15. Dimensiones de la FTC-PLU-001.



Fuente: PDF TL Series Lighting Tower. [www.gencortech.com/subproducts/downloadCatalogue/10](http://www.gencortech.com/subproducts/downloadCatalogue/10)

Figura 16. Cubierta y Bancada



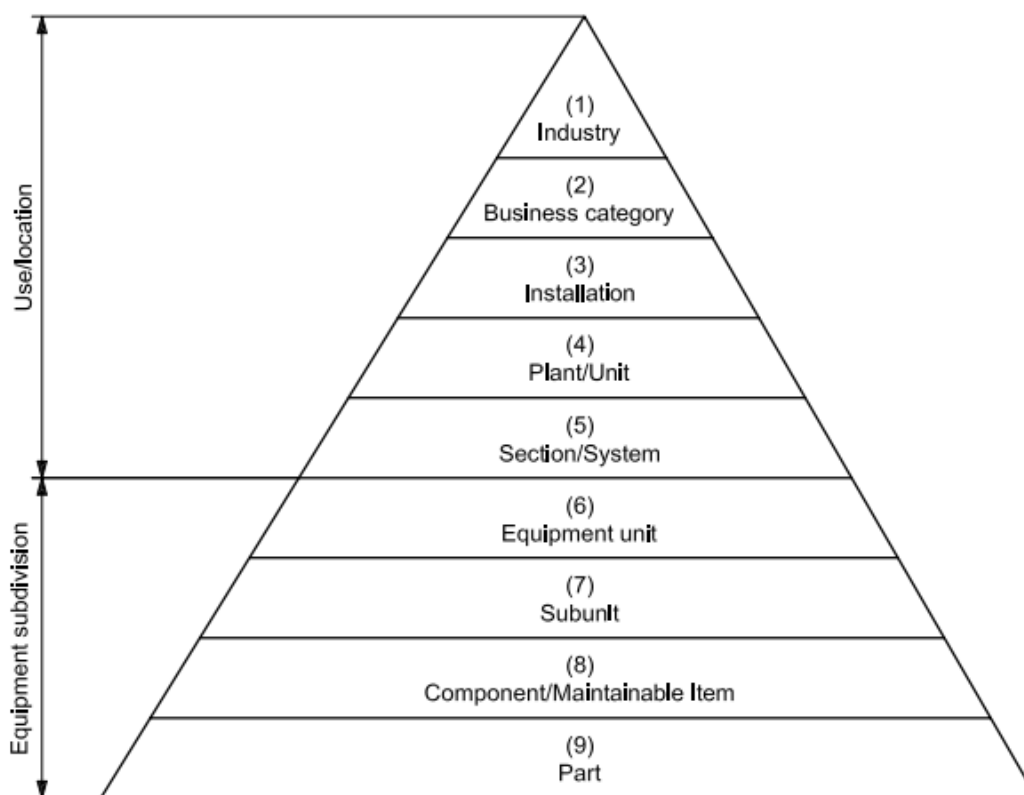
Fuente: PDF TL Series Lighting Tower. [www.gencortech.com/subproducts/downloadCatalogue/10](http://www.gencortech.com/subproducts/downloadCatalogue/10)

## 4. PROPUESTA

### 4.1 TAXONOMÍA DE LOS SISTEMAS.

La norma internacional ISO 14224, Presenta los lineamientos para la especificación, recolección y aseguramiento de la calidad de los datos que permitan Cuantificar la Confiabilidad de Equipos y compararla con la de otros de características similares. En la figura 17, se muestra como la norma ISO 14224, recomienda realizar la taxonomía de los equipos en una compañía.

Figura 17. Taxonomía de equipos en la industria según norma ISO 14224.



Fuente: <http://www.mop.ir/portal/file/showfile.aspx?id=23c776e4-b9c5-45e7-92f5-9e05959ab65f>

La taxonomía de la de la planta estadio FTC-PLU-001, tiene como objetivo ordenar de acuerdo a una metodología de codificación cada componente con un nombre único (Tag) que lo identifique fácilmente en la máquina. En la tabla 2 se observa el esquema de jerarquización propuesto para los sistemas de LA PLANTA ESTADIO FTC-PLU-001. Se realizó la codificación a

partir de la información funcional de los principales componentes de la planta estadio. Cada nivel de la taxonomía se identifica de acuerdo a la posición en un nivel superior.

Tabla 2. Taxonomía Planta Estadio FTC-PLU-001

EMPRESA	GRUPO ELECTRÓGENO	UBICACIÓN EN LA MAQUINA	SISTEMA	COMPONENTE	DEFINICIÓN
FTC					FERRETRONIC LTDA
	FTC-PLU-001				PLANTA ESTADIO 001
		FTC-PLU-001-M			MOTOR
			FTC-PLU-001-M-SAE		SISTEMA DE ADMISIÓN Y ESCAPE
				FTC-PLU-001-M-SAE-F	FILTRO
				FTC-PLU-001-M-SAE-C	COLECTOR O MULTIPLE DE ESCAPE
				FTC-PLU-001-M-SAE-UTS	UNIÓN TUBO DE SALIDA
				FTC-PLU-001-M-SAE-TS	TUBO DE SALIDA HACIA EL SILENCIADOR
				FTC-PLU-001-M-SAE-S	SILENCIADOR
				FTC-PLU-001-M-SAE-A	ABRAZADERAS
				FTC-PLU-001-M-SAE-TT	TUBO TERMINAL
			FTC-PLU-001-M-SIC		SISTEMA DE INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE
				FTC-PLU-001-M-SIC-D	DEPOSITO
				FTC-PLU-001-M-SIC-FP	FILTRO PRIMARIO
				FTC-PLU-001-M-SIC-TCBP	TUBERIAS DE CONDUCCIÓN CIRCUITO DE BAJA PRESIÓN
				FTC-PLU-001-M-SIC-FPP	FILTRO PRINCIPAL
				FTC-PLU-001-M-SIC-BI	BOMBA DE INYECCIÓN
				FTC-PLU-001-M-SIC-TCAP	TUBERIAS DE CONDUCCIÓN CIRCUITO DE ALTA PRESIÓN
				FTC-PLU-001-M-SIC-BC	ACUMULADOR DE ALTA PRESIÓN RAIL
				FTC-PLU-001-M-SIC-I	INYECTORES
				FTC-PLU-001-M-SIC-VA	VÁLVULA LIMITADORA DE PRESIÓN
				FTC-PLU-001-M-SIC-TCCR	TUBERIAS DE CONDUCCIÓN CIRCUITO DE RETORNO

Tabla 2. Taxonomía Planta Estadio FTC-PLU-001

EMPRESA	GRUPO ELECTRÓGENO	UBICACIÓN EN LA MAQUINA	SISTEMA	COMPONENTE	DEFINICIÓN
FTC					FERRETRONIC LTDA
	FTC-PLU-001				PLANTA ESTADIO 001
		FTC-PLU-001-M			MOTOR
			FTC-PLU-001-M-SL		SISTEMA DE LUBICACIÓN
				FTC-PLU-001-M-SL-CA	COLECTOR DE ACEITE
				FTC-PLU-001-M-SL-CS	CAMPANA DE SUCCIÓN
				FTC-PLU-001-M-SL-BA	BOMBA DE ACEITE
				FTC-PLU-001-M-SL-VA	VÁLVULA DE ALIVIO
				FTC-PLU-001-M-SL-EA	ENFRIADOR DE ACEITE
				FTC-PLU-001-M-SL-SE	SURTIDORES DE ENFRIAMIENTO
				FTC-PLU-001-M-SL-R	RESPIRADERO
			FTC-PLU-001-M-SR		SISTEMA DE REFRIGERACIÓN
				FTC-PLU-001-M-SR-BA	BOMBA DE AGUA
				FTC-PLU-001-M-SR-C	CONDUCTOS
				FTC-PLU-001-M-SR-TM	TERMOSTATO
				FTC-PLU-001-M-SR-R	RADIADOR
				FTC-PLU-001-M-SR-TP	TAPA DE PRESIÓN
				FTC-PLU-001-M-SR-M	MANGUERAS
				FTC-PLU-001-M-SR-TB	TUBERIAS
				FTC-PLU-001-M-SR-V	VENTILADOR
			FTC-PLU-001-M-SDM		SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN MECÁNICA
				FTC-PLU-001-M-SDM-AL	ARBOL DE LEVAS
				FTC-PLU-001-M-SDM-MMS	MECANISMOS DE MANDO Y SINCRONISMO
				FTC-PLU-001-M-SDM-I	IMPULSORES
				FTC-PLU-001-M-SDM-VE	VARILLAS DE EMPUJE
				FTC-PLU-001-M-SDM-V	VALVULAS
				FTC-PLU-001-M-SDM-EB	EJES DE BALANCINES
				FTC-PLU-001-M-SDM-B	BALANCINES
				FTC-PLU-001-M-SDM-RB	RESORTES DE BALANCINES
				FTC-PLU-001-M-SDM-CD	CADENA DE DISTRIBUCIÓN

Tabla 2. Taxonomía Planta Estadio FTC-PLU-001

EMPRESA	GRUPO ELECTRÓGENO	UBICACIÓN EN LA MAQUINA	SISTEMA	COMPONENTE	DEFINICIÓN
FTC					FERRETRONIC LTDA
	FTC-PLU-001				PLANTA ESTADIO 001
		FTC-PLU-001-A			ALTERNADOR
			FTC-PLU-001-A-SGE		SISTEMA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA
				FTC-PLU-001-A-SGE-RP	ROTOR PRINCIPAL
				FTC-PLU-001-A-SGE-DG	DIODOS GIRATORIOS
				FTC-PLU-001-A-SGE-RE	ROTOR DE EXCITACIÓN
				FTC-PLU-001-A-SGE-RGIP	ROTOR DEL GENERADOR DE IMANES PERMANENTES
				FTC-PLU-001-A-SGE-EE	ESTATOR DE EXCITACIÓN
				FTC-PLU-001-A-SGE-RT	REGULADOR DE TENSIÓN
				FTC-PLU-001-A-SGE-EP	ESTATOR PRINCIPAL
				FTC-PLU-001-A-SGE-E	EJE
				FTC-PLU-001-A-SGE-R	RODAMIENTOS
				FTC-PLU-001-A-SGE-BC	BORNERA DE CONEXIONES
		FTC-PLU-001-C			CONTROL
			FTC-PLU-001-C-SC		SISTEMA ELÉCTRICO Y DE CONTROL
				FTC-PLU-001-C-SC-H	HOROMETRO
				FTC-PLU-001-C-SC-IAT	INDICADOR DE ALTA TEMPERATURA REFRIGERANTE
				FTC-PLU-001-C-SC-IBP	INDICADOR DE BAJA PRESIÓN DE ACEITE
				FTC-PLU-001-C-SC-S	START
				FTC-PLU-001-C-SC-F	FRECUENCIMETRO
				FTC-PLU-001-C-SC-RCA	RELÉ DE CONMUTACIÓN DE ARRANQUE
				FTC-PLU-001-C-SC-RCB	RELÉ DE CONMUTACIÓN DE BUJIA PRECALENTAMIENTO
				FTC-PLU-001-C-SC-RCS	RELÉ DE CONMUTACIÓN SOLENOIDE DE COMBUSTIBLE
				FTC-PLU-001-C-SC-BP	BREAKER DE POTENCIA

Tabla 2. Taxonomía Planta Estadio FTC-PLU-001

EMPRESA	GRUPO ELECTRÓGENO	UBICACIÓN EN LA MAQUINA	SISTEMA	COMPONENTE	DEFINICIÓN
FTC					FERRETRONIC LTDA
	FTC-PLU-001				PLANTA ESTADIO 001
		FTC-PLU-001-C			CONTROL
			FTC-PLU-001-C-SC		SISTEMA ELÉCTRICO Y DE CONTROL
				FTC-PLU-001-C-SC-BAT	BATERIA
				FTC-PLU-001-C-SC-AB	ALTERNADOR PARA CARGA DE BATERIA
				FTC-PLU-001-C-SC-MA	MOTOR DE ARRANQUE
				FTC-PLU-001-C-SC-INSTB	INSTALACIÓN DE BAJA
				FTC-PLU-001-C-SC-INSTA	INSTALACIÓN DE ALTA
		FTC-PLU-001-TI			TORRE DE ILUMINACIÓN
			FTC-PLU-001-TI-SI		SISTEMA DE ILUMINACIÓN
				FTC-PLU-001-TI-SI-M	MASTIL
				FTC-PLU-001-TI-SI-E	SISTEMA DE ELEVACIÓN
				FTC-PLU-001-TI-SI-CP	CABLE DE POTENCIA
				FTC-PLU-001-TI-SI-L	LÁMPARAS
				FTC-PLU-001-TI-SI-B	BALASTROS
		FTC-PLU-001-B			BANCADA
			FTC-PLU-001-B-SA		SISTEMA DE ARRASTRE
				FTC-PLU-001-B-SA-R	SUEDAS
				FTC-PLU-001-B-SA-E	EJE DE RUEDAS
				FTC-PLU-001-B-SA-CH	CHASIS
				FTC-PLU-001-B-SA-A	ARRASTRE
				FTC-PLU-001-B-SA-G	GATOS
		FTC-PLU-001-CB			CUBIERTA
			FTC-PLU-001-CB-SC		SISTEMA DE CABINA
				FTC-PLU-001-CB-SC-PM	PANELES METALICOS
				FTC-PLU-001-CB-SC-P	PUERTAS
				FTC-PLU-001-CB-SC-B	BISAGRAS
				FTC-PLU-001-CB-SC-AT	AISLAMIENTO TÉRMICO
				FTC-PLU-001-CB-SC-SP	SEGUROS DE PUERTAS

## 4.2 ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE LOS SISTEMAS

El análisis de criticidad es una herramienta que permite identificar y jerarquizar por su importancia los elementos de una instalación sobre los cuales vale la pena dirigir recursos (humanos, económicos y tecnológicos). En otras palabras, el análisis de criticidad ayuda a determinar eventos potenciales indeseados, en el contexto de la confiabilidad operacional, entendiéndose confiabilidad operacional como: la capacidad de una instalación (procesos, tecnología, gente), para cumplir su función o el propósito que se espera de ella, dentro de sus límites de diseño y bajo un contexto operacional específico en un tiempo determinado.<sup>13</sup>

Para realizar el análisis de criticidad de los sistemas de la planta estadio FTC-PLU-001, se utilizó el Modelo de criticidad de factores ponderados basado en el concepto del riesgo, Método desarrollado por el grupo de consultoría inglesa: The Woodhouse Partnership Limited [Woodhouse Jhon. “Criticality Analysis Revisited”, the Woodhouse Partnership Limited, Newbury, England 1994], en dónde:

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

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

Tabla 3. Criterios de Valoración para el Análisis de Criticidad.

FRECUENCIA DE FALLAS:	VALOR
Pobre Mayor a 2 fallas/año	4
Promedio 1 -2 fallas/año	3
Buena 0.5 -1 fallas/año	2
Excelente menores de 0.5 fallas /año	1
IMPACTO OPERACIONAL:	VALOR
Perdida de todo el despacho.	10
Parada del sistema o subsistema y tiene repercusión en otros sistemas.	7
Impacta en niveles de inventario o calidad.	4
No genera ningún efecto significativo sobre operaciones o producción.	1

<sup>13</sup> <http://uts-avera.blogspot.com.co/2013/03/mto-criticidad.html>

Tabla 3. Criterios de Valoración para el Análisis de Criticidad.

FLEXIBILIDAD OPERACIONAL:		VALOR
No existe opción de producción y no hay función de repuesto.		4
Hay opción de repuesto compartido/almacén		2
Función de repuesto disponible.		1
COSTO DE MANTENIMIENTO:		VALOR
Mayor o igual a quinientos mil pesos		2
Inferior a quinientos mil pesos		1
IMPACTO EN S.A.H:		VALOR
Afecta la seguridad humana tanto externa como interna y requiere la notificación a entes externos de la organización.		8
Afecta el ambiente/ instalaciones		7
Afecta las instalaciones causando daños severos.		5
Provoca daños menores (ambiente – seguridad).		3
No provoca ningún tipo de daños a personas, instalaciones o al ambiente.		1

Con los anteriores criterios de valoración tenemos la siguiente ecuación para definir la criticidad de cada uno de los sistemas de la planta estadio FTC-PLU-001.

$$C = Ip * Fo + Cm + Isah$$

Dónde:

**C** = Consecuencia

**Ip** = Impacto Operacional

**Fo** = Flexibilidad Operacional

**Cm** = Costo Mantenimiento

**Isah** = Impacto Seguridad Ambiente Higiene

**FF** = Frecuencia de Fallas

Los resultados obtenidos de la valoración de la criticidad de los sistemas de la planta estadio FTC-PLU-001. Se muestran en la tabla 4.

Tabla 4. Resultados del Análisis de Criticidad de los Sistemas.

TAG	DENOMINACIÓN	Frecuencia de Falla	Impacto Operacional	Flexibilidad Operacional	Costo de Mantenimiento	Impacto HSE	Consecuencia	Criticidad Total	Evaluación de Criticidad
FTC-PLU-001-M-SAA	SISTEMA DE ADMISIÓN Y ESCAPE	1	7	2	1	1	16	16	NC
FTC-PLU-001-M-SIC	SISTEMA DE INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE	2	10	4	2	3	45	90	C
FTC-PLU-001-M-SL	SISTEMA DE LUBRICACIÓN	1	7	4	2	3	33	33	MC
FTC-PLU-001-M-SR	SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	1	7	4	1	3	32	32	MC
FTC-PLU-001-M-SDM	SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN MECÁNICA	1	7	4	2	1	31	31	MC
FTC-PLU-001-A-SGE	SISTEMA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA	1	10	2	2	1	23	23	NC
FTC-PLU-001-C-SC	SISTEMA ELÉCTRICO Y DE CONTROL	2	10	2	1	5	26	52	MC
FTC-PLU-001-TI-SI	SISTEMA DE ILUMINACIÓN	2	10	2	1	1	22	44	MC
FTC-PLU-001-B-SA	SISTEMA DE ARRASTRE	2	4	2	1	1	10	20	NC
FTC-PLU-001-CB-SC	SISTEMA DE CABINA	1	1	2	1	2	5	5	NC

### 4.3 SELECCIÓN DEL SISTEMA CRÍTICO.

Para la aplicación de la metodología RCM cumpliendo el Objetivo específico: “Mediante un análisis de criticidad seleccionar el sistema más relevante de la PLU para desarrollar una táctica RCM al sistema seleccionado”, se tuvo en cuenta el análisis de criticidad realizado anteriormente, se revisó la matriz de la figura 18 para determinar la criticidad de cada uno de los sistemas de la planta estadio FTC-PLU-001, en la figura se observa la valoración para el sistema seleccionado.

El sistema seleccionado para aplicar la metodología RCM fue el sistema de inyección de combustible FTC-PLU-001-M-SIC, en la planta estadio FTC-PLU-001 de la empresa FERRETRONIC LTDA, se determinó que es un equipo crítico por su impacto en el funcionamiento del grupo electrógeno, se evidencia que este equipo presenta un registro de 0.5 -1 fallas al año, este sistema tiene una calificación de 10 en impacto operacional, ya que en las ocasiones que ha fallado ha generado parada total del grupo electrógeno. Los repuestos por los cuales falló el sistema fueron de difícil consecución, lo que generó la necesidad del remplazo del grupo electrógeno por otro equipo en campo, dando como consecuencia

perdidas en horas de trabajo en la operación, el costo de mantenimiento fue alto ya que el equipo tuvo que salir de línea y este sistema debió ser sometido a reparación de manera inmediata.

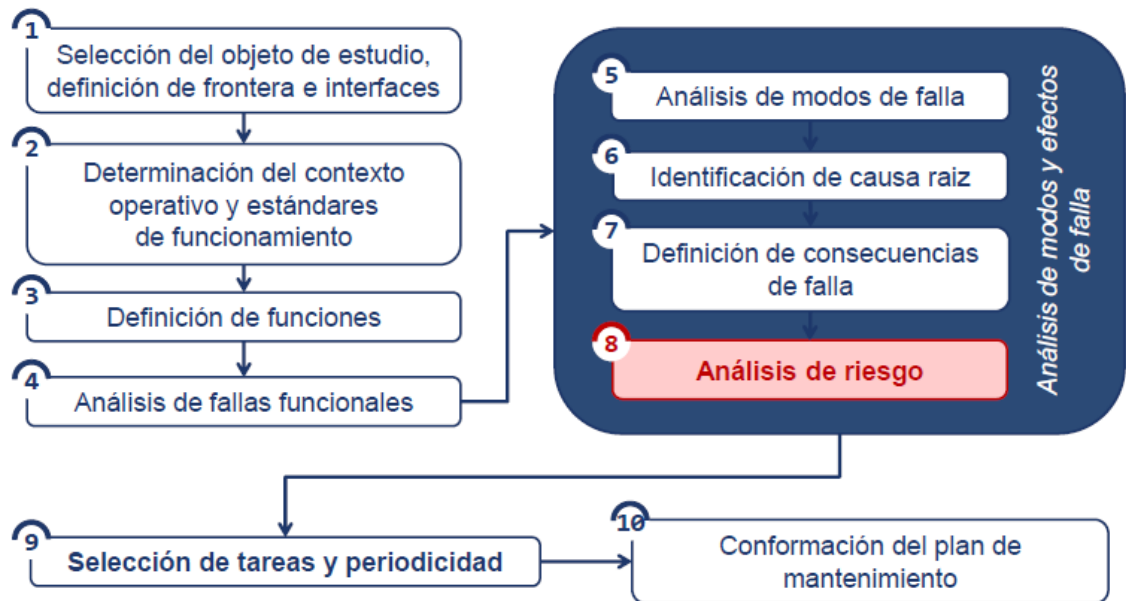
Figura 18. Matriz Valoración de Criticidad de Sistemas.

FRECUENCIA	4	MC	MC	C	C	C
	3	MC	MC	MC	C	C
	2	NC	NC	MC	C	C
	1	NC	NC	NC	MC	C
		10	20	30	40	50
		CONSECUENCIA				

El presente ejercicio fue realizado con el acompañamiento de los directivos de la empresa FERRETRONIC LTDA, los cuales confirmaron los resultados basados en su experiencia en el mantenimiento del grupo electrógeno FTC-PLU-001. De esta forma se evidencia que la experiencia obtenida para este análisis de criticidad es consecuente a la realidad y contexto del equipo.

En la figura 17 se observan el diagrama de flujo para el desarrollo de la propuesta de RCM de la planta estadio FTC-PLU-001, donde el objeto de estudio es el sistema de inyección de combustible FTC-PLU-001-M-SIC.

Figura 19. Diagrama de flujo del RCM



Fuente: Curso RCM. Ortiz Ruiz Consultores.

#### 4.4 DETERMINACIÓN DEL CONTEXTO OPERATIVO

El sistema de inyección de combustible es el encargado de dosificar, pulverizar e introducir a las cámaras de combustión, el combustible necesario en el instante y en el tiempo adecuado, bajo las siguientes condiciones: cuando el motor arranca 1,4 Kg/cm<sup>2</sup>. A carga plena dará aprox. 1,76 Kg/cm<sup>2</sup> y en velocidad alta en vacío unos 2,11 Kg/cm<sup>2</sup>.

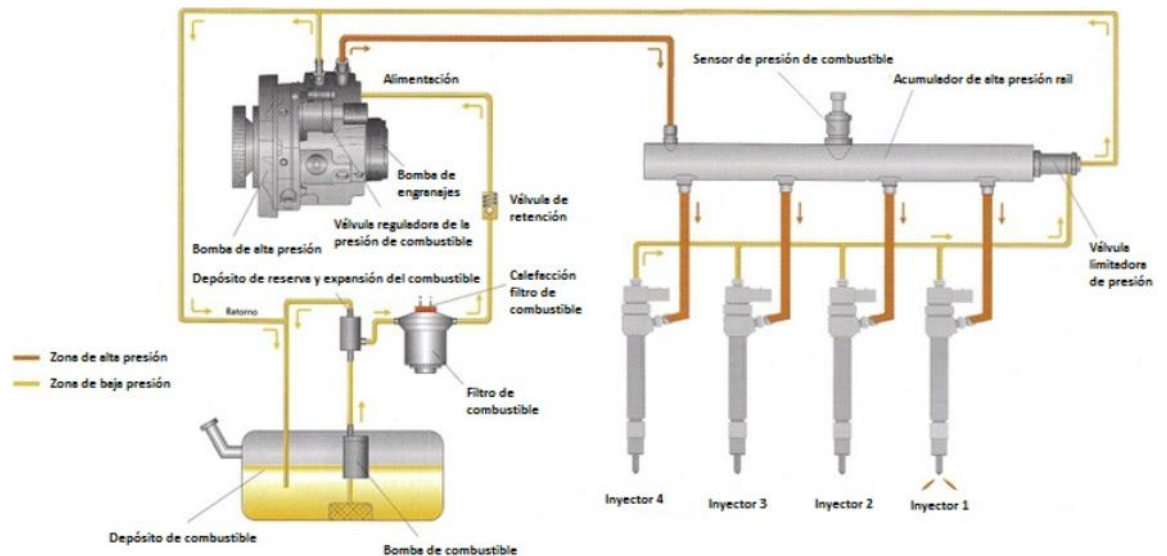
Este sistema tiene que poder inyectar con un comienzo y tiempo de duración muy exactos, a frecuencias que pueden llegar a más de 2000 ciclos por segundo, y por un período de millones de ciclos sin fallo. Lo anterior lo debe realizar cumpliendo las siguientes condiciones:

- Condición 1: El ángulo de avance a la inyección debe ser variable en función de la velocidad de giro del motor.
- Condición 2: El combustible debe ser inyectado al cilindro como un aerosol muy fino, cuyo comienzo y fin debe ser abrupto.

- Condición 3: La cantidad de combustible inyectado debe ser exacta de acuerdo a la carga del motor.
- Condición 4: El ritmo de la inyección debe cumplir con cierto patrón.
- Condición 5: El sistema de inyección debe garantizar una velocidad de giro máxima del motor aun sin carga.
- Condición 6: El sistema debe mantener fija la velocidad de rotación en ralentí con independencia de la carga del motor.

En la figura 7 se ilustra el sistema de Inyección FTC-PLU-001-M-SIC de la planta estadio FTC-PLU-001 en la empresa FERRETRONIC LTDA. El sistema cuenta con un filtro primario que evita que las posibles partículas en suspensión que se encuentran en el depósito sean adsorbidas por la bomba para combustible y sean enviados al circuito de baja presión. En el circuito de baja presión hay un filtro principal que protege del paso de solidos a la bomba de inyección. La bomba de inyección es la encargada de elevar la presión del diésel para que sea pulverizado en las cámaras de combustión gracias a los inyectores y el acumulador de presión mantiene estable el nivel de presión en el sistema.

Figura 7. Sistema de Inyección.



Fuente: <http://www.fbelectronica.com/Formacion-1/Curso-TDI.htm>

En la tabla 5, se observa la definición de entradas, salidas y las funciones de cada de los componentes para el sistema de inyección FTC-PLU-001-M-SIC.

Tabla 5. Definición de Entradas, Salidas y Funciones.

<b>DEFINICIÓN DE ENTRADAS, SALIDAS Y FUNCIONES SISTEMA DE INYECCIÓN FTC-PLU-001-M-SIC</b>			
<b>ENTRADA</b>	<b>CONTEXTO OPERACIONAL</b>		<b>SALIDA</b>
	<p>Dosificar, pulverizar e introducir a las cámaras de combustión, el combustible necesario en el instante y en el tiempo adecuado, bajo las siguientes condiciones: cuándo el motor arranca 1,4 Kg/cm<sup>2</sup>. A carga plena dará aprox. 1,76 Kg/cm<sup>2</sup> y en velocidad alta en vacío unos 2,11 Kg/cm<sup>2</sup>.</p> <p>Este sistema tiene que poder inyectar con un comienzo y tiempo de duración muy exactos, a frecuencias que pueden llegar a más de 2000 ciclos por segundo, y por un período de millones de ciclos sin fallo.</p>		
	<b>FUNCIONES</b>	<b>COMPONENTES</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪Combustible alimentado por el conducto de tanqueo</li> <li>▪Transmisión de potencia desde el volante del motor hasta la bomba de inyección.</li> <li>▪Alimentación de tensión de 12 Voltios para bomba de combustible del circuito de baja presión.</li> </ul>	<p>Almacenar 30 galones de combustible Diésel</p>	<p>Depósito de combustible</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪Combustible a Presión bajo las siguientes condiciones: cuándo el motor arranca de 1,4 Kg/cm<sup>2</sup>. A carga plena de 1,76 Kg/cm<sup>2</sup> y en velocidad alta en vacío de 2,11 Kg/cm<sup>2</sup>.</li> <li>▪Combustible dosificado y pulverizado hacia la cámara de combustión</li> <li>▪Señal de presión de combustible, hacia el sistema de control</li> </ul>
	<p>Extraer el combustible desde el depósito de almacenamiento e impulsarlo hacia el circuito de baja presión.</p>	<p>Bomba de combustible del circuito de baja presión</p>	
	<p>Filtrar las impurezas del combustible en el circuito de baja presión el circuito de baja presión.</p>	<p>Filtro de combustible</p>	

Tabla 5. Definición de Entradas, Salidas y Funciones.

<b>DEFINICIÓN DE ENTRADAS, SALIDAS Y FUNCIONES SISTEMA DE INYECCIÓN FTC-PLU-001-M-SIC</b>			
<b>ENTRADA</b>	<b>FUNCIONES</b>	<b>COMPONENTES</b>	<b>SALIDA</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪Combustible alimentado por el conducto de tanqueo</li> <li>▪Transmisión de potencia desde el volante del motor hasta la bomba de inyección.</li> <li>▪Alimentación de tensión de 12 Voltios para bomba de combustible del circuito de baja presión.</li> </ul>	<p>Bombear el combustible desde el circuito de baja presión hacia al circuito de alta presión, elevando su presión bajo las siguientes condiciones: cuándo el motor arranca de 1,4 Kg/cm<sup>2</sup>. A carga plena de 1,76 Kg/cm<sup>2</sup> y en velocidad alta en vacío de 2,11 Kg/cm<sup>2</sup>.</p>	Bomba de alta presión	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪Combustible a Presión bajo las siguientes condiciones: cuándo el motor arranca de 1,4 Kg/cm<sup>2</sup>. A carga plena de 1,76 Kg/cm<sup>2</sup> y en velocidad alta en vacío de 2,11 Kg/cm<sup>2</sup>.</li> <li>▪Combustible dosificado y pulverizado hacia la cámara de combustión</li> <li>▪Señal de presión de combustible, hacia el sistema de control</li> </ul>
	<p>Amortiguar mediante el volumen acumulado, oscilaciones de presión producidas por el suministro de la bomba de Inyección.</p>	Acumulador de alta presión Rail	
	<p>Inyectar combustible en las cámaras de combustión dosificado y pulverizado</p>	Inyectores	
	<p>Retornar el combustible que no se inyecta en la cámara de combustión a el depósito de combustible</p>	Circuito de retorno de combustible	

#### 4.5 ANÁLISIS DE FALLAS FUNCIONALES.

El RCM define falla funcional como el estado en el cual el componente pierde la función o la cumple de forma ineficiente. A partir de las funciones descritas del sistema de inyección FTC-PLU-001-M-SIC, se realizó la descripción de las fallas funcionales como se observa en la tabla 6.

Tabla 6. Definición de Fallas Funcionales.

Estándar de ejecución (Función)	Descripción Falla Funcional	Código de Falla Funcional
<p>Dosificar, pulverizar e introducir a las cámaras de combustión, el combustible necesario en el instante y en el tiempo adecuado, bajo las siguientes condiciones: cuando el motor arranca 1,4 Kg/cm<sup>2</sup>. A carga plena dará aprox. 1,76 Kg/cm<sup>2</sup> y en velocidad alta en vacío unos 2,11 Kg/cm<sup>2</sup>.</p> <p>Este sistema tiene que poder inyectar con un comienzo y tiempo de duración muy exactos, a frecuencias que pueden llegar a más de 2000 ciclos por segundo, y por un período de millones de ciclos sin fallo.</p>	No se mantienen almacenado el combustible	FF1
	No se extrae el combustible desde el depósito de almacenamiento para ser impulsado hacia el circuito de baja presión.	FF2
	No se filtran las impurezas del combustible en el circuito de baja presión.	FF3
	No se Bombea el combustible hacia las cámaras de combustión	FF4
	No se Bombea el combustible hacia las cámaras de combustión con la suficiente presión requerida	FF5
	No se Amortiguan las oscilaciones de presión producidas por el suministro de la bomba de Inyección.	FF7
	No se Inyecta combustible en las cámaras de combustión	FF8
	No se Inyecta el combustible en las cámaras de combustión con la dosificación exacta.	FF9
	No se Pulveriza el combustible a medida que se va inyectando en las cámaras de combustión	FF10
	No retorna el combustible al depósito	FF11

#### 4.6 DEFINICIÓN DE MODOS DE FALLA.

El modo de falla es el que provoca la pérdida de la función total o parcial de un componente en el sistema analizado, esto desde en su contexto operacional, cada falla funcional puede tener más de un modo de falla. A partir del análisis de las fallas funcionales del sistema de inyección FTC-PLU-001-M-SIC, se determinan

los modos de falla del sistema, como se observa en la tabla 7.

La empresa FERRETRONIC LTDA no cuenta con los históricos de falla, por lo cual, la definición de los diferentes modos de falla realizados al sistema de inyección de combustible FTC-PLU-001-M-SIC, se basó en la información extraída del conocimiento práctico y experiencia de los técnicos y directivos de la empresa FERRETRONIC LTDA.

Tabla 7. Definición de Modos de Falla.

Falla Funcional	Código de falla funcional	Modos de Falla	Código de modo de Falla
No se mantienen almacenado el combustible	FF1	Deposito de combustible con fuga	MF1
		Unión de ducto del tanque con fuga	MF2
		Tapa de flotador con fuga	MF3
		Tornillos de tapa de flotador flojos	MF4
No se extrae el combustible desde el deposito de almacenamiento para ser impulsado hacia el circuito de baja presión.	FF2	Filtro de entrada en el deposito obstruido	MF5
		líneas de flujo circuito de baja obstruidas	MF6
		bomba eléctrica de combustible quemada	MF7
		Tensión de alimentación de bomba menor 11.5 Voltios	MF8
No se filtran las impurezas del combustible en el circuito de baja presión.	FF3	Filtro de combustible saturado	MF9
		Filtro de combustible mal instalado	MF10
		Filtro de combustible perforado	MF11
		Filtro no cumple con estándares de microparticulas	MF12
No se Bombea el combustible hacia las cámaras de combustión	FF4	Piñón de engranaje roto en la bomba de inyección	MF13
		Aire en el circuito de inyección	MF14
		Bomba de inyección descalibrada. .	MF15
		Filtro de combustible obstruido	MF16
		Fugas de combustible por conductos y conexiones.	MF17
		Piñón de arrastre de bomba de inyección flojo	MF18
		Tubería hacia bomba de inyección obstruida	MF19
No se Bombea el combustible hacia las cámaras de combustión con la suficiente presión requerida	FF5	Aire en el circuito de inyección	MF14
		Bomba de inyección descalibrada. .	MF15
		Filtro de combustible saturado	MF20
		Fugas de combustible por conductos y conexiones.	MF17
		Tubería hacia bomba de inyección obstruida	MF19
No se Amortiguan las oscilaciones de presión producidas por el suministro de la bomba de Inyección.	FF6	Válvula limitadora de presión descalibrada	MF21
		Conducto de retorno del excedente de combustible obstruido.	MF22
No se Inyecta combustible en las cámaras de combustión	FF7	Inyector pegado	MF23
		Inyector Obstruido	MF24
		Inyector defectuoso	MF25
		Tensión de alimentación de bobina de inyector menor a 1.5V	MF26
		bobina de inyector defectuosa	MF27
		cable de alimentación aislado	MF28
		líneas de flujo obstruidas	MF29

Tabla 7. Definición de Modos de Falla.

Falla Funcional	Código de falla funcional	Modos de Falla	Código de modo de Falla
No se Inyecta el combustible en las cámaras de combustión con la dosificación exacta.	FF8	Inyector defectuoso	MF25
		Inyector descalibrado	MF30
		Inyector sucio	MF31
		bobina de inyector defectuosa	MF27
		Bomba de inyección descalibrada. .	MF15
		cable de alimentación aislado	MF28
No se Pulveriza el combustible a medida que se va inyectando en las cámaras de combustión	FF9	Inyector defectuoso	MF25
		Inyector descalibrado	MF30
		Inyector sucio	MF31
No retorna el combustible al deposito	FF10	Línea de retorno obstruida	MF32
		Inyector defectuoso	MF25
		retorno del inyector obstruido	MF33
		retorno del Acumulador de alta presión Rail obstruido	MF34

#### 4.7 DEFINICIÓN DE EFECTOS DE LAS FALLAS.

Los Efectos de las fallas describen que pasa cuando un modo de falla ocurre, permitiendo analizar la importancia de las fallas, y qué ocurre si se da el modo de falla. Ayuda a encontrar los modos de falla críticos, y a evaluar las consecuencias. A partir de los modos de falla definidos para el sistema de inyección de combustible FTC-PLU-001-M-SIC, se describen los efectos de falla en la tabla 8.

Tabla 8. Definición de Efectos de las Falla.

Falla Funcional	Código de falla funcional	Modos de Falla	Código de Modo de Falla	Efectos de las Fallas
No se mantienen almacenado el combustible	FF1	Depósito de combustible con fuga	MF1	Derrame de combustible en el área bajo la máquina, corrosión interna del tanque, se debe tener disponibilidad de combustible en el área, para corregir la fuga hay que detener el equipo. Perdidas en tiempo de operación del cliente de dos horas. Costo de reparación de 300 mil pesos.
		Unión de ducto del tanque con fuga	MF2	Derrame de combustible en el área bajo la máquina, efecto de la vibración, falta de mantenimiento preventivo, se debe tener disponibilidad de combustible en el área, para corregir la fuga hay que apretar la abrazadera de unión. Perdidas en tiempo de operación del cliente de 20 minutos.

Tabla 8. Definición de Efectos de las Falla.

Falla Funcional	Código de falla funcional	Modos de Falla	Código de Modo de Falla	Efectos de las Fallas
No se mantienen almacenado el combustible	FF1	Tapa de flotador con fuga	MF3	Derrame de combustible en el área bajo la máquina, efecto de la vibración, se debe tener disponibilidad de combustible en el área, para corregir la fuga hay que apretar la tapa del flotador. Perdidas en tiempo de operación del cliente de 20 minutos.
		Tornillos de tapa de flotador flojos	MF4	Derrame de combustible en el área bajo la máquina, se debe tener disponibilidad de combustible en el área, para corregir la fuga hay que torquar los tornillos de la tapa del flotador. Perdidas en tiempo de operación del cliente de 20 minutos.
No se extrae el combustible desde el depósito de almacenamiento para ser impulsado hacia el circuito de baja presión.	FF2	Filtro de entrada en el depósito obstruido	MF5	Motor no arranca, o arranca y se apaga de inmediato, se debe desmontar el filtro y realizar limpieza, hay que desmontar el depósito de combustible, depósito de combustible con presencia de sedimentos. Perdidas en tiempo de operación del cliente de una hora.
		líneas de flujo circuito de baja obstruidas	MF6	Motor no arranca, o arranca y se apaga de inmediato, se deben desmontar las líneas de flujo del circuito de baja y realizar fluching, depósito de combustible con presencia de sedimentos, Pérdidas en tiempo de operación del cliente de una hora.
		bomba eléctrica de combustible quemada	MF7	Motor no arranca, o arranca y se apaga de inmediato, se debe cambiar la bomba eléctrica de combustible de inmediato, bomba eléctrica arrancó en vacío o tapada por presencia de sedimentos en el depósito de combustible, Pérdidas en tiempo de operación del cliente dependiendo la ubicación geográfica del equipo., se debe contar con el repuesto, Costo de reparación de 250mil pesos.
		Tensión de alimentación de bomba menor 11.5 Voltios	MF8	Motor no arranca, o arranca y se apaga de inmediato, problema viene del sistema eléctrico, Perdidas en tiempo de operación del cliente de un hora.
No se filtran las impurezas del combustible en el circuito de baja presión.	FF3	Filtro de combustible saturado	MF9	Posible ralladura de los elementos internos de la bomba de inyección, Motor comienza a cascabelear, se debe bajar y limpiar el filtro de combustible, hay presencia de sedimentos en el depósito de combustible y en el circuito de baja presión, reparación de la bomba de inyección, costo de reparación 2 millones de pesos. Salida del equipo de operación.
		Filtro de combustible mal instalado	MF10	Posible ralladura de los elementos internos de la bomba de inyección, Motor comienza a cascabelear, error humano, se debe corregir la instalación del filtro de combustible, se debe realizar capacitación al personal, reparación de la bomba de inyección, costo de reparación 2 millones de pesos. Salida de operación de la máquina.

Tabla 8. Definición de Efectos de las Falla.

Falla Funcional	Código de falla funcional	Modos de Falla	Código de Modo de Falla	Efectos de las Fallas
No se filtran las impurezas del combustible en el circuito de baja presión.	FF3	Filtro de combustible perforado	MF11	Posible ralladura de los elementos internos de la bomba de inyección, Motor comienza a cascabelear, se debe cambiar de inmediato el filtro, contaminación con sedimentos en la bomba de inyección y en el circuito de inyección, reparación de la bomba de inyección, costo de reparación 2 millones de pesos. Salida de operación de la máquina.
		Filtro no cumple con estándares de microparticulas	MF12	Posible ralladura de los elementos internos de la bomba de inyección, Motor comienza a cascabelear, error humano, se debe cambiar el filtro por uno que cumpla con el estándar, se debe realizar capacitación al personal, reparación de la bomba de inyección, costo de reparación 2 millones de pesos. Salida de operación de la Máquina.
No se Bombea el combustible hacia las cámaras de combustión	FF4	Piñón de engranaje roto en la bomba de inyección	MF13	Motor no arranca, se debe desmontar la bomba de inyección y realizar cambio del piñón, fatiga en el material del piñón. Se debe tener disponible el piñón nuevo, costo de reparación 500mil pesos. Salida de operación de la máquina, Perdidas en tiempo de operación dependiendo la ubicación geográfica del equipo.
		Aire en el circuito de inyección	MF14	Motor no arranca, se debe purgar el circuito de inyección, hay acceso de aire por las uniones de las mangueras Y/o las tuberías. Salida de operación de la máquina, Perdidas en tiempo de operación del cliente de una hora.
		Bomba de inyección descalibrada. .	MF15	Motor no arranca, se debe desmontar la bomba de inyección y llevarla a banco de prueba, se cumplió el tiempo para calibración. Falta de Mantenimiento preventivo. Costo de reparación un millón de pesos. salida de operación de la máquina, Perdidas en tiempo de operación dependiendo la ubicación geográfica del equipo para ser remplazada por otro grupo electrógeno
		Filtro de combustible obstruido	MF16	Motor no arranca, se debe bajar y limpiar el filtro de combustible, contaminación con sedimentos en el depósito y en el circuito de inyección, Perdidas en tiempo de operación del cliente de una hora.
		Fugas de combustible por conductos y conexiones.	MF17	Motor no arranca, Derrame de combustible en el área bajo la máquina, se debe tener disponibilidad de combustible en el área, para corregir la fuga hay que detener el equipo. Perdidas en tiempo de operación del cliente de una hora.
		Piñón de arrastre de bomba de inyección flojo	MF18	Motor no arranca, se debe desmontar la bomba de inyección y realizar torqueo de los tornillos de sujeción del piñón, falta de Mantenimiento preventivo. Salida de operación de la máquina, Perdidas en tiempo de operación dependiendo la ubicación geográfica del equipo para ser remplazada por otro grupo electrógeno, costos de reparación 500 mil pesos.
		Tubería hacia bomba de inyección obstruida	MF19	Motor no arranca, se deben desmontar las líneas de flujo del circuito de alta y realizar fluching, Perdidas en tiempo de operación del cliente de una hora.

Tabla 8. Definición de Efectos de las Falla.

Falla Funcional	Código de falla funcional	Modos de Falla	Código de Modo de Falla	Efectos de las Fallas
No se Bombea el combustible hacia las cámaras de combustión con la suficiente presión requerida	FF5	Aire en el circuito de inyección	MF14	Baja Potencia del Motor, se debe purgar el circuito de inyección, hay acceso de aire por las uniones de las mangueras o las tuberías. Salida de operación de la máquina, Perdidas en tiempo de operación del cliente de una hora.
		Bomba de inyección descalibrada. .	MF15	Baja Potencia del Motor, se debe desmontar la bomba de inyección y llevarla a banco de prueba, se cumplió el tiempo para calibración. Costo de reparación un millón de pesos. salida de operación de la máquina, Perdidas en tiempo de operación dependiendo la ubicación geográfica del equipo para ser remplazada por otro grupo electrógeno
		Filtro de combustible saturado	MF20	Baja Potencia del Motor, se debe bajar y limpiar el filtro de combustible, contaminación con sedimentos en el depósito y en el circuito de inyección, Perdidas en tiempo de operación del cliente de una hora.
		Fugas de combustible por conductos y conexiones.	MF17	Baja Potencia del Motor, Derrame de combustible en el área bajo la máquina, se debe tener disponibilidad de combustible en el área, para corregir la fuga hay que detener el equipo. Perdidas en tiempo de operación del cliente de una hora.
		Tubería hacia bomba de inyección obstruida	MF19	Baja Potencia del Motor, se deben desmontar las líneas de flujo del circuito de alta y realizar fluching, Perdidas en tiempo de operación del cliente de una hora.
No se Amortiguan las oscilaciones de presión producidas por el suministro de la bomba de Inyección.	FF7	Válvula limitadora de presión descalibrada	MF21	Motor comienza a cascabelear, se debe calibrar la válvula limitadora de presión, se cumplió tiempo de calibración, Perdidas en tiempo de operación del cliente de una hora.
		Conducto de retorno del excedente de combustible obstruido.	MF22	Motor comienza a cascabelear, se deben desmontar las líneas de flujo del circuito de retorno y realizar fluching, Perdidas en tiempo de operación del cliente de una hora.
No se Inyecta combustible en las cámaras de combustión	FF8	Inyector pegado	MF23	Motor no arranca, se deben probar los inyectores uno a la vez. Se debe tener disponible el inyector nuevo, es recomendable cambiar el juego de inyectores, costo de reparación un millón de pesos. Pérdidas en tiempo de operación del cliente de una hora dependiendo la ubicación geográfica del equipo.
		Inyector Obstruido	MF24	Motor no arranca, se deben probar los inyectores uno a la vez. Se debe tener disponible el inyector nuevo, es recomendable cambiar el juego de inyectores, costo de reparación un millón de pesos. Pérdidas en tiempo de operación del cliente dependiendo de la ubicación geográfica del equipo.

Tabla 8. Definición de Efectos de las Falla.

Falla Funcional	Código de falla funcional	Modos de Falla	Código de Modo de Falla	Efectos de las Fallas
No se Inyecta combustible en las cámaras de combustión	FF8	Inyector defectuoso	MF25	Motor no arranca, se deben probar los inyectores uno a la vez. Se debe tener disponible el inyector nuevo, es recomendable cambiar el juego de inyectores, y usar inyectores de buena calidad, costo de reparación un millón de pesos. Pérdidas en tiempo de operación del cliente dependiendo la ubicación geográfica del equipo.
		Tensión de alimentación de bobina de inyector menor a 1.5V	MF26	Motor no arranca, problema viene del sistema eléctrico, Perdidas en tiempo de operación del cliente de un hora.
		bobina de inyector defectuosa	MF27	Motor no arranca, se deben probar los inyectores uno a la vez. Se debe tener disponible el inyector nuevo, es recomendable cambiar el juego de inyectores, y usar inyectores de buena calidad, costo de reparación un millón de pesos. Pérdidas en tiempo de operación del cliente dependiendo la ubicación geográfica del equipo.
		cable de alimentación aislado	MF28	Motor no arranca, problema viene del sistema eléctrico, Perdidas en tiempo de operación del cliente de un hora.
		líneas de flujo obstruidas	MF29	Motor no arranca, se deben desmontar las líneas de flujo del circuito y realizar fluching, Perdidas en tiempo de operación del cliente de una hora.
No se Inyecta el combustible en las cámaras de combustión con la dosificación exacta.	FF9	Inyector defectuoso	MF25	Motor comienza a cascabelear, Baja Potencia del Motor, se deben probar los inyectores uno a la vez. Se debe tener disponible el inyector nuevo, es recomendable cambiar el juego de inyectores, y usar inyectores de buena calidad, costo de reparación un millón de pesos. Pérdidas en tiempo de operación del cliente dependiendo la ubicación geográfica del equipo.
		Inyector descalibrado	MF30	Motor comienza a cascabelear, Baja Potencia del Motor, se deben probar los inyectores uno a la vez. Se debe tener disponible el inyector nuevo, bajar el inyector, remplazarlo y el inyector descalibrado llevarlo a banco de prueba, costo de reparación un millón de pesos. Pérdidas en tiempo de operación del cliente dependiendo la ubicación geográfica del equipo.
		Inyector sucio	MF31	Motor comienza a cascabelear, Baja Potencia del Motor, se deben probar los inyectores uno a la vez. Se debe tener disponible el inyector nuevo, bajar el inyector, remplazarlo y el inyector sucio llevarlo a banco de prueba, verificar la calidad del Diésel, costo de reparación un millón de pesos. Pérdidas en tiempo de operación del cliente dependiendo la ubicación geográfica del equipo.
		bobina de inyector defectuosa	MF27	Motor comienza a cascabelear, Baja Potencia del Motor, se deben probar los inyectores uno a la vez. Se debe tener disponible el inyector nuevo, es recomendable cambiar el juego de inyectores, y usar inyectores de buena calidad, costo de reparación un millón de pesos. Pérdidas en tiempo de operación del cliente dependiendo la ubicación geográfica del equipo.

Tabla 8. Definición de Efectos de las Falla.

Falla Funcional	Código de falla funcional	Modos de Falla	Código de Modo de Falla	Efectos de las Fallas
No se Inyecta el combustible en las cámaras de combustión con la dosificación exacta.	FF9	Bomba de inyección descalibrada. .	MF15	Motor no arranca, se debe desmontar la bomba de inyección y llevarla a banco de prueba, se cumplió el tiempo para calibración. Costo de reparación un millón de pesos. salida de operación de la máquina, Perdidas en tiempo de operación dependiendo la ubicación geográfica del equipo para ser remplazada por otro grupo electrógeno
		cable de alimentación aislado	MF28	Perdida de potencia del motor, problema viene del sistema eléctrico, Perdidas en tiempo de operación del cliente de un hora.
No se Pulveriza el combustible a medida que se va inyectando en las cámaras de combustión	FF10	Inyector defectuoso	MF25	Motor comienza a cascabelear, Baja Potencia del Motor, se deben probar los inyectores uno a la vez. Se debe tener disponible el inyector nuevo, es recomendable cambiar el juego de inyectores, y usar inyectores de buena calidad, costo de reparación un millón de pesos. Pérdidas en tiempo de operación del cliente dependiendo la ubicación geográfica del equipo.
		Inyector descalibrado	MF30	Motor comienza a cascabelear, Baja Potencia del Motor, se deben probar los inyectores uno a la vez. Se debe tener disponible el inyector nuevo, bajar el inyector, remplazarlo y el inyector descalibrado llevarlo a banco de prueba, costo de reparación un millón de pesos. Pérdidas en tiempo de operación del cliente de pendiendo la ubicación geográfica del equipo.
		Inyector sucio	MF31	Motor comienza a cascabelear, Baja Potencia del Motor, se deben probar los inyectores uno a la vez. Se debe tener disponible el inyector nuevo, bajar el inyector, remplazarlo y el inyector sucio llevarlo a banco de prueba, verificar la calidad del Diésel, costo de reparación un millón de pesos. Pérdidas en tiempo de operación del cliente dependiendo la ubicación geográfica del equipo.
No retorna el combustible al deposito	FF11	Línea de retorno obstruida	MF32	Motor comienza a cascabelear, Baja Potencia del Motor , se deben desmontar las líneas de retorno y realizar fluching, Perdidas en tiempo de operación del cliente de una hora.
		Inyector defectuoso	MF25	Motor comienza a cascabelear, Baja Potencia del Motor, se deben probar los inyectores uno a la vez. Se debe tener disponible el inyector nuevo, es recomendable cambiar el juego de inyectores, y usar inyectores de buena calidad, costo de reparación un millón de pesos. Pérdidas en tiempo de operación del cliente dependiendo la ubicación geográfica del equipo.
		retorno del inyector obstruido	MF33	Motor comienza a cascabelear, Baja Potencia del Motor, se deben probar los inyectores uno a la vez. Se debe tener disponible el inyector nuevo, bajar el inyector, remplazarlo y el inyector sucio llevarlo a banco de prueba, verificar la calidad del Diésel, costo de reparación un millón de pesos. Pérdidas en tiempo de operación del cliente de una hora.

#### 4.8 ANÁLISIS DE RIESGO DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA

La Evaluación cualitativa del riesgo se realiza evaluando la Frecuencia de ocurrencia por las Consecuencias, según los valores definidos por el autor de la presente monografía y avalados por los directivos de FERRETRONIC LTDA según la tabla 9.

Tabla 9. Matriz de Nivel de Criticidad

	A	A	MA	MA	MA	Nivel de Criticidad	
5	M	M	A	A	MA	MA	MUY ALTO
4	M	M	M	A	MA	A	ALTO
3	B	B	B	M	A	M	MEDIO
2	B	B	B	B	M	B	BAJO
1							
	1	2	3	4	5		

Los criterios de evaluación para determinar el nivel de criticidad fueron definidos por los directivos de FERRETRONIC LTDA y consignados por el autor de la presente monografía en la tabla 10.

Tabla 10. Criterios de Evaluación de Criticidad

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	
FRECUENCIA	
CRITERIO	EVALUACIÓN
MENOS DE 1 EVENTO AL AÑO	1
ENTRE 1 Y 2 EVENTOS AL AÑO	2
ENTRE 2 Y 4 EVENTOS AL AÑO	3
ENTRE 4 Y 6 EVENTOS A AÑO	4
MAS DE 6 EVENTOS AL AÑO	5

Tabla 10. Criterios de Evaluación de Criticidad

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	
IMPACTO EN SEGURIDAD HIGUIETE Y AMBIENTE	
CRITERIO	EVALUACIÓN
NO GENERA NIGUN IMPACTO AMBIENTAL	1
EVENTO GENERA IMPACTOS MENORES EN SEGURIDAD Y/O INCIDENTE AMBIENTAL CONTROLABLE	2
EVENTO GENERA DAÑOS A LA INTEGRIDAD FISICA DE LOS ACTIVOS Y/O AFECTACIÓN MODERADA AL AMBIENTE	3
EVENTO GENERA LESIÓN INCAPACITANTE Y/O AFECTACIÓN SENSIBLE AL AMBIENTE	4
EVENTO CATASTROFICO MUERTE Y/O ALTO IMPACTO AMBIENTAL	5
COSTO DE REPARACIÓN	
CRITERIO	EVALUACIÓN
COSTO INFERIOR A 100 MIL PESOS	1
COSTO ENTRE 100 MIL Y 200 MIL PESOS	2
COSTO ENTRE 200 MIL Y 500 MIL PESOS	3
COSTO ENTRE 500 MIL Y UN MILON DE PESOS	4
COSTO SUPERIOR A UN MILLON DE PESOS	5
PERDIDAS EN TIEMPO DE OPERACIÓN DEL CLIENTE	
CRITERIO	EVALUACIÓN
MENOS DE UNA HORA	1
ENTRE UNA Y DOS HORAS	2
ENTRE DOS Y TRES HORAS	3
ENTRE TRES Y CUATRO HORAS	4
ENTRE CUATRO Y 6 HORAS	5
SALIDA DE OPERACIÓN DE LA MAQUINA	6

Los resultados del análisis de riesgo de modos y efectos de falla se consignaron en la tabla 11, como se muestra a continuación.

Tabla 11. Resultados del Análisis de Riesgo de Modos y Efectos de Falla

Falla Funcional	Código de falla funcional	Modos de Falla	Código de Modo de Falla	Efectos de las Fallas	Es evidente para los operarios?	FRECUENCIA DE FALLA	IMPACTO EN HSE	COSTO DE REPARACIÓN	PERDIDAS EN TIEMPO DE OPERACIÓN DEL CLIENTE	IMPACTO EN EL NEGOCIO	CONSECUENCIA	NIVEL DE CRITICIDAD
No se mantienen almacenado el combustible	FF1	Depósito de combustible con fuga	MF1	Derrame de combustible en el área bajo la máquina, corrosión interna del tanque, se debe tener disponibilidad de combustible en el área, para corregir la fuga hay que detener el equipo. Perdidas en tiempo de operación del cliente de dos horas. Costo de reparación de 300 mil pesos.	SI	1	3	3	3	3	3	M
		Unión de ducto del tanque con fuga	MF2	Derrame de combustible en el área bajo la máquina, efecto de la vibración, falta de mantenimiento preventivo, se debe tener disponibilidad de combustible en el área, para corregir la fuga hay que apretar la abrazadera de unión. Perdidas en tiempo de operación del cliente de 20 minutos.	SI	1	2	1	1	1	2	B
		Tapa de flotador con fuga	MF3	Derrame de combustible en el área bajo la máquina, efecto de la vibración, se debe tener disponibilidad de combustible en el área, para corregir la fuga hay que apretar la tapa del flotador . Perdidas en tiempo de operación del cliente de 20 minutos.	SI	1	2	1	1	1	2	B
		Tornillos de tapa de flotador flojos	MF4	Derrame de combustible en el área bajo la máquina, se debe tener disponibilidad de combustible en el área, para corregir la fuga hay que torquear los tornillos de la tapa del flotador . Perdidas en tiempo de operación del cliente de 20 minutos.	SI	1	2	1	1	1	2	B
No se extrae el combustible desde el depósito de almacenamiento para ser impulsado hacia el circuito de baja presión.	FF2	Filtro de entrada en el depósito obstruido	MF5	Motor no arranca, o arranca y se apaga de inmediato, se debe desmontar el filtro y realizar limpieza, hay que desmontar el depósito de combustible, depósito de combustible con presencia de sedimentos. Perdidas en tiempo de operación del cliente de una hora.	NO	3	1	1	2	2	2	B

Tabla 11. Resultados del Análisis de Riesgo de Modos y Efectos de Falla

Falla Funcional	Código de falla funcional	Modos de Falla	Código de Modo de Falla	Efectos de las Fallas	Es evidente para los operarios?	FRECUENCIA DE FALLA	IMPACTO EN HSE	COSTO DE REPARACION	PERDIDAS EN TIEMPO DE OPERACION DEL CLIENTE	IMPACTO EN EL NEGOCIO	CONSECUENCIA	NIVEL DE CRITICIDAD
No se extrae el combustible desde el depósito de almacenamiento para ser impulsado hacia el circuito de baja presión.	FF2	líneas de flujo circuito de baja obstruidas	MF6	Motor no arranca, o arranca y se apaga de inmediato, se deben desmontar las líneas de flujo del circuito de baja y realizar fluching, depósito de combustible con presencia de sedimentos, Pérdidas en tiempo de operación del cliente de una hora.	NO	2	1	1	2	2	2	B
		bomba eléctrica de combustible e quemada	MF7	Motor no arranca, o arranca y se apaga de inmediato, se debe cambiar la bomba eléctrica de combustible de inmediato, bomba eléctrica arrancó en vacío o tapada por presencia de sedimentos en el depósito de combustible, Pérdidas en tiempo de operación del cliente dependiendo la ubicación geográfica del equipo., se debe contar con el repuesto, Costo de reparación de 250mil pesos.	NO	1	1	3	5	4	3	M
		Tensión de alimentación de bomba menor 11.5 Voltios	MF8	Motor no arranca, o arranca y se apaga de inmediato, problema viene del sistema eléctrico, Perdidas en tiempo de operación del cliente de un hora.	NO	1	1	1	2	2	2	B
No se filtran las impurezas del combustible en el circuito de baja presión.	FF3	Filtro de combustible e saturado	MF9	Posible ralladura de los elementos internos de la bomba de inyección, Motor comienza a cascabelear, se debe bajar y limpiar el filtro de combustible, hay presencia de sedimentos en el depósito de combustible y en el circuito de baja presión, reparación de la bomba de inyección, costo de reparación 2 millones de pesos. Salida del equipo de operación.	NO	1	3	5	6	6	5	A

Tabla 11. Resultados del Análisis de Riesgo de Modos y Efectos de Falla

Falla Funcional	Código de falla funcional	Modos de Falla	Código de Modo de Falla	Efectos de las Fallas	Es evidente para los operarios?	FRECUENCIA DE FALLA	IMPACTO EN HSE	COSTO DE REPARACION	PERDIDAS EN TIEMPO DE OPERACIÓN DEL CLIENTE	IMPACTO EN EL NEGOCIO	CONSECUENCIA	NIVEL DE CRITICIDAD
No se filtran las impurezas del combustible en el circuito de baja presión.	FF3	Filtro de combustible mal instalado	MF10	Posible ralladura de los elementos internos de la bomba de inyección, Motor comienza a cascabelear, error humano, se debe corregir la instalación del filtro de combustible, se debe realizar capacitación al personal, reparación de la bomba de inyección, costo de reparación 2 millones de pesos. Salida de operación de la máquina.	NO	1	3	5	6	6	5	A
		Filtro de combustible perforado	MF11	Posible ralladura de los elementos internos de la bomba de inyección, Motor comienza a cascabelear, se debe cambiar de inmediato el filtro, contaminación con sedimentos en la bomba de inyección y en el circuito de inyección, reparación de la bomba de inyección, costo de reparación 2 millones de pesos. Salida de operación de la máquina.	NO	1	3	5	6	6	5	A
		Filtro no cumple con estándares de micropartículas	MF12	Posible ralladura de los elementos internos de la bomba de inyección, Motor comienza a cascabelear, error humano, se debe cambiar el filtro por uno que cumpla con el estándar, se debe realizar capacitación al personal, reparación de la bomba de inyección, costo de reparación 2 millones de pesos. Salida de operación de la Máquina.	NO	1	3	5	6	6	5	A
No se Bombea el combustible hacia las cámaras de combustión	FF4	Piñón de engranaje roto en la bomba de inyección	MF13	Motor no arranca, se debe desmontar la bomba de inyección y realizar cambio del piñón, fatiga en el material del piñón. Se debe tener disponible el piñón nuevo, costo de reparación 500mil pesos. Salida de operación de la máquina, Perdidas en tiempo de operación dependiendo la ubicación geográfica del equipo.	NO	1	1	3	6	5	3	M

Tabla 11. Resultados del Análisis de Riesgo de Modos y Efectos de Falla

Falla Funcional	Código de falla funcional	Modos de Falla	Código de Modo de Falla	Efectos de las Fallas	Es evidente para los operarios?	FRECUENCIA DE FALLA	IMPACTO EN HSE	COSTO DE REPARACIÓN	PERDIDAS EN TIEMPO DE OPERACIÓN DEL CLIENTE	IMPACTO EN EL NEGOCIO	CONSECUENCIA	NIVEL DE CRITICIDAD
No se Bombea el combustible hacia las cámaras de combustión	FF4	Aire en el circuito de inyección	MF14	Motor no arranca, se debe purgar el circuito de inyección, hay acceso de aire por las uniones de las mangueras Y/o las tuberías. Salida de operación de la máquina, Perdidas en tiempo de operación del cliente de una hora.	NO	2	1	1	2	2	2	B
		Bomba de inyección descalibrada.	MF15	Motor no arranca, se debe desmontar la bomba de inyección y llevarla a banco de prueba, se cumplió el tiempo para calibración. Falta de Mantenimiento preventivo. Costo de reparación un millón de pesos. salida de operación de la máquina, Perdidas en tiempo de operación dependiendo la ubicación geográfica del equipo para ser remplazada por otro grupo electrógeno	NO	1	1	5	6	6	4	M
		Filtro de combustible obstruido	MF16	Motor no arranca, se debe bajar y limpiar el filtro de combustible, contaminación con sedimentos en el depósito y en el circuito de inyección, Perdidas en tiempo de operación del cliente de una hora.	NO	2	1	1	2	2	2	B
		Fugas de combustible por conductos y conexiones.	MF17	Motor no arranca, Derrame de combustible en el área bajo la máquina, se debe tener disponibilidad de combustible en el área, para corregir la fuga hay que detener el equipo. Perdidas en tiempo de operación del cliente de una hora.	SI	1	2	1	2	2	2	B
		Piñón de arrastre de bomba de inyección flojo	MF18	Motor no arranca, se debe desmontar la bomba de inyección y realizar torqueo de los tornillos de sujeción del piñón, falta de Mantenimiento preventivo. Salida de operación de la máquina, Perdidas en tiempo de operación dependiendo la ubicación geográfica del equipo para ser remplazada por otro grupo electrógeno, costos de reparación 500 mil pesos.	NO	1	1	4	6	5	3	M

Tabla 11. Resultados del Análisis de Riesgo de Modos y Efectos de Falla

Falla Funcional	Código de falla funcional	Modos de Falla	Código de Modo de Falla	Efectos de las Fallas	Es evidente para los operarios?	FRECUENCIA DE FALLA	IMPACTO EN HSE	COSTO DE REPARACIÓN	PERDIDAS EN TIEMPO DE OPERACIÓN DEL CLIENTE	IMPACTO EN EL NEGOCIO	CONSECUENCIA	NIVEL DE CRITICIDAD
No se Bombea el combustible hacia las cámaras de combustión	FF4	Tubería hacia bomba de inyección obstruida	MF19	Motor no arranca, se deben desmontar las líneas de flujo del circuito de alta y realizar fluching, Perdidas en tiempo de operación del cliente de una hora.	NO	1	1	1	2	2	2	B
No se Bombea el combustible hacia las cámaras de combustión con la suficiente presión requerida	FF5	Aire en el circuito de inyección	MF14	Baja Potencia del Motor, se debe purgar el circuito de inyección, hay acceso de aire por las uniones de las mangueras o las tuberías. Salida de operación de la máquina, Perdidas en tiempo de operación del cliente de una hora.	NO	2	2	1	2	2	2	B
		Bomba de inyección descalibrada.	MF15	Baja Potencia del Motor, se debe desmontar la bomba de inyección y llevarla a banco de prueba, se cumplió el tiempo para calibración. Costo de reparación un millón de pesos. salida de operación de la máquina, Perdidas en tiempo de operación dependiendo de la ubicación geográfica del equipo para ser remplazada por otro grupo electrógeno	NO	1	2	5	6	6	4	M
		Filtro de combustible saturado	MF20	Baja Potencia del Motor, se debe bajar y limpiar el filtro de combustible, contaminación con sedimentos en el depósito y en el circuito de inyección, Perdidas en tiempo de operación del cliente de una hora.	NO	3	2	1	2	2	2	B
		Fugas de combustible por conductos y conexiones.	MF17	Baja Potencia del Motor, Derrame de combustible en el área bajo la máquina, se debe tener disponibilidad de combustible en el área, para corregir la fuga hay que detener el equipo. Perdidas en tiempo de operación del cliente de una hora.	SI	1	2	1	2	2	2	B
		Tubería hacia bomba de inyección obstruida	MF19	Baja Potencia del Motor, se deben desmontar las líneas de flujo del circuito de alta y realizar fluching, Perdidas en tiempo de operación del cliente de una hora.	NO	1	2	1	2	2	2	B

Tabla 11. Resultados del Análisis de Riesgo de Modos y Efectos de Falla

Falla Funcional	Código de falla funcional	Modos de Falla	Código de Modo de Falla	Efectos de las Fallas	Es evidente para los operarios?	FRECUENCIA DE FALLA	IMPACTO EN HSE	COSTO DE REPARACIÓN	PERDIDAS EN TIEMPO DE OPERACIÓN DEL CLIENTE	IMPACTO EN EL NEGOCIO	CONSECUENCIA	NIVEL DE CRITICIDAD
No se Amortigua n las oscilaciones de presión producidas por el suministro de la bomba de Inyección.	FF7	Válvula limitadora de presión descalibrada	MF21	Motor comienza a cascabelear, se debe calibrar la válvula limitadora de presión, se cumplió tiempo de calibración, Perdidas en tiempo de operación del cliente de una hora.	NO	1	2	1	2	2	2	B
		Conducto de retorno del excedente de combustible obstruido.	MF22	Motor comienza a cascabelear, se deben desmontar las líneas de flujo del circuito de retorno y realizar fluching, Perdidas en tiempo de operación del cliente de una hora.	NO	1	2	1	2	2	2	B
No se Inyecta combustible en las cámaras de combustión	FF8	Inyector pegado	MF23	Motor no arranca, se deben probar los inyectores uno a la vez. Se debe tener disponible el inyector nuevo, es recomendable cambiar el juego de inyectores, costo de reparación un millón de pesos. Pérdidas en tiempo de operación del cliente de una hora dependiendo la ubicación geográfica del equipo.	NO	2	1	5	5	5	3	M
		Inyector Obstruido	MF24	Motor no arranca, se deben probar los inyectores uno a la vez. Se debe tener disponible el inyector nuevo, es recomendable cambiar el juego de inyectores, costo de reparación un millón de pesos. Pérdidas en tiempo de operación del cliente dependiendo de la ubicación geográfica del equipo.	NO	2	1	5	5	5	3	M
		Inyector defectuoso	MF25	Motor no arranca, se deben probar los inyectores uno a la vez. Se debe tener disponible el inyector nuevo, es recomendable cambiar el juego de inyectores, y usar inyectores de buena calidad, costo de reparación un millón de pesos. Pérdidas en tiempo de operación del cliente dependiendo la ubicación geográfica del equipo.	NO	1	1	5	5	5	3	M

Tabla 11. Resultados del Análisis de Riesgo de Modos y Efectos de Falla

Falla Funcional	Código de falla funcional	Modos de Falla	Código de Modo de Falla	Efectos de las Fallas	Es evidente para los operarios?	FRECUENCIA DE FALLA	IMPACTO EN HSE	COSTO DE REPARACIÓN	PERDIDAS EN TIEMPO DE OPERACIÓN DEL CLIENTE	IMPACTO EN EL NEGOCIO	CONSECUENCIA	NIVEL DE CRITICIDAD
No se Inyecta combustible en las cámaras de combustión	FF8	Tensión de alimentación de bobina de inyector menor a 1.5V	MF26	Motor no arranca, problema viene del sistema eléctrico, Pérdidas en tiempo de operación del cliente de un hora.	NO	1	1	1	2	2	2	B
		bobina de inyector defectuosa	MF27	Motor no arranca, se deben probar los inyectores uno a la vez. Se debe tener disponible el inyector nuevo, es recomendable cambiar el juego de inyectores, y usar inyectores de buena calidad, costo de reparación un millón de pesos. Pérdidas en tiempo de operación del cliente dependiendo la ubicación geográfica del equipo.	NO	1	1	5	5	5	3	M
		cable de alimentación aislado	MF28	Motor no arranca, problema viene del sistema eléctrico, Pérdidas en tiempo de operación del cliente de un hora.	NO	1	1	1	2	2	2	B
		líneas de flujo obstruidas	MF29	Motor no arranca, se deben desmontar las líneas de flujo del circuito y realizar flushing, Pérdidas en tiempo de operación del cliente de una hora.	NO	1	1	1	2	2	2	B
No se Inyecta el combustible en las cámaras de combustión con la dosificación exacta.	FF9	Inyector defectuoso	MF25	Motor comienza a cascabelear, Baja Potencia del Motor, se deben probar los inyectores uno a la vez. Se debe tener disponible el inyector nuevo, es recomendable cambiar el juego de inyectores, y usar inyectores de buena calidad, costo de reparación un millón de pesos. Pérdidas en tiempo de operación del cliente dependiendo la ubicación geográfica del equipo.	NO	1	2	5	5	5	4	M

Tabla 11. Resultados del Análisis de Riesgo de Modos y Efectos de Falla

Falla Funcional	Código de falla funcional	Modos de Falla	Código de Modo de Falla	Efectos de las Fallas	Es evidente para los operarios?	FRECUENCIA DE FALLA	IMPACTO EN HSE	COSTO DE REPARACIÓN	PERDIDAS EN TIEMPO DE OPERACIÓN DEL CLIENTE	IMPACTO EN EL NEGOCIO	CONSECUENCIA	NIVEL DE CRITICIDAD
No se Inyecta el combustible en las cámaras de combustión con la dosificación exacta.	FF9	Inyector descalibrado	MF30	Motor comienza a cascabelear, Baja Potencia del Motor, se deben probar los inyectores uno a la vez. Se debe tener disponible el inyector nuevo, bajar el inyector, remplazarlo y el inyector descalibrado llevarlo a banco de prueba, costo de reparación un millón de pesos. Pérdidas en tiempo de operación del cliente dependiendo la ubicación geográfica del equipo.	NO	1	2	5	5	5	4	M
		Inyector sucio	MF31	Motor comienza a cascabelear, Baja Potencia del Motor, se deben probar los inyectores uno a la vez. Se debe tener disponible el inyector nuevo, bajar el inyector, remplazarlo y el inyector sucio llevarlo a banco de prueba, verificar la calidad del Diésel, costo de reparación un millón de pesos. Pérdidas en tiempo de operación del cliente dependiendo la ubicación geográfica del equipo.	NO	2	2	5	5	5	4	M
		bobina de inyector defectuosa	MF27	Motor comienza a cascabelear, Baja Potencia del Motor, se deben probar los inyectores uno a la vez. Se debe tener disponible el inyector nuevo, es recomendable cambiar el juego de inyectores, y usar inyectores de buena calidad, costo de reparación un millón de pesos. Pérdidas en tiempo de operación del cliente dependiendo la ubicación geográfica del equipo.	NO	1	2	5	5	5	4	M
		Bomba de inyección descalibrada.	MF15	Motor no arranca, se debe desmontar la bomba de inyección y llevarla a banco de prueba, se cumplió el tiempo para calibración. Costo de reparación un millón de pesos. salida de operación de la máquina, Perdidas en tiempo de operación dependiendo la ubicación geográfica del equipo para ser remplazada por otro grupo electrógeno	NO	1	1	5	6	6	4	M

Tabla 11. Resultados del Análisis de Riesgo de Modos y Efectos de Falla

Falla Funcional	Código de falla funcional	Modos de Falla	Código de Modo de Falla	Efectos de las Fallas	Es evidente para los operarios?	FRECUENCIA DE FALLA	IMPACTO EN HSE	COSTO DE REPARACIÓN	PERDIDAS EN TIEMPO DE OPERACIÓN DEL CLIENTE	IMPACTO EN EL NEGOCIO	CONSECUENCIA	NIVEL DE CRITICIDAD
No se Inyecta el combustible en las cámaras de combustión con la dosificación exacta.	FF9	cable de alimentación aislado	MF28	perdida de potencia del motor, problema viene del sistema eléctrico, Pérdidas en tiempo de operación del cliente de un hora.	NO	1	2	1	2	2	2	B
No se Pulveriza el combustible a medida que se va inyectando en las cámaras de combustión	FF10	Inyector defectuoso	MF25	Motor comienza a cascabelear, Baja Potencia del Motor, se deben probar los inyectores uno a la vez. Se debe tener disponible el inyector nuevo, es recomendable cambiar el juego de inyectores, y usar inyectores de buena calidad, costo de reparación un millón de pesos. Pérdidas en tiempo de operación del cliente dependiendo la ubicación geográfica del equipo.	NO	1	2	5	5	5	4	M
		Inyector descalibrado	MF30	Motor comienza a cascabelear, Baja Potencia del Motor, se deben probar los inyectores uno a la vez. Se debe tener disponible el inyector nuevo, bajar el inyector, remplazarlo y el inyector descalibrado llevarlo a banco de prueba, costo de reparación un millón de pesos. Pérdidas en tiempo de operación del cliente dependiendo la ubicación geográfica del equipo.	NO	1	2	5	5	5	4	M
		Inyector sucio	MF31	Motor comienza a cascabelear, Baja Potencia del Motor, se deben probar los inyectores uno a la vez. Se debe tener disponible el inyector nuevo, bajar el inyector, remplazarlo y el inyector sucio llevarlo a banco de prueba, verificar la calidad del Diésel, costo de reparación un millón de pesos. Pérdidas en tiempo de operación del cliente dependiendo la ubicación geográfica del equipo.	NO	2	2	5	5	5	4	M

Tabla 11. Resultados del Análisis de Riesgo de Modos y Efectos de Falla

Falla Funcional	Código de falla funcional	Modos de Falla	Código de Modo de Falla	Efectos de las Fallas	Es evidente para los operarios?	FRECUENCIA DE FALLA	IMPACTO EN HSE	COSTO DE REPARACIÓN	PERDIDAS EN TIEMPO DE OPERACIÓN DEL CLIENTE	IMPACTO EN EL NEGOCIO	CONSECUENCIA	NIVEL DE CRITICIDAD
No retorna el combustible al depósito	FF11	Línea de retorno obstruida	MF32	Motor comienza a cascabelear, Baja Potencia del Motor, se deben desmontar las líneas de retorno y realizar fluching, Pérdidas en tiempo de operación del cliente de una hora.	NO	1	1	1	2	2	2	B
		Inyector defectuoso	MF25	Motor comienza a cascabelear, Baja Potencia del Motor, se deben probar los inyectores uno a la vez. Se debe tener disponible el inyector nuevo, es recomendable cambiar el juego de inyectores, y usar inyectores de buena calidad, costo de reparación un millón de pesos. Pérdidas en tiempo de operación del cliente dependiendo la ubicación geográfica del equipo.	NO	1	2	5	5	5	4	M
		retorno del inyector obstruido	MF33	Motor comienza a cascabelear, Baja Potencia del Motor, se deben probar los inyectores uno a la vez. Se debe tener disponible el inyector nuevo, bajar el inyector, reemplazarlo y el inyector sucio llevarlo a banco de prueba, verificar la calidad del Diésel, costo de reparación un millón de pesos. Pérdidas en tiempo de operación del cliente de una hora.	NO	1	2	5	2	4	3	M
		retorno del Acumulador de alta presión Rail obstruido	MF34	Motor comienza a cascabelear, Baja Potencia del Motor, se deben desmontar Acumulador y realizar limpieza, Pérdidas en tiempo de operación del cliente de dos horas.	NO	1	2	1	3	2	2	B

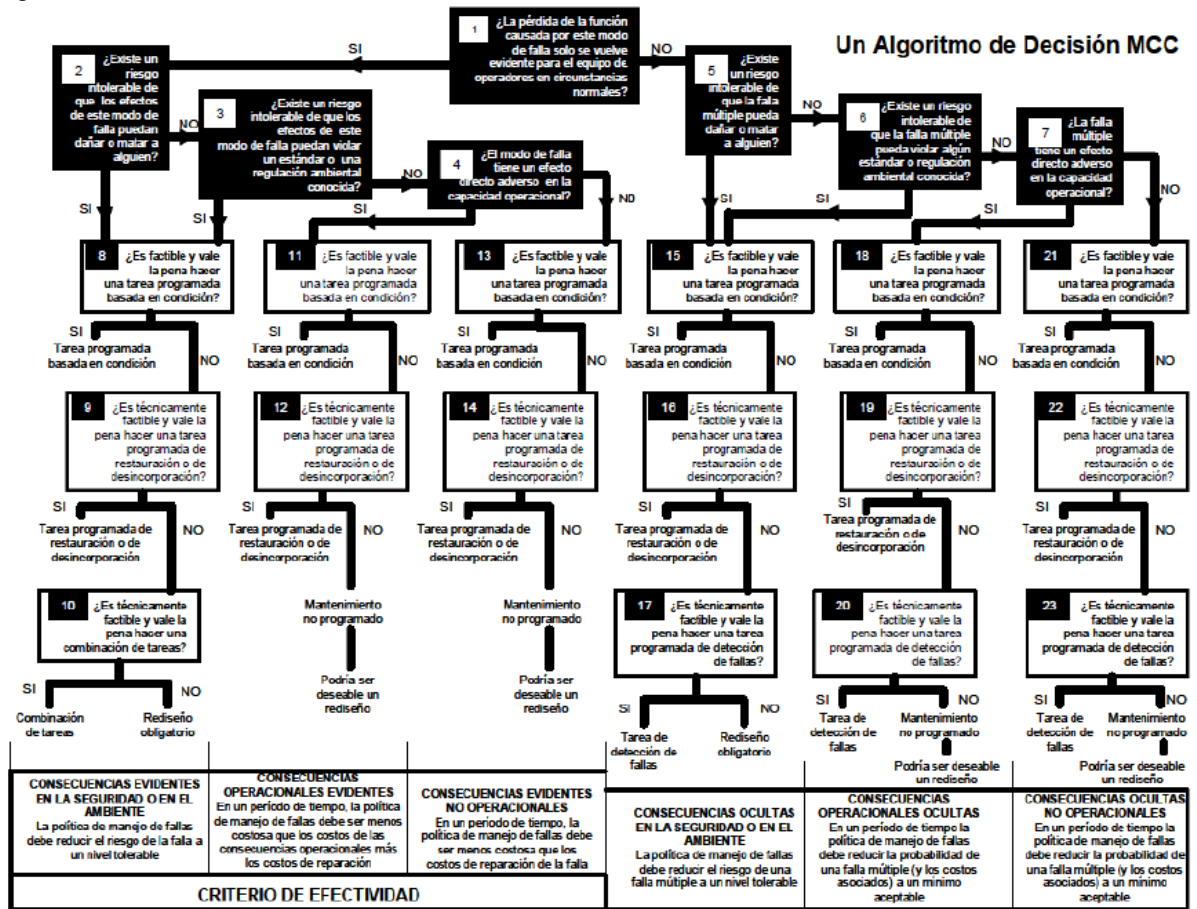
Analizando a la información contenida en la Tabla 11. Resultados del Análisis de Riesgo de Modos y Efectos de Falla para el sistema de inyección de combustible FTC-PLU-001-M-SIC, se identifica que los Modos y Efectos de Falla de mayor relevancia y con niveles de criticidad alta, para tener en cuenta en el ejercicio

realizado, están asociados principalmente a la calidad del diésel suministrado a la planta estadio.

#### 4.9 SELECCIÓN DE TAREAS Y PERIODICIDAD

Una vez realizado el Análisis de Riesgo de Modos y Efectos de Falla para el sistema de inyección de combustible FTC-PLU-001-M-SIC, se determina el tipo de tarea de mantenimiento, la Tarea propuesta, su intervalo y el delegado de la empresa para realizarla, esto se determinó contestando las preguntas del árbol de decisión de la figura 19.

Figura 19. Matriz Valoración de Criticidad de Sistemas.



Fuente: Curso RCM. Ortiz Ruiz Consultores.

Los resultados de la selección de tareas y periodicidad se consignaron como se muestra en la tabla 12.

Tabla 12. Selección de tareas y periodicidad.

Modos de Falla	Código de Modo de Falla	Efectos de las Fallas	TIPO DE TAREA	Tarea propuesta	Intervalo	A realizarse por
Depósito de combustible con fuga	MF1	Derrame de combustible en el área bajo la máquina, corrosión interna del tanque, se debe tener disponibilidad de combustible en el área, para corregir la fuga hay que detener el equipo. Perdidas en tiempo de operación del cliente de dos horas. Costo de reparación de 300 mil pesos.	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	LIMPIEZA DEL DEPOSITO	CADA AÑO	TÉCNICO MECÁNICO
Unión de ducto del tanque con fuga	MF2	Derrame de combustible en el área bajo la máquina, efecto de la vibración, falta de mantenimiento preventivo, se debe tener disponibilidad de combustible en el área, para corregir la fuga hay que apretar la abrazadera de unión. Perdidas en tiempo de operación del cliente de 20 minutos.	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	REVISIÓN PERIODICA DE ABRASADERAS	CADA TRES MESES	AUXILIAR TÉCNICO MECÁNICO
Tapa de flotador con fuga	MF3	Derrame de combustible en el área bajo la máquina, efecto de la vibración, se debe tener disponibilidad de combustible en el área, para corregir la fuga hay que apretar la tapa del flotador. Perdidas en tiempo de operación del cliente de 20 minutos.	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	REVISIÓN PERIODICA DE UNIONES	CADA TRES MESES	AUXILIAR TÉCNICO MECÁNICO
Tornillos de tapa de flotador flojos	MF4	Derrame de combustible en el área bajo la máquina, se debe tener disponibilidad de combustible en el área, para corregir la fuga hay que torqupear los tornillos de la tapa del flotador. Perdidas en tiempo de operación del cliente de 20 minutos.	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	REVISIÓN PERIODICA DE TORQUE DE TORNILLOS EN LA TAPA	CADA SEIS MESES	AUXILIAR TÉCNICO MECÁNICO
Filtro de entrada en el depósito obstruido	MF5	Motor no arranca, o arranca y se apaga de inmediato, se debe desmontar el filtro y realizar limpieza, hay que desmontar el depósito de combustible, depósito de combustible con presencia de sedimentos. Perdidas en tiempo de operación del cliente de una hora.	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	REVISIÓN PERIODICA DE FILTRO DE ENTRADA DEL DEPOSITO	CADA TRES MESES	AUXILIAR TÉCNICO MECÁNICO
líneas de flujo circuito de baja obstruidas	MF6	Motor no arranca, o arranca y se apaga de inmediato, se deben desmontar las líneas de flujo del circuito de baja y realizar fluching, depósito de combustible con presencia de sedimentos, Pérdidas en tiempo de operación del cliente de una hora.	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	REVISIÓN PERIODICA DE LINEAS DE FLUJO CIRCUITO DE BAJA	CADA SEIS MESES	AUXILIAR TÉCNICO MECÁNICO
bomba eléctrica de combustible quemada	MF7	Motor no arranca, o arranca y se apaga de inmediato, se debe cambiar la bomba eléctrica de combustible de inmediato, bomba eléctrica arrancó en vacío o tapada por presencia de sedimentos en el depósito de combustible, Pérdidas en tiempo de operación del cliente dependiendo la ubicación geográfica del equipo., se debe contar con el repuesto, Costo de reparación de 250mil pesos.	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	REVISIÓN PERIODICA DE DEPOSITO DE COMBUSTIBLE	CADA AÑO	TÉCNICO MECÁNICO
Tensión de alimentación de bomba menor 11.5 Voltios	MF8	Motor no arranca, o arranca y se apaga de inmediato, problema viene del sistema eléctrico, Perdidas en tiempo de operación del cliente de un hora.	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	REVISIÓN PERIODICA SISTEMA ELÉCTRICO	CADA SEIS MESES	TÉCNICO ELÉCTRO-MECÁNICO

Tabla 12. Selección de tareas y periodicidad.

Modos de Falla	Código de Modo de Falla	Efectos de las Fallas	TIPO DE TAREA	Tarea propuesta	Intervalo	A realizarse por
Filtro de combustible saturado	MF9	Posible ralladura de los elementos internos de la bomba de inyección, Motor comienza a cascabelear, se debe bajar y limpiar el filtro de combustible, hay presencia de sedimentos en el depósito de combustible y en el circuito de baja presión, reparación de la bomba de inyección, costo de reparación 2 millones de pesos. Salida del equipo de operación.	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	REVISIÓN PERIODICA FILTRO DE COMBUSTIBLE	CADA MES	TÉCNICO MECÁNICO
Filtro de combustible mal instalado	MF10	Posible ralladura de los elementos internos de la bomba de inyección, Motor comienza a cascabelear, error humano, se debe corregir la instalación del filtro de combustible, se debe realizar capacitación al personal, reparación de la bomba de inyección, costo de reparación 2 millones de pesos. Salida de operación de la máquina.	NA	CAPACITACIÓN PERIODICA DEL PERSONAL	CADA SEIS MESES	INGENIERO ELÉCTRO-MECÁNICO
Filtro de combustible perforado	MF11	Posible ralladura de los elementos internos de la bomba de inyección, Motor comienza a cascabelear, se debe cambiar de inmediato el filtro, contaminación con sedimentos en la bomba de inyección y en el circuito de inyección, reparación de la bomba de inyección, costo de reparación 2 millones de pesos. Salida de operación de la máquina.	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	REVISIÓN PERIODICA FILTRO DE COMBUSTIBLE	CADA MES	TÉCNICO MECÁNICO
Filtro no cumple con estándares de micropartículas	MF12	Posible ralladura de los elementos internos de la bomba de inyección, Motor comienza a cascabelear, error humano, se debe cambiar el filtro por uno que cumpla con el estándar, se debe realizar capacitación al personal, reparación de la bomba de inyección, costo de reparación 2 millones de pesos. Salida de operación de la Máquina.	NA	CAPACITACIÓN PERIODICA DEL PERSONAL	CADA SEIS MESES	INGENIERO ELÉCTRO-MECÁNICO
Piñón de engranaje roto en la bomba de inyección	MF13	Motor no arranca, se debe desmontar la bomba de inyección y realizar cambio del piñón, fatiga en el material del piñón. Se debe tener disponible el piñón nuevo, costo de reparación 500mil pesos. salida de operación de la máquina, Pérdidas en tiempo de operación dependiendo la ubicación geográfica del equipo.	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	REVISIÓN PERIODICA PIÑÓN DE ENGRANAJE	CADA AÑO	TÉCNICO MECÁNICO
Aire en el circuito de inyección	MF14	Motor no arranca, se debe purgar el circuito de inyección, hay acceso de aire por las uniones de las mangueras Y/o las tuberías. salida de operación de la máquina, Pérdidas en tiempo de operación del cliente de una hora.	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	REVISIÓN PERIODICA UNIONES DE MANGUERAS Y TUBERIAS	CADA AÑO	AUXILIAR TÉCNICO MECÁNICO
Bomba de inyección descalibrada	MF15	Motor no arranca, se debe desmontar la bomba de inyección y llevarla a banco de prueba, se cumplió el tiempo para calibración. Falta de mantenimiento preventivo. Costo de reparación un millón de pesos. salida de operación de la máquina, Pérdidas en tiempo de operación dependiendo la ubicación geográfica del equipo para ser remplazada por otro grupo electrógeno	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	CALIBRACIÓN DE BOMBA DE INYECCIÓN	CADA AÑO	TÉCNICO MECÁNICO

Tabla 12. Selección de tareas y periodicidad.

Modos de Falla	Código de Modo de Falla	Efectos de las Fallas	TIPO DE TAREA	Tarea propuesta	Intervalo	A realizarse por
Filtro de combustible obstruido	MF16	Motor no arranca, se debe bajar y limpiar el filtro de combustible, contaminación con sedimentos en el depósito y en el circuito de inyección, Perdidas en tiempo de operación del cliente de una hora.	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	REVISIÓN PERIODICA DEPOSITO Y FILTRO DE COMBUSTIBLE	CADA SEIS MESES	AUXILIAR TÉCNICO MECÁNICO
Fugas de combustible por conductos y conexiones.	MF17	Motor no arranca, Derrame de combustible en el área bajo la máquina, se debe tener disponibilidad de combustible en el área, para corregir la fuga hay que detener el equipo. Perdidas en tiempo de operación del cliente de una hora.	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	REVISIÓN PERIODICA CONDUCTOS Y CONECCIONES	CADA SEIS MESES	AUXILIAR TÉCNICO MECÁNICO
Piñón de arrastre de bomba de inyección flojo	MF18	Motor no arranca, se debe desmontar la bomba de inyección y realizar torqueo de los tornillos de sujeción del piñón, falta de mantenimiento preventivo. Salida de operación de la máquina, Pérdidas en tiempo de operación dependiendo la ubicación geográfica del equipo para ser remplazada por otro grupo electrógeno, costos de reparación 500 mil pesos.	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	REVISIÓN PERIODICA PIÑÓN DE ARRASTRE	CADA AÑO	TÉCNICO MECÁNICO
Tubería hacia bomba de inyección obstruida	MF19	Motor no arranca, se deben desmontar las líneas de flujo del circuito de alta y realizar fluching, Perdidas en tiempo de operación del cliente de una hora.	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	REVISIÓN PERIODICA TUBERIA HACIA BOMBA DE INYECCIÓN	CADA SEIS MESES	AUXILIAR TÉCNICO MECÁNICO
Aire en el circuito de inyección	MF14	Baja Potencia del Motor, se debe purgar el circuito de inyección, hay acceso de aire por las uniones de las mangueras o las tuberías. salida de operación de la máquina, Pérdidas en tiempo de operación del cliente de una hora.	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	REVISIÓN PERIODICA UNIONES DE MANGUERAS Y TUBERIAS	CADA AÑO	AUXILIAR TÉCNICO MECÁNICO
Bomba de inyección descalibrada	MF15	Baja Potencia del Motor, se debe desmontar la bomba de inyección y llevarla a banco de prueba, se cumplió el tiempo para calibración. Costo de reparación un millón de pesos. salida de operación de la máquina, Pérdidas en tiempo de operación dependiendo la ubicación geográfica del equipo para ser remplazada por otro grupo electrógeno	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	CALIBRACIÓN DE BOMBA DE INYECCIÓN	CADA AÑO	TÉCNICO MECÁNICO
Filtro de combustible saturado	MF20	Baja Potencia del Motor, se debe bajar y limpiar el filtro de combustible, contaminación con sedimentos en el depósito y en el circuito de inyección, Perdidas en tiempo de operación del cliente de una hora.	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	REVISIÓN PERIODICA FILTRO DE COMBUSTIBLE	CADA SEIS MESES	AUXILIAR TÉCNICO MECÁNICO
Fugas de combustible por conductos y conexiones.	MF17	Baja Potencia del Motor, Derrame de combustible en el área bajo la máquina, se debe tener disponibilidad de combustible en el área, para corregir la fuga hay que detener el equipo. Perdidas en tiempo de operación del cliente de una hora.	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	REVISIÓN PERIODICA CONDUCTOS Y CONECCIONES	CADA SEIS MESES	AUXILIAR TÉCNICO MECÁNICO

Tabla 12. Selección de tareas y periodicidad.

Modos de Falla	Código de Modo de Falla	Efectos de las Fallas	TIPO DE TAREA	Tarea propuesta	Intervalo	A realizarse por
Tubería hacia bomba de inyección obstruida	MF19	Baja Potencia del Motor, se deben desmontar las líneas de flujo del circuito de alta y realizar fluching, Peridas en tiempo de operación del cliente de una hora.	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	REVISIÓN PERIODICA TUBERIA HACIA BOMBA DE INYECCIÓN	CADA SEIS MESES	AUXILIAR TÉCNICO MECÁNICO
Válvula limitadora de presión descalibrada	MF21	Motor comienza a cascabelear, se debe calibrar la válvula limitadora de presión, se cumplió tiempo de calibración, Peridas en tiempo de operación del cliente de una hora.	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	CALIBRACIÓN VÁLVULA LIMITADORA	CADA AÑO	AUXILIAR TÉCNICO MECÁNICO
Conducto de retorno del excedente de combustible obstruido.	MF22	Motor comienza a cascabelear, se deben desmontar las líneas de flujo del circuito de retorno y realizar fluching, Peridas en tiempo de operación del cliente de una hora.	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	REVISIÓN PERIODICA CONDUCTO DE RETORNO	CADA AÑO	AUXILIAR TÉCNICO MECÁNICO
Inyector pegado	MF23	Motor no arranca, se deben probar los inyectores uno a la vez. Se debe tener disponible el inyector nuevo, es recomendable cambiar el juego de inyectores, costo de reparación un millón de pesos. Peridas en tiempo de operación del cliente de una hora dependiendo la ubicación geográfica del equipo.	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	PRUEBA PERIODICA INYECTORES	CADA SEIS MESES	TÉCNICO MECÁNICO
Inyector Obstruido	MF24	Motor no arranca, se deben probar los inyectores uno a la vez. Se debe tener disponible el inyector nuevo, es recomendable cambiar el juego de inyectores, costo de reparación un millón de pesos. Peridas en tiempo de operación del cliente dependiendo de la ubicación geográfica del equipo.	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	PRUEBA PERIODICA INYECTORES	CADA SEIS MESES	TÉCNICO MECÁNICO
Inyector defectuoso	MF25	Motor no arranca, se deben probar los inyectores uno a la vez. Se debe tener disponible el inyector nuevo, es recomendable cambiar el juego de inyectores, y usar inyectores de buena calidad, costo de reparación un millón de pesos. Peridas en tiempo de operación del cliente dependiendo la ubicación geográfica del equipo.	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	PRUEBA PERIODICA DE INYECTORES	CADA SEIS MESES	TÉCNICO MECÁNICO
Tensión de alimentación de bobina de inyector menor a 1.5V	MF26	Motor no arranca, problema viene del sistema eléctrico, Peridas en tiempo de operación del cliente de un hora.	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	REVISIÓN PERIODICA SISTEMA ELÉCTRICO	CADA SEIS MESES	TÉCNICO ELÉCTRO-MECÁNICO
bobina de inyector defectuosa	MF27	Motor no arranca, se deben probar los inyectores uno a la vez. Se debe tener disponible el inyector nuevo, es recomendable cambiar el juego de inyectores, y usar inyectores de buena calidad, costo de reparación un millón de pesos. Peridas en tiempo de operación del cliente dependiendo la ubicación geográfica del equipo.	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	PRUEBA PERIODICA DE INYECTORES	CADA SEIS MESES	ELECTRO-TÉCNICO MECÁNICO

Tabla 12. Selección de tareas y periodicidad.

Modos de Falla	Código de Modo de Falla	Efectos de las Fallas	TIPO DE TAREA	Tarea propuesta	Intervalo	A realizarse por
cable de alimentación aislado	MF28	Motor no arranca, problema viene del sistema eléctrico, Perdidas en tiempo de operación del cliente de un hora.	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	REVISIÓN PERIODICA SISTEMA ELÉCTRICO	CADA SEIS MESES	TÉCNICO ELÉCTRO-MECÁNICO
líneas de flujo obstruidas	MF29	Motor no arranca, se deben desmontar las líneas de flujo del circuito y realizar fluching, Perdidas en tiempo de operación del cliente de una hora.	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	REVISIÓN PERIODICA LINEAS DE FLUJO	CADA SEIS MESES	TÉCNICO MECÁNICO
Inyector defectuoso	MF25	Motor comienza a cascabelear, Baja Potencia del Motor, se deben probar los inyectores uno a la vez. Se debe tener disponible el inyector nuevo, es recomendable cambiar el juego de inyectores, y usar inyectores de buena calidad, costo de reparación un millón de pesos. Perdidas en tiempo de operación del cliente dependiendo la ubicación geográfica del equipo.	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	PRUEBA PERIODICA DE INYECTORES	CADA SEIS MESES	TÉCNICO MECÁNICO
Inyector descalibrado	MF30	Motor comienza a cascabelear, Baja Potencia del Motor, se deben probar los inyectores uno a la vez. Se debe tener disponible el inyector nuevo, bajar el inyector, remplazarlo y el inyector descalibrado llevarlo a banco de prueba, costo de reparación un millón de pesos. Perdidas en tiempo de operación del cliente dependiendo la ubicación geográfica del equipo.	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	PRUEBA PERIODICA DE INYECTORES	CADA SEIS MESES	TÉCNICO MECÁNICO
Inyector sucio	MF31	Motor comienza a cascabelear, Baja Potencia del Motor, se deben probar los inyectores uno a la vez. Se debe tener disponible el inyector nuevo, bajar el inyector, remplazarlo y el inyector sucio llevarlo a banco de prueba, verificar la calidad del Diésel, costo de reparación un millón de pesos. Perdidas en tiempo de operación del cliente dependiendo la ubicación geográfica del equipo.	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	PRUEBA PERIODICA DE INYECTORES	CADA SEIS MESES	TÉCNICO MECÁNICO
bobina de inyector defectuosa	MF27	Motor comienza a cascabelear, Baja Potencia del Motor, se deben probar los inyectores uno a la vez. Se debe tener disponible el inyector nuevo, es recomendable cambiar el juego de inyectores, y usar inyectores de buena calidad, costo de reparación un millón de pesos. Perdidas en tiempo de operación del cliente dependiendo la ubicación geográfica del equipo.	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	PRUEBA PERIODICA DE INYECTORES	CADA SEIS MESES	ELECTRO-TÉCNICO MECÁNICO
Bomba de inyección descalibrada	MF15	Motor no arranca, se debe desmontar la bomba de inyección y llevarla a banco de prueba, se cumplió el tiempo para calibración. Costo de reparación un millón de pesos. salida de operación de la máquina, Pérdidas en tiempo de operación dependiendo la ubicación geográfica del equipo para ser remplazada por otro grupo electrógeno	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	CALIBRACIÓN DE BOMBA DE INYECCIÓN	CADA AÑO	TÉCNICO MECÁNICO

Tabla 12. Selección de Tareas y periodicidad.

Modos de Falla	Código de Modo de Falla	Efectos de las Fallas	TIPO DE TAREA	Tarea propuesta	Intervalo	A realizarse por
cable de alimentación aislado	MF28	Perdida de potencia del motor, problema viene del sistema eléctrico, Perdidas en tiempo de operación del cliente de un hora.	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	REVISIÓN PERIODICA SISTEMA ELÉCTRICO	CADA SEIS MESES	TÉCNICO ELÉCTRO-MECÁNICO
Inyector defectuoso	MF25	Motor comienza a cascabelear, Baja Potencia del Motor, se deben probar los inyectores uno a la vez. Se debe tener disponible el inyector nuevo, es recomendable cambiar el juego de inyectores, y usar inyectores de buena calidad, costo de reparación un millón de pesos. Perdidas en tiempo de operación del cliente dependiendo la ubicación geográfica del equipo.	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	PRUEBA PERIODICA DE INYECTORES	CADA SEIS MESES	TÉCNICO MECÁNICO
Inyector descalibrado	MF30	Motor comienza a cascabelear, Baja Potencia del Motor, se deben probar los inyectores uno a la vez. Se debe tener disponible el inyector nuevo, bajar el inyector, remplazarlo y el inyector descalibrado llevarlo a banco de prueba, costo de reparación un millón de pesos. Perdidas en tiempo de operación del cliente de dependiendo la ubicación geográfica del equipo.	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	PRUEBA PERIODICA DE INYECTORES	CADA SEIS MESES	TÉCNICO MECÁNICO
Inyector sucio	MF31	Motor comienza a cascabelear, Baja Potencia del Motor, se deben probar los inyectores uno a la vez. Se debe tener disponible el inyector nuevo, bajar el inyector, remplazarlo y el inyector sucio llevarlo a banco de prueba, verificar la calidad del Diésel, costo de reparación un millón de pesos. Perdidas en tiempo de operación del cliente dependiendo la ubicación geográfica del equipo.	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	PRUEBA PERIODICA DE INYECTORES	CADA SEIS MESES	TÉCNICO MECÁNICO
Línea de retorno obstruida	MF32	Motor comienza a cascabelear, Baja Potencia del Motor, se deben desmontar las líneas de retorno y realizar fluching, Perdidas en tiempo de operación del cliente de una hora.	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	REVISIÓN PERIODICA LINEA DE RETORNO	CADA SEIS MESES	TÉCNICO MECÁNICO
Inyector defectuoso	MF25	Motor comienza a cascabelear, Baja Potencia del Motor, se deben probar los inyectores uno a la vez. Se debe tener disponible el inyector nuevo, es recomendable cambiar el juego de inyectores, y usar inyectores de buena calidad, costo de reparación un millón de pesos. Perdidas en tiempo de operación del cliente dependiendo la ubicación geográfica del equipo.	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	PRUEBA PERIODICA DE INYECTORES	CADA SEIS MESES	TÉCNICO MECÁNICO
retorno del inyector obstruido	MF33	Motor comienza a cascabelear, Baja Potencia del Motor, se deben probar los inyectores uno a la vez. Se debe tener disponible el inyector nuevo, bajar el inyector, remplazarlo y el inyector sucio llevarlo a banco de prueba, verificar la calidad del Diésel, costo de reparación un millón de pesos. Perdidas en tiempo de operación del cliente de una hora.	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	PRUEBA PERIODICA DE INYECTORES	CADA SEIS MESES	TÉCNICO MECÁNICO
retorno del Acumulador de alta presión Rail obstruido	MF34	Motor comienza a cascabelear, Baja Potencia del Motor, se deben desmontar Acumulador y realizar limpieza, Perdidas en tiempo de operación del cliente de dos horas.	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	REVISIÓN PERIODICA ACUMULADOR RAIL	CADA SEIS MESES	AUXILIAR TÉCNICO MECÁNICO

#### 4.10 PLAN DE MANTENIMIENTO PROPUESTO

En la tabla 13 se presenta el plan de mantenimiento propuesto al sistema de inyección FTC-PLU-001-M-SIC, para la planta estadio FTC-PLU-01 de la empresa Ferretronic Ltda. Las tareas que tienen impacto sobre los modos y efectos de falla con nivel de criticidad bajo se propone que sean desarrolladas por un auxiliar técnico mecánico, las tareas que tienen impacto sobre los modos y efectos de falla con nivel de criticidad medio y alto se propone que sean desarrolladas por un técnico mecánico certificado, y todas las tareas que tienen que ver con revisión de sistema eléctrico se propone que sean desarrolladas por un técnico electro-mecánico. Todo esto analizando según la relación costo vs beneficio en compañía de los directivos de la empresa FERRETRONIC LTDA. Además de lo anterior se propone un plan de capacitación del personal técnico y operarios cada seis meses, esto con el fin de que el personal en rotación o que salga de la empresa no se lleve el su conocimiento tácito, este plan de entrenamiento se propone sea realizado por un ingeniero electro-mecánico.

Tabla 13. Tareas y Periodicidad.

<b>Plan de Mantenimiento SISTEMA DE INYECCIÓN FTC-PLU-001-M-SIC</b>	
<b>REALIZARSE POR:</b>	
<b>AUXILIAR TÉCNICO MECÁNICO</b>	
<b>Tarea de mantenimiento</b>	<b>Frecuencia</b>
REVISIÓN DE UNIONES DE MANGUERAS Y TUBERIAS	CADA AÑO
CALIBRACIÓN VÁLVULA LIMITADORA	CADA AÑO
REVISIÓN CONDUCTO DE RETORNO	CADA AÑO
REVISIÓN DE TORQUE DE TORNILLOS EN LA TAPA	CADA SEIS MESES
REVISIÓN DE LINEAS DE FLUJO CIRCUITO DE BAJA	CADA SEIS MESES
REVISIÓN DE DEPOSITO Y FILTRO DE COMBUSTIBLE	CADA SEIS MESES
REVISIÓN CONDUCTOS Y CONECCIONES	CADA SEIS MESES
REVISIÓN TUBERIA HACIA BOMBA DE INYECCIÓN	CADA SEIS MESES
REVISIÓN FILTRO DE COMBUSTIBLE	CADA SEIS MESES
REVISIÓN CONDUCTOS Y CONECCIONES	CADA SEIS MESES
REVISIÓN TUBERIA HACIA BOMBA DE INYECCIÓN	CADA SEIS MESES
REVISIÓN ACUMULADOR RAIL	CADA SEIS MESES
REVISIÓN DE AJUSTE DE ABRASADERAS	CADA TRES MESES
REVISIÓN DE AJUSTE DE UNIONES	CADA TRES MESES
REVISIÓN PERIODICA DE FILTRO DE ENTRADA DEL DEPOSITO	CADA TRES MESES

Tabla 13. Tareas y Periodicidad.

<b>Plan de Mantenimiento SISTEMA DE INYECCIÓN FTC-PLU-001-M-SIC</b>	
<b>REALIZARSE POR:</b>	
<b>TÉCNICO MECÁNICO</b>	
<b>Tarea de mantenimiento</b>	<b>Frecuencia</b>
LIMPIEZA DEL DEPOSITO	CADA AÑO
REVISIÓN PERIODICA DE DEPOSITO DE COMBUSTIBLE	CADA AÑO
REVISIÓN PERIODICA PIÑON DE ENGRANAJE	CADA AÑO
CALIBRACIÓN DE BOMBA DE INYECCIÓN	CADA AÑO
REVISIÓN PERIODICA PIÑON DE ARRASTRE	CADA AÑO
CALIBRACIÓN DE BOMBA DE INYECCIÓN	CADA AÑO
REVISIÓN PERIODICA LINEAS DE FLUJO	CADA SEIS MESES
PRUEBA PERIODICA DE INYECTORES	CADA SEIS MESES
REVISIÓN PERIODICA LINEA DE RETORNO	CADA SEIS MESES
REVISIÓN PERIODICA FILTRO DE COMBUSTIBLE	CADA MES
<b>TÉCNICO ELÉCTRO-MECÁNICO</b>	
<b>Tarea de mantenimiento</b>	<b>Frecuencia</b>
REVISIÓN PERIODICA SISTEMA ELÉCTRICO INYECCIÓN	CADA SEIS MESES
PRUEBA PERIODICA DE BOBINA INYECTORES	CADA SEIS MESES
<b>INGENIERO ELÉCTRO-MECÁNICO</b>	
<b>Actividad</b>	<b>Frecuencia</b>
APACITACIÓN PERIODICA DEL PERSONAL	CADA SEIS MESES

#### **4.11 RECOMENDACIONES PLAN DE MANTENIMIENTO PROPUESTO**

Además de las tareas propuestas para el sistema de inyección FTC-PLU-001-M-SIC, para la planta estadio FTC-PLU-01, se enumera a continuación algunas recomendaciones para los problemas identificados en el mantenimiento del sistema de inyección del grupo electrógeno.

- Se recomienda realizar un estudio de costo vs beneficio a fin de pensar en la posibilidad de remplazar el depósito de combustible metálico, por uno con la misma capacidad plástico, esto con el fin de reducir los sólidos en suspensión, los cuales se identificó afectan al sistema.
- Se recomienda Evaluar la posibilidad de identificar en la ciudad un proveedor idóneo de combustible Diésel, que garantice la calidad de este producto.
- Se recomienda utilizar inyectores que cumplan con los mínimos parámetros de calidad posibles.
- Se recomienda utilizar filtros de combustible que cumplan con los mínimos parámetros de calidad y especificaciones de microparticulas posibles.

#### 4.12 INDICADOR A SER PRESENTADO A GERENCIA

De acuerdo a los resultados del ejercicio anterior, se le presentara a gerencia los siguientes indicadores a fin de mostrar los beneficios que representaría para la organización, el realizar a futuro un plan de mantenimiento, basados en la misma estrategia para el resto de los sistemas del grupo electrógeno. Por lo cual, este proyecto de grado podrá ser utilizado por FERRETRONIC LTDA como piloto para generar planes de mantenimiento a todos sus grupos electrógenos.

##### 4.12.1 DISPONIBILIDAD POR AVERIAS

La disponibilidad por avería no tiene en cuenta, pues, las paradas programadas de los equipos, solamente las intervenciones no programadas, por lo tanto con este indicador se puede evaluar las horas que se utilizaron. Es conveniente calcular la media aritmética de la disponibilidad por avería, para poder ofrecer un dato único.

$$\text{Disponibilidad por avería} = \frac{\text{Horas totales} - \text{Horas de parada por avería}}{\text{Horas totales}}$$

Tabla 14. Disponibilidad por Averías Sin RCM.

SIN RCM			
PROMEDIO HORAS TOTALES USO MES	500	PROMEDIO HORAS TOTALES PARADA POR AVERIA MES	5.75
DISPONIBILIDAD POR AVERIAS		0.9885	

Tabla 15. Disponibilidad por Averías Con RCM.

CON RCM			
PROMEDIO HORAS TOTALES USO MES	500	PROMEDIO HORAS TOTALES PARADA POR AVERIA MES	1.5
DISPONIBILIDAD POR AVERIAS		0.997	

## 5. CONCLUSIONES

Se Realizó una descripción del funcionamiento de los sistemas que componen la planta estadio FTC-PLU-01 de la empresa FERRETRONIC LTDA.

Se propuso un modelo de jerarquización de todos los componentes de la Unidad Portátil de iluminación FTC-PLU-01, con este modelo la empresa podrá en el futuro diseñar un sistema de información para registrar sus históricos de mantenimiento

Mediante un análisis de criticidad se seleccionó el sistema más relevante de la Unidad Portátil de iluminación, el cual fue el sistema de inyección FTC-PLU-001-M-SIC y se desarrolló una táctica RCM al sistema seleccionado.

Se Analizaron los resultados RCM del sistema de inyección FTC-PLU-001-M-SIC, se propuso un plan de mantenimiento al sistema seleccionado y se generaron unas recomendaciones al plan de mantenimiento propuesto.

En caso de implementarse en un futuro la metodología RCM de la unidad portátil de iluminación, FTC-PLU-01 de la empresa FERRETRONIC, se aumentaría la confiabilidad de este equipo, ya que se minimizaría la ocurrencia de mantenimientos no programados, con lo cual se aliviarían los costos de mantenimientos correctivos, el nivel de riesgo de las personas bajaría en la manipulación del equipo. Todo lo anterior garantizaría una buena imagen de la empresa ante sus Clientes.

## BIBLIOGRAFIA

CASTILLO, Hernán, ILUMINACIÓN EN LAS FAENAS, Elemento clave para evitar accidentes. SIMMA. Artículo en línea, 2016.

GTC 62. Seguridad de funcionamiento y calidad de servicio. Mantenimiento. Terminología. (IEC 60050-471).

JONES, Richard. Risk Based Management: A reability centered approach gulf. 1995.

INTERNATIONAL STANDARD. Gestión de la confiabilidad. Parte 3-11: Guía de aplicación. Mantenimiento centrado en la fiabilidad. Norma IEC 60300. 2013.

MOUBRAY, John. Mantenimiento centrado en confiabilidad. Edición en español. Traducido por Ellmann, Sueiro y Asociados Buenos Aires Argentina, 2004.

Muñoz Abella. Belén. Mantenimiento Industrial. Universidad Carlos II de Madrid. 2004

NORMA SAE JA1011, Evaluation Criteria for Reliability-Centred Maintenance.

NORMA SAE JA1012, A Guide to the Reliability-Centred Maintenance (RCM) Standard.

Sacrisitan, franciasco Rey.Hacia la excelencia en Mantenimiento. TGP.Hoshin. S.L.Madrid.1996

UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL ESTADO DE HIDALGO, Introducción a Grupos Electrógenos. Seminario de aprendizaje en línea, sección 1, 2011.