

**MODELO DE PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN RCM PARA LA  
PLANTA ELECTRICA DEL SERVICIO DE URGENCIAS EN LA UNIDAD DE  
SALUD DE IBAGUE ESE (USI)**

**ANDRES LOPEZ MARIN**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIA FISICOMECHANICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA  
ESPECIALIZACION EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO  
BUCARAMANGA**

**2019**

**MODELO DE PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN RCM PARA LA  
PLANTA ELECTRICA DEL SERVICIO DE URGENCIAS EN LA UNIDAD DE  
SALUD DE IBAGUE ESE (USI)**

**ANDRES LOPEZ MARIN**

**MONOGRAFIA PRESENTADA PARA OPTAR AL TITULO DE ESPECIALISTA  
EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO**

**DIRECTOR**

**INGENIERO DANIEL ORTIZ PLATA**

**Magíster en Gerencia de mantenimiento**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**

**FACULTAD DE INGENIERIA FISICOMECHANICAS**

**ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA**

**ESPECIALIZACION EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO**

**BUCARAMANGA**

**2019**

## TABLA DE CONTENIDO

|                                                                   | Pág. |
|-------------------------------------------------------------------|------|
| INTRODUCCION .....                                                | 11   |
| 1.PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....                                | 12   |
| 2.OBJETIVOS .....                                                 | 14   |
| 2.1.OBJETIVO GENERAL: .....                                       | 14   |
| 2.2.OBJETIVOS ESPECÍFICOS: .....                                  | 14   |
| 3.JUSTIFICACIÓN .....                                             | 15   |
| 4.CUERPO DEL TRABAJO .....                                        | 17   |
| 4.1.MARCO TEORICO .....                                           | 17   |
| 4.2.MARCO CONCEPTUAL.....                                         | 19   |
| 4.2.1.Reseña histórica de la empresa: .....                       | 19   |
| 4.2.2.Mantenimiento industrial.....                               | 24   |
| 4.2.2.1.Evolución del mantenimiento. ....                         | 24   |
| 4.2.2.2.Que es mantenimiento industrial .....                     | 28   |
| 4.2.2.3.Objetivos del mantenimiento. ....                         | 28   |
| 4.2.2.4.¿Que es el mantenimiento preventivo? .....                | 29   |
| 4.2.2.Mantenimiento basado en confiabilidad .....                 | 30   |
| 4.2.2.1.Antecedentes mantenimiento basado en confiabilidad: ..... | 30   |
| 4.2.2.2.Que es RCM? .....                                         | 31   |
| 4.2.3.Plantas eléctricas (moto generadores) .....                 | 37   |
| 6.1.PARTICIPANTES: .....                                          | 43   |
| 6.2.RECOLECCION DE DATOS DEL EQUIPO:.....                         | 45   |
| 6.3.TAXONOMIA DEL SISTEMA: .....                                  | 46   |
| 6.4.DEFINICION DE FRONTERAS DEL SISTEMA:.....                     | 47   |
| 6.5.CONTEXTO OPERACIONAL DE PLANTA ELECTRICA .....                | 49   |
| 6.6.FUNCIONES:.....                                               | 53   |

|                                                                                        |           |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>6.7.FALLAS FUNCIONALES .....</b>                                                    | <b>55</b> |
| <b>6.8.ANALISIS DE MODOS DE FALLA Y SUS EFECTOS (AMFE) .....</b>                       | <b>56</b> |
| <b>6.9.EFECTOS DE FALLA: .....</b>                                                     | <b>63</b> |
| <b>6.10.ANALISIS DE CRITICIDAD DE PLANTA ELECTRICA:.....</b>                           | <b>71</b> |
| <b>7.DETERMINACION DEL PLAN DE MANTENIMIENTO .....</b>                                 | <b>77</b> |
| <b>7.1.ACTIVIDADES Y FRECUENCIAS DE MANTENIMIENTO. ....</b>                            | <b>77</b> |
| <b>7.2.REPORTES Y PLANILLAS A IMPLEMENTAR EN EL PROCESO DE<br/>MANTENIMIENTO:.....</b> | <b>79</b> |
| <b>7.3.IMPLEMENTACIÓN DE SOFTWARE DE MANTENIMIENTO .....</b>                           | <b>85</b> |
| <b>7.4.ENTRENAMIENTO PERSONAL DEL PROCESO .....</b>                                    | <b>87</b> |
| <b>8.CONCLUSIONES .....</b>                                                            | <b>89</b> |
| <b>BIBLIOGRAFIA .....</b>                                                              | <b>91</b> |

## LISTA DE TABLAS

|           |                                                                       |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------|
| Tabla 1:  | descripción registró funciones                                        |
| Tabla 2:  | Descripción registró fallas funcionales                               |
| Tabla 3:  | modos de falla con diferente nivel de detalle                         |
| Tabla 4:  | matriz de habilidades y conocimientos                                 |
| Tabla 5:  | características y condiciones de operación de planta eléctrica        |
| Tabla 6:  | especificaciones del motor                                            |
| Tabla 7:  | especificaciones del generador                                        |
| Tabla 8:  | especificaciones del alternador                                       |
| Tabla 9:  | hoja de registro de funciones y fallas funcionales de caso de Estudio |
| Tabla 10: | hoja de registro de funciones y fallas funcionales de caso de Estudio |
| Tabla 11: | modos de falla para Función N° 1                                      |
| Tabla 12: | modos de falla para Función N° 2                                      |
| Tabla 13: | modos de falla para Función N° 3                                      |
| Tabla 14: | modos de falla para Función N° 4                                      |
| Tabla 15: | modos de falla para Función N° 5                                      |
| Tabla 16: | modos de falla para Función N° 6                                      |
| Tabla 17: | modos de falla para Función N° 7                                      |
| Tabla 18: | modos de falla para Función N° 8                                      |
| Tabla 19: | modos de falla para Función N° 9                                      |
| Tabla 20: | Efectos de falla para función N° 1                                    |
| Tabla 21: | Efectos de falla para función N° 2                                    |
| Tabla 22: | Efectos de falla para función N° 3                                    |
| Tabla 23: | Efectos de falla para función N° 4                                    |
| Tabla 24: | Efectos de falla para función N° 5                                    |
| Tabla 25: | Efectos de falla para función N° 6                                    |
| Tabla 26: | Efectos de falla para función N° 7                                    |
| Tabla 27: | Efectos de falla para función N° 8                                    |
| Tabla 28: | Efectos de falla para función N° 9                                    |
| Tabla 29: | Análisis de criticidad RCM parte 1                                    |
| Tabla 30: | Análisis de criticidad RCM parte 2                                    |
| Tabla 31: | Análisis de criticidad RCM parte 3                                    |
| Tabla 32: | Análisis de criticidad RCM parte 4                                    |
| Tabla 33: | Análisis de criticidad RCM parte 5                                    |
| Tabla 34: | Análisis de criticidad RCM parte 6                                    |
| Tabla 35: | descripción tareas y frecuencias                                      |

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1: Vista exterior edificio de Urgencias Hospital San Francisco
- Figura 2: Las 7 preguntas básicas del RCM
- Figura 3: Vista Cubierta de planta eléctrica
- Figura 4: Vista grupo generador de planta eléctrica
- Figura 5: Vista desde el exterior de cuarto de planta eléctrica
- Figura 6: Vista desde el exterior de cuarto de planta eléctrica
- Figura 7: Vista por ambos lados de motor generador Cummins
- Figura 8: Vista por ambos lados de motor generador Cummins
- Figura 9: Vista de tablero de control Cummins Power Generation
- Figura 10: Vista de tablero de control Cummins Power Generation
- Figura 11: Vista lateral de planta eléctrica
- Figura 12: vista externa del cuarto de la Planta, al lado se encuentra la subestación
- Figura 13: vista externa del cuarto de la Planta, al lado se encuentra la subestación
- Figura 14: Diagrama unifilar de sistema y subsistemas de estudio en la USI
- Figura 15: Dimensiones y pesos de Planta eléctrica
- Figura 16: Matriz De Criticidad
- Figura 17: Diagrama de decisión RCM
- Figura 18: Reporte técnico para mantenimiento con listado de tareas – 1 parte
- Figura 19: Reporte técnico para mantenimiento con listado de tareas – 2 parte
- Figura 20: Planilla revisión diaria válvula combustible
- Figura 21: Planilla revisión quincenal bornes batería
- Figura 22: Planilla revisión semanal de planta eléctrica
- Figura 23: Cronograma de actividades a realizar en Planta eléctrica
- Figura 24: Listado de equipos en Software y datos técnicos
- Figura 25: Listado de actividades de mantenimiento y su frecuencia

## **RESUMEN**

**TITULO:** MODELO DE PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN RCM PARA LA PLANTA ELÉCTRICA DEL SERVICIO DE URGENCIAS EN LA UNIDAD DE SALUD DE IBAGUE ESE (USI)

**AUTOR:** ANDRES LOPEZ MARIN

**PALABRAS CLAVE:** PLANTA ELÉCTRICA, MANTENIMIENTO, CONFIABILIDAD, DISPONIBILIDAD, MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD, MOTO GENERADOR

### **DESCRIPCION:**

Esta monografía presenta el modelo de un plan de mantenimiento basado en la metodología RCM para la planta eléctrica de la Unidad de Salud de Ibagué que nos permita aumentar la confiabilidad y la disponibilidad del equipo teniendo en cuenta que es un equipo crítico ya que supe de energía en caso de falla de la red comercial al edificio del servicio de urgencias del Hospital San Francisco perteneciente a la Unidad de Salud de Ibagué.

Se realiza un modelo del plan de mantenimiento centrado en confiabilidad a la Planta Eléctrica del edificio de Urgencias del Hospital San Francisco de la Unidad de Salud de Ibagué se utiliza esta metodología haciendo Análisis de modos y efectos de falla (AMEF) con el objetivo de garantizar la mayor disponibilidad posible del servicio de urgencias en cualquier caso de falla de la red de energía comercial.

Con el fin de conseguir los objetivos planteados con la realización del plan de mantenimiento se tiene en cuenta el contexto operacional del equipo, las condiciones normales de trabajo y los valores nominales de operación, también el análisis de modos y efectos de fallas. Se debe tener en cuenta que este equipo es de los que presenta mayor criticidad de caso de falla y por tal razón la importancia de este plan de mantenimiento para la Unidad de Salud de Ibagué.

\* Monografía de grado

1\*\* Facultad de ingenierías Físico – Mecánicas. Especialización en Gerencia de Mantenimiento.

Director: Daniel Ortiz Plata, Magister en Gerencia de Mantenimiento

## **ABSTRACT**

**TITLE:** MODEL OF MAINTENANCE PLAN BASED ON RCM FOR THE ELECTRIC PLANT OF THE EMERGENCY SERVICE IN THE HEALTH UNIT OF IBAGUE ESE (USI)

**AUTHOR:** ANDRES LOPEZ MARIN

**KEYWORDS:** POWER PLANT, MAINTENANCE, RELIABILITY, AVAILABILITY, MAINTENANCE FOCUSED ON RELIABILITY, MOTO GENERATOR.

### **DESCRIPTION:**

This monograph presents the model of a maintenance plan based on the RCM methodology for the electric plant of the Ibagué Health Unit that allows us to increase the reliability and availability of the equipment, taking into account that it is a critical equipment and that it of energy in the case of the failure of the commercial network to the building of the emergency service of the San Francisco Hospital belonging to the Ibagué Health Unit.

A maintenance plan model focused on the reliability in the Electric Power Plant of the Emergency Building of the San Francisco Hospital of the Ibagué Health Unit is used This way of using the analysis of the modes and the effects of the failure is used (AMEF ) with the aim of ensuring the greatest possible availability of emergency services in any case of the failure of the commercial energy network.

In order to achieve the objectives set with the completion of the maintenance plan, the operational context of the equipment, the normal working conditions and the nominal operating values are taken into account, as well as the analysis of failure modes and effects. It must be taken into account that this equipment is the main critical presentation of the failure case and for this reason the importance of this maintenance plan for the Ibagué Health Unit.

\* Monograph

\*\* Physical – Mechanical Faculty. Maintenance Management Specialization.  
Director: Daniel Ortiz Plata, Magister in Maintenance Management



## INTRODUCCION

La presente monografía se realiza como proyecto de grado de la especialización en Gerencia de Mantenimiento de la Universidad Industrial de Santander realizado en la sede de Bogotá, el proyecto consiste en el planteamiento de un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad para la Planta Eléctrica del edificio de Urgencias del Hospital San Francisco de la Unidad de Salud de Ibagué que se realiza con el objetivo principal de aumentar la disponibilidad lo mayor posible del servicio de Urgencias en caso de cualquier falla de la red de energía comercial.

La característica de esta metodología del Mantenimiento centrado en Confiabilidad se da en realizar el Análisis de modos y efectos de falla, esto para realizar un plan diferencial para cada equipo dependiendo de sus características, con este análisis se logra identificar aquellos modos de falla que sean los posibles causantes de las fallas funcionales y también permite encontrar los efectos de las fallas asociadas a cada modo de falla, con esto garantizamos una ruta de trabajo para cualquier falla posible que se presente.

Para la realización de este modelo de plan de mantenimiento fue necesario tener en cuenta muchos aspectos como son los parámetros normales de funcionamiento, el contexto operacional, los manuales de operación de la máquina, la hoja de vida, métodos de operación de los usuarios, todo esto para garantizar un adecuado plan de mantenimiento que se adapte correctamente a las características de operación del motor generador.

Con la aplicación de este modelo de plan de mantenimiento se esperaría aumentar la disponibilidad y la confiabilidad en la prestación del servicio de Urgencias en el Hospital San Francisco, así garantizando la calidad del servicio.

## **1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

¿Cómo implementar en la Unidad de Salud de Ibagué (USI), un plan de mantenimiento de los equipos industriales que garantice obtener seguridad en el funcionamiento, rendimiento y productividad de la prestación de los servicios hospitalarios?

La Unidad de Salud de Ibagué es la única entidad hospitalaria perteneciente al municipio, dentro de los servicios que presta está: servicio de Urgencias, Hospitalización, Consulta Externa, Vacunación, Odontología, Rayos X, Sala de Partos, Promoción y Prevención y Laboratorio Clínico. Teniendo en cuenta que la Unidad de Salud de Ibagué cuenta con un hospital de nivel 1, que es el Hospital San Francisco, que presta el servicio de Urgencias las 24 horas todos los días, este Hospital es de gran importancia para el municipio de Ibagué y en especial para la población más vulnerable, por tal motivo se debe realzar la importancia del mantenimiento de los equipos industriales que carece de una atención más oportuna para preservar un adecuado funcionamiento y la mayor disponibilidad posible de todos los servicios.

La Unidad de Salud de Ibagué necesita de un adecuado plan de mantenimiento para los equipos industriales en especial de los equipos críticos. En este caso, en el servicio de urgencias, se puede identificar la Planta eléctrica como el equipo

que puede representar mayor criticidad, por lo cual lo ideal sería un plan de mantenimiento basado en confiabilidad para este equipo y de este modo disminuir considerablemente los riesgos de falla y aumentar la disponibilidad de estos.

Implementar esta metodología sería fundamental para garantizar una adecuada prestación del servicio en el área de urgencias, ya que aunque la USI cuenta con un plan de mantenimiento de la mayoría de sus equipos industriales, estos planes no cuentan con un listado de tareas a realizar (check list) y cronograma de actividades periódicas que permitan tener una confiabilidad en el servicio de estos equipos críticos. De esta manera, se busca disminuir las pérdidas económicas generadas por gastos de mantenimiento correctivo y aumentar el prestigio de la institución al garantizar una buena prestación de los servicios de salud.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL:**

- Proponer un plan de mantenimiento basado en confiabilidad para la Planta Eléctrica de la Unidad de Salud de Ibagué, que tiene la mayor criticidad y así garantizar la disponibilidad del servicio de urgencias, optimizando la operatividad y eficiencia.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- a) Determinar los problemas de funcionamiento de la planta eléctrica del servicio de urgencias, por medio de un análisis de modo y efectos de falla.
- b) Realizar el listado de tareas de mantenimiento que contiene las actividades a realizar en caso de ocurrir una falla o para seguir el proceso del mantenimiento predictivo y preventivo, teniendo en cuenta las estrategias de mantenimiento basado en RCM, con respecto a los resultados del análisis del modo de falla, definiendo soluciones.
- c) Preparar la información del plan de mantenimiento para cargar e iniciar la implementación de un software de mantenimiento.
- d) Realizar las capacitaciones y entrenamientos necesarios para que el personal aplique la metodología de mantenimiento.

- e) Proponer un cronograma de actividades que defina la realización periódica de las diferentes labores que aseguran la disponibilidad del equipo industrial.

### **3. JUSTIFICACIÓN**

Esta propuesta se presenta con el fin de implementar un mantenimiento basado en confiabilidad para el equipo industrial que, en caso de fallar, más repercutiría negativamente en la prestación de los servicios hospitalarios; en este caso es la planta eléctrica del servicio de urgencias.

La humanidad continúa dependiendo, cada vez en mayor grado, de la prosperidad generada por las empresas altamente mecanizadas y automatizadas. También somos más y más dependientes del suministro ininterrumpido de electricidad o de trenes que funcionen con puntualidad. Más que nunca, estos dependen a su vez de la integridad continua de los activos físicos. Sin embargo, cuando estos activos fallan, no solo se perjudica este bienestar, y no solo se interrumpen estos servicios, sino que nuestra propia supervivencia se encuentra amenazada. Las fallas en equipos han jugado un papel fundamental en los peores accidentes e incidentes medioambientales en la historia de la industria, incidentes que se convirtieron en iconos. <sup>1</sup>

En la Unidad de salud de Ibagué el servicio de Urgencias debe trabajar sin interrupciones las 24 horas los 365 días del año, se debe tener en cuenta que en ocasiones llegan usuarios en condiciones críticas de salud. En este caso, una falla en el suministro de energía podría ser fatal, por tal razón, la planta eléctrica es el

---

<sup>1</sup> MOUBRAY-JOHN MITCHELL (2004). Mantenimiento centrado en confiabilidad RCM 2- capítulo 13,14

equipo más crítico y debe permanecer bajo un constante monitoreo y seguimiento de sus parámetros, lo cual se consigue si se le aplica un plan de mantenimiento preventivo basado en confiabilidad que permita reducir ostensiblemente la posibilidad de ocurrencia de una falla y así tener una mayor disponibilidad del motor-generador.

En la actualidad en la Unidad de Salud de Ibagué casi que a la totalidad de los equipos industriales se les realiza un mantenimiento preventivo planeado periódico cada 3 meses, así se reducen los costos por mantenimientos correctivos, pero no se tienen en cuenta los niveles de criticidad de los equipos para determinar ciclos periódicos de mantenimiento diferentes para cada equipo dependiendo del riesgo que representen en caso de fallar, de aplicarse en la unidad de salud de Ibagué se aumentaría la disponibilidad de los equipos por la reducción de los mantenimientos y así de esta manera aumentaría la confiabilidad.

La metodología del RCM es idónea para la Planta eléctrica teniendo en cuenta que este equipo no puede fallar en el momento de ser requerido su servicio o de lo contrario causaría un paro en todo el servicio de urgencias lo cual podría comprometer el estado de salud de los usuarios del servicio, el RCM permitiría tener un plan de mantenimiento que ejecutándolo de manera correcta garantizaría una mayor confiabilidad y disponibilidad de la Planta eléctrica.

## **4. CUERPO DEL TRABAJO**

### **4.1 MARCO TEORICO**

El mantenimiento centrado en confiabilidad es una metodología que lleva muchas décadas de haber sido implementada y con el paso de los años se ha ido fortaleciendo y expandido entre las diferentes ramas de la industria. Este método que ha tenido éxito en la mayoría de las áreas ha demostrado que proporciona en la mayoría de ocasiones mayor seguridad y protección del medio ambiente, una mayor disponibilidad y confiabilidad de planta, una mayor eficiencia del mantenimiento, aumenta la vida útil del equipo y sus componentes en general, se da una mayor motivación en las personas involucradas en el proceso, se mejora el trabajo en equipo y se adopta una base de datos completa en el caso de no contar con ella.

Con el paso del tiempo se han desarrollado diferentes técnicas, patrones y se han detectado fallas, modos, efectos y sus consecuencias para miles de diferentes equipos, entre esos equipos se encuentran los motores-generadores, pero la implementación toma tiempo y esfuerzo por parte de todo el personal involucrado, tiene muchos conceptos que son desconocidos para muchos y que deben aprender estas personas para llevar a cabo la metodología.

La mejor forma de asegurarnos de que las personas involucradas aprendan rápidamente estos conceptos y adquieran las habilidades es realizando un entrenamiento específico dependiendo el cargo de cada persona.

Personal de mantenimiento y operadores: un curso en los principios básicos de RCM. Dicho curso debería incorporar variedad de ejemplos y casos de la vida real, que permita apreciar la importancia de la teoría enseñada al momento de la práctica.

Gerentes de mantenimiento, ingenieros, gerentes de operaciones, supervisores y técnicos superiores: se debe realizar el mismo curso del personal en mantenimiento y operadores, pero añadiendo cómo se debe administrar la implementación de la metodología.

Facilitadores: a los facilitadores se les debe dar un curso como el de las demás personas involucradas, pero además luego deben pasar por un entrenamiento intensivo formal antes de empezar a trabajar con los grupos, luego de esto requieren de un monitoreo por parte del especialista en RCM, esto por unos meses.

También se debe tener en cuenta la implementación de los indicadores, ya que estos son fundamentales para definir metas, tomar decisiones, determinar la eficiencia y eficacia del proceso, determinar la utilización del tiempo y los recursos necesarios. Estos indicadores permiten medir el desempeño del mantenimiento, este desempeño se puede tomar desde dos puntos de vista diferentes, el primero consiste en que se asegure que el activo siga haciendo lo que el usuario quiere que haga, esto se conoce como la efectividad del mantenimiento y el otro punto de vista se centra en qué tan buen uso se le está dando al activo y es conocido como la eficiencia del mantenimiento, el primer punto de vista es lo más importante para los clientes, usuarios, mientras que el segundo punto de vista es el que le importa a los gerentes de mantenimiento.

Lo ideal para nuestro caso específico es tener efectividad en el mantenimiento, pero también eficiencia y para esto debemos implementar los indicadores precisos



y realizar los cursos y capacitaciones necesarios para todo el personal involucrado en el proceso.<sup>23</sup>

## 4.2 MARCO CONCEPTUAL

**4.2.1 Reseña histórica de la empresa:** El hospital San Francisco que hoy en día sirve como sede principal de la Unidad de Salud de Ibagué, fue el primer hospital presente en la ciudad y se construyó con el presupuesto nacional por orden del Ministerio de Salud. Esta primera sede fue levantada entre 1949 y 1953 como Hospital Antituberculoso, luego de unos años se instaló un consultorio en el centro de la ciudad para el programa antituberculoso.

En el año 1965, la Liga Antituberculosa Colombiana, comienza labores con el objetivo de construir un nuevo centro de salud mejor acondicionado, es así como mediante el acuerdo N° 17 del Concejo municipal en 1965, se confieren facultades al alcalde y al personero municipal para vender a la liga Antituberculosa un lote en la carrera 8 entre calles 24 y 25 para este fin.

En 1966 se inicia la construcción del Hospital, siendo este entregado en el año 1968, como el Sanatorio antituberculoso Hospital San Francisco, de esta manera el hospital se convierte en el lugar de remisión para todos los pacientes del Tolima.

---

<sup>2</sup> Gabriel Antuas Sierra A. (2004) – Trabajo de Grado para optar al título de Ingeniero Mecánico – Universidad Industrial de Santander - Programa de Mantenimiento preventivo para la empresa metalmecánica Industrias AVM S.A.-114p

<sup>3</sup> MOUBRAY-JOHN MITCHELL (2004). Mantenimiento centrado en confiabilidad RCM 2- capítulo 13,14

Para el año 1993, mediante el acuerdo N° 34 del concejo municipal se crea el Hospital San Francisco pero como un establecimiento público de carácter municipal y en abril del año 1995 mediante el acuerdo 032 del concejo municipal se reestructura el centro asistencial a Primer Nivel y se transforma en Empresa Social del Estado, así pasa a ser el Hospital San Francisco E.S.E.

En 1997 se realiza una remodelación de la institución, con instalaciones para máximo 68 camas, con el objetivo de mejorar la prestación de los servicios de salud de primer nivel, para así atender población particular, población no asegurada, régimen subsidiado y SOAT, con atención en el servicio de urgencias las 24 horas y servicio de consulta externa.

En el año 1998 entró en operación la Unidad de Salud de Ibagué con el objetivo general de mejorar el acceso al servicio de salud de toda la población tanto en la zona urbana como en la zona rural. Al día de hoy la Institución cuenta con 17 puestos de salud distribuidos en la zona rural de Ibagué y con 19 unidades en la zona urbana.

El año pasado el hospital San Francisco E.S.E. se fusiono con la Unidad de Salud de Ibagué E.S.E., por decisión de la administración municipal, de este modo el Hospital San Francisco E.S.E. paso a ser la sede principal de la Unidad de Salud de Ibagué E.S.E., en la actualidad se prestan los servicios de Urgencias en el hospital San Francisco y en las unidades intermedias ubicadas en el barrio Ricaurte, Jordán y Salado, además de ofrecer los servicios de Consulta externa,

Odontología, vacunación, laboratorio clínico, Promoción y prevención, rayos X, entre otros.<sup>4</sup>

Figura 1: vista exterior edificio de Urgencias Hospital San Francisco



Fuente: <https://www.ibague.gov.co/portal/seccion/noticias/index.php?idnt=3621>

## Misión

Somos una Empresa Social del Estado, prestador público del componente primario del Municipio de Ibagué, con una extensa red de servicios en el área rural y urbana. Ofrecemos atención integral, humanizada, con calidad y seguridad; fortalecidos en la promoción, prevención y mantenimiento de la salud; contribuyendo a mejorar la salud del individuo, la familia y la Comunidad; contando con talento humano altamente capacitado, comprometido y propiciando espacios para la articulación de la docencia e Investigación en los servicios de salud.

---

<sup>4</sup> Lombana Silva, Nelson (Abril 2017). Síntesis histórica del Hospital San Francisco. Ibagué-Tolima-Colombia: Blog Nelson Lombana Silva, recuperado de <http://nelsonlombanasilva.blogspot.com/>

## **Visión**

Como prestador público del componente primario en el Municipio de Ibagué, para el año 2025 proyectamos alcanzar una cobertura del 80% de las necesidades en salud de nuestros usuarios, centrados en lograr la atención integral en salud, de la persona, la familia y la Comunidad, fortalecidos con procesos de responsabilidad social, docencia e investigación.<sup>5</sup>

## **Objetivo general de la empresa:**

*Velar por la eficiente y oportuna prestación de los servicios de salud mejorando el acceso.*

## **Estrategia**

Salud integral brindando los servicios de primer nivel, con los servicios de consulta externa, urgencias, promoción y prevención en cumplimiento de la normativa vigente.

## **Objetivos específicos**

*Incrementar el cumplimiento de las actividades de promoción y prevención de la población contratada según matrices de programación establecidas.*

## **Actividades Realizadas:**

- Fortalecimiento de acciones de inducción a la demanda: Visitas casa a casa

---

<sup>5</sup> Unidad de Salud de Ibagué (2017). Nuestra entidad, misión, visión, objetivos, organigramas. Ibagué-Tolima-Colombia: Pagina web Unidad de Salud de Ibagué, recuperado de: <https://www.usiese.gov.co/nuestra-entidad.html>

- Promoción a nivel de medios masivos de comunicación de las actividades ofertadas en Promoción y Prevención.
- Fortalecimiento y capacitación del recurso humano para la ejecución de las actividades.
- Realización periódica de actividades extramurales.
- Seguimiento a usuarios de los programas.

*Garantizar la atención a los usuarios conforme a los lineamientos del Sistema Obligatorio de Garantía de la Calidad en Salud y demás normatividad vigente.*

**Actividades Realizadas:**

- Realización de auto evaluaciones en forma permanente sobre el cumplimiento de estándares de habilitación, a través de listas de chequeo previamente definidas por la institución.
- Proyección de las acciones de mejoramiento en forma continua conforme a los diferentes estándares del sistema relacionados con las inconsistencias encontradas en Talento humano, infraestructura física, dotación y mantenimiento, garantía de insumos, procesos prioritarios asistenciales, historia clínica, referencia y contra referencia y seguimiento a riesgo.
- Sensibilización y capacitación a todo el personal asistencial y administrativo que labora en la institución sobre la importancia del desarrollo e implementación del Sistema Obligatorio de Garantía de la Calidad y el mejoramiento continuo.

*Prestar los servicios de salud a la población del municipio de Ibagué urbana y rural de conformidad con los planes obligatorios del sistema general de seguridad social en salud y otras acciones según convenios establecidos.*

**Actividades Realizadas:**

- Diseño del Plan de producción de la entidad de acuerdo a la capacidad instalada y contratación vigente ajustándolo según necesidades.
- Realización permanentemente de actividades de demanda inducida con medición de impacto.
- Disminución de las barreras de acceso a los servicios de salud.
- Seguimiento al cumplimiento de actividades programadas
- Diseño y aplicación mensual de instrumentos con los usuarios para medir el grado de satisfacción y percepción del servicio.<sup>6</sup>

**4.2.2 Mantenimiento industrial**

**4.2.2.1 Evolución del mantenimiento:** Durante los pasados 20 años, el mantenimiento cambió, quizás mucho más que cualquier otra disciplina de gerenciamiento. El cambio se debe a un enorme incremento en el número y variedad de bienes físicos (plantas, equipos, edificios) que deben ser mantenidos alrededor del mundo, diseños mucho más complejos, nuevas técnicas de mantenimiento, y cambiante ideología con respecto a la organización y responsabilidades del mantenimiento.

El mantenimiento también responde a expectativas variables. Estas incluyen el hecho de advertir cada vez más el alto grado en el que las fallas en equipos afectan la seguridad y el medioambiente, una conciencia creciente de la conexión entre mantenimiento y calidad del producto, y una presión cada vez mayor de alcanzar un alto rendimiento de las plantas y controlar los costos.

Estos cambios están poniendo a prueba al máximo actitudes y capacidades en todas las ramas de la industria. El personal de mantenimiento se ve obligado a adoptar un nuevo modo de pensar y actuar, como ingenieros y como gerentes. Al

---

<sup>6</sup> Unidad de Salud de Ibagué (2017). Nuestra entidad, objetivos y funciones. Ibagué-Tolima-Colombia: Pagina web Unidad de Salud de Ibagué, <https://usiese.gov.co/nuestra-entidad/objetivos-y-funciones.html>

mismo tiempo las limitaciones de los sistemas de mantenimiento se están haciendo más evidentes, no importa cuán computarizados estén.

Ante la evidencia de esta avalancha de cambios, los jefes de las diversas áreas, están buscando un nuevo método de mantenimiento. Quieren evitar los falsos comienzos y callejones sin salidas que suelen conducir a mayores catástrofes. *En cambio persiguen una estructura estratégica que sintetice los nuevos desarrollos en un patrón coherente, de manera que puedan ser evaluados sensiblemente, permitiendo escoger aquellos que más se adapten a ellos y a sus empresas.*

### **La Primera Generación.**

La primera generación cubre el periodo hasta la segunda guerra mundial. En esa época la industria no era altamente mecanizada, de modo que los tiempos de inactividad no tenían demasiada importancia. Esto significa que la prevención de fallas en equipos no era una prioridad en la mente de la mayoría de los gerentes. Al mismo tiempo la mayoría de los equipos eran simples y muy bien diseñados esto los hacía confiables y fáciles de reparar.

Como consecuencia, no había necesidad de mantenimiento sistemático de ningún tipo, más allá que la limpieza, control y lubricación de rutina. La necesidad de habilidades específicas era inclusive menor de lo que es ahora.

### **La Segunda Generación.**

Todo cambió dramáticamente desde la segunda guerra mundial. Las presiones de la guerra aumentaron la demanda de todo tipo de provisiones, mientras que la

disponibilidad de mano de obra disminuyó notablemente. Esto llevo a una mayor mecanización. Para 1950, las maquinarias de todo tipo se habían multiplicado en número y complejidad. La industria estaba comenzando a depender de ellas.

A medida que esta independencia creció, la inactividad tuvo un enfoque más cercano. Esto trajo la idea de que las fallas técnicas podían y debían ser prevenidas, lo que trajo a su vez el concepto de *mantenimiento preventivo*. En 1960 éste consistía principalmente en el reacondicionamiento de los equipos, que se llevaba a cabo en intervalos fijos.

El costo de mantenimiento comenzó a incrementarse notablemente en comparación con otros costos operativos. Esto llevo al crecimiento de la *planificación de mantenimiento y programas de control*. Estos fueron una enorme contribución para comenzar a controlar el mantenimiento, y actualmente forman parte oficial de las prácticas de éste.

Finalmente la cantidad de capital invertido en bienes físicos y los costos crecientes, llevo a que los propietarios buscaran el modo de maximizar la vida de esos bienes.

### **La Tercera Generación**

Desde mediados de 1970, el proceso de cambio en la industria ha conjugado un momentum aún mayor. Los cambios pueden clasificarse bajo los títulos de *nuevas expectativas, nuevas investigaciones y nuevas técnicas*.<sup>7</sup>

#### ***Crecientes expectativas en el mantenimiento.***

### **Tercera Generación**

\*Mayor disponibilidad y confiabilidad de las plantas.

\* Mayor seguridad

---

<sup>7</sup> MOUBRAY-JOHN MITCHELL (2004). Mantenimiento centrado en confiabilidad RCM 2- capítulo 13,14



- \* Mejor calidad del producto.
- \* No perjudican el medioambiente.
- \* Más extensa vida de los equipos
- \* Mejor relación costo efectividad.

### **Segunda Generación**

- \* Mayor disponibilidad de plantas.
- \* Vida de equipos más extensa.
- \* Costos más bajos

### **Primera Generación**

- \* Repara cuando Se rompe.

A medida que pasa el tiempo se va avanzando en el campo de mantenimiento debido a que antes no se comprendía la importancia de mantener los bienes en un estado óptimo de funcionamiento cumpliendo el rendimiento deseado teniendo en cuenta el contexto operacional, hoy en día las industrias se han percatado de eso y por tal razón la inversión en el sector de mantenimiento ya se ve como una buena inversión que puede traer reducciones de costos económicos a mediano y largo plazo si se aplica de manera adecuada.<sup>8</sup>

---

<sup>8</sup> MOUBRAY-JOHN MITCHELL (2004). Mantenimiento centrado en confiabilidad RCM 2- capítulo 13,14

**4.2.2.2 Que es mantenimiento industrial:** Conjuntos de técnicas destinadas a conservar los equipos e instalaciones en servicio durante el mayor tiempo posible, buscando la más alta disponibilidad y con el máximo rendimiento.<sup>9</sup>

El mantenimiento se ha convertido es una actividad esencial dentro de todas las empresas, la Unidad de Salud de Ibagué no es la excepción ya que es una institución que presta el servicio de salud y por ende cuenta con equipos biomédicos, equipos industriales, instalaciones eléctricas, hidráulicas y una infraestructura que requieren de un mantenimiento preventivo para conservarse en buenas condiciones.

**4.2.2.3 Objetivos del mantenimiento:** La responsabilidad fundamental del mantenimiento es contribuir al cumplimiento de los objetivos de la empresa o entidad de la cual forma parte. Para ellos, los objetivos del Mantenimiento deben establecerse dentro de la estructura de los objetivos generales de la empresa.

Los objetivos del mantenimiento son:

- Maximizar la disponibilidad de la maquinaria y equipo necesario para la actividad productiva.
- Preservar o conservar el “valor” de la planta y de su equipo, minimizando el desgaste y deterioro.
- Cumplir estas metas, tan económicamente como sea posible.

Con esta propuesta de plan de mantenimiento para la Unidad de Salud se pretende aumentar al máximo posible la disponibilidad de las plantas eléctricas,

---

<sup>9</sup> GARCIA G-SANTIAGO (2003). Organización y Gestión Integral del Mantenimiento

conservando los componentes de los mecanismos disminuyendo el desgaste por medio de un plan de mantenimiento exhaustivo basado en Confiabilidad teniendo en cuenta que son equipos que presentan un alto grado de riesgo en caso de falla.

**4.2.2.4 ¿Que es el mantenimiento preventivo?** :El mantenimiento preventivo es la ejecución de un sistema de inspecciones periódicas programadas racionalmente sobre el activo fijo de la planta y sus equipos con el fin de detectar condiciones y estados inadecuados de esos elementos que puedan ocasionar circunstancialmente paros en la producción o deterioro grave de máquinas, equipos o instalaciones, y realizar en forma permanente el cuidado de mantenimiento adecuad de la planta para evitar tales condiciones, mediante la ejecución de ajustes o reparaciones, mientras las fallas potenciales están en estado inicial de desarrollo.

El objetivo del mantenimiento preventivo es aumentar el máximo la disponibilidad y confiabilidad del equipo llevando a cabo un mantenimiento planeado, basado en inspecciones planificadas y programadas de los posibles puntos a fallar.<sup>10</sup>

**Mantenimiento:** Asegurar que los activos físicos continúen haciendo lo que sus usuarios quieren que hagan.<sup>11</sup>

**Mantenimiento correctivo:** Son una serie de actividades que se realizan en el equipo luego de que ya ocurre la falla, esto para recuperar la funcionalidad del activo.

---

<sup>10</sup> Gabriel Antuas Sierra A. (2004) – Trabajo de Grado para optar al título de Ingeniero Mecánico – Universidad Industrial de Santander - Programa de Mantenimiento preventivo para la empresa metalmecánica Industrias AVM S.A.

<sup>11</sup> MOUBRAY-JOHN MITCHELL (2004). Mantenimiento centrado en confiabilidad RCM 2- capítulo 1 – p7

#### **4.2.2 Mantenimiento basado en confiabilidad:**

##### **4.2.2.1 Antecedentes mantenimiento basado en confiabilidad:** El

mantenimiento basado en confiabilidad empezó a analizarse en la década de 1960 por la industria aeronáutica norteamericana y se aplicó por primera vez a gran escala para el mantenimiento del Boeing 747; después se usó para el DC-10, y así fue extendiéndose a una gran parte de la aeronáutica. Los resultados aunque tardaron años en concretarse, pues la implantación, como veremos, es lenta, fueron sorprendentes. Por ejemplo, se pasó de revisar 339 elementos en la revisión general programada de los DC-8 a siete elementos. La industria militar también comenzó a utilizarla en la década de 1970 y luego, en 1982, el EPRI(Electric Power Research Institute) la empieza a aplicar en el campo nuclear. En la actualidad, veinte años después, se está extendiendo decididamente a otros sectores como el energético, el ferroviario, etc. Este tiempo tan dilatado se justifica, desde el punto de vista del autor, por la complejidad de su implantación y las carencias documentales en los últimos sectores, que hacen muy lentos los análisis en que se basa.<sup>12</sup>

Esta técnica del mantenimiento basado en confiabilidad además de que se puede adaptar a casi cualquier equipo o proceso industrial, presenta varios aspectos positivos de ser aplicado como son, reducir la cantidad y los costos de los mantenimientos preventivos de rutina, conocer mejor los requerimientos de servicio de cliente, incremento de la disponibilidad del equipo con menos mantenimientos preventivos y correctivos, ganancia de tiempo por menos paradas programadas para revisiones, mayor aseguramiento de la integridad de la seguridad del personal en el lugar, entre otros.

---

<sup>12</sup> GONZALES-FRANCISCO JAVIER (2005). Teoría y Práctica del Mantenimiento Industrial Avanzado

**4.2.2.2 Que es RCM?:** El RCM se implementa sobre la base de una serie de pasos muy planificados y relacionados. Primero hay que examinar bien las metas de productividad y de mejora que ha definido la dirección, para lo que se precisara una clara estrategia por parte de esta sobre los principales parámetros a mejorar (costes, fiabilidades, etc.). Una vez claro esto, hay que evaluar maneras y métodos por los que estas metas pueden alcanzarse y los efectos de las averías o de los fallos. Teniendo claras las metas y como se pretenden alcanzar, debemos llevar a cabo un trabajo casi de investigación para deducir los modos de fallos más factibles y la mejor manera de eliminar o reducir las consecuencias en cada fallo. En determinados casos, el análisis de fallos asociado al análisis de costes nos aconsejara dejar que el equipo siga funcionando hasta que falle, y no hacer ningún tipo de mantenimiento preventivo. En otros, por ejemplo, también se nos inducirá a dejar que el equipo siga trabajando hasta que falle, pero con un sistema alternativo en paralelo, cuya incorporación mediante una reforma es más barata que realizar el periódico mantenimiento preventivo.<sup>13</sup>

Moubray define de otra manera el Mantenimiento Centrado en Confiabilidad y nos dice que es un proceso utilizado para determinar que se debe hacer para asegurar que cualquier activo físico continúe haciendo lo que sus usuarios quieren que haga en su contexto operacional actual.<sup>14</sup>

El RCM es una técnica adecuada para implementar en la unidad de Salud de Ibagué teniendo en cuenta los equipos que presentan un mayor nivel de criticidad y estableciendo los modos de falla de estos equipos, si se aplica esta técnica de mantenimiento se podrían reducir ostensiblemente el porcentaje de fallas en los equipos y así aumentar la disponibilidad y confiabilidad de los equipos al mismo tiempo reduciendo los costos de mantenimiento.

---

<sup>13</sup> GONZALES-FRANCISCO JAVIER (2005). Teoría y Práctica del Mantenimiento Industrial Avanzado

<sup>14</sup> MOUBRAY-JOHN MITCHELL (2004). Mantenimiento centrado en confiabilidad RCM 2- capítulo 1 – p7

Figura 2: Las 7 preguntas básicas del RCM: <sup>15</sup>

\* ¿Cuales son las funciones y respectivos estándares de desempeño de este bien en su contexto operativo presente?

\* ¿En que aspecto no responde al cumplimiento de sus funciones?

\* ¿Que ocasiona cada falla funcional?

\* ¿Que sucede cuando se produce cada falla en particular?

\* ¿De que modo afecta cada falla?

\* ¿Que puede hacerse para predecir o prevenir cada falla?

\* ¿Que debe hacerse si no se encuentra el plan de acción apropiado?

Fuente: MOUBRAY-JOHN MITCHELL (2004). Mantenimiento centrado en confiabilidad RCM 2. Aladon 2004

**Funciones y estándares de desempeño:** la definición de función consiste de un verbo, un objeto y el estándar de funcionamiento deseado por el usuario. Los estándares de desempeño son los valores normales con los que opera la máquina, teniendo en cuenta el contexto operacional.

**Contexto Operacional:** el contexto operacional son todas aquellas circunstancias que de alguna manera se ven involucradas en el sistema y que influyen por completo la formulación de las estrategias de mantenimiento.

**Función Primaria:** son la razón principal por la que es adquirido el activo físico. Son las razones por las cuales existe el activo.

**Funciones secundarias:** es de suponer que la mayoría de los activos físicos cumplen una o más funciones adicionales además de la primaria. Estas se conocen como funciones secundarias.

---

<sup>15</sup> MOUBRAY-JOHN MITCHELL (2004). Mantenimiento centrado en confiabilidad RCM 2. Aladon 2004

Las funciones secundarias se dividen en 7 categorías que son:

1. Ecología – Integridad Ambiental
2. Seguridad – integridad estructural
3. Control – contención – confort
4. Apariencia
5. Protección
6. Eficiencia – economía
7. Funciones superfluas <sup>16</sup>

Tabla 1: Descripción registró funciones

| SISTEMA    |                                                                                                                                                                                                                         |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| SUBSISTEMA |                                                                                                                                                                                                                         |
| FUNCION    |                                                                                                                                                                                                                         |
| 1          | <u>Canalizar todos los gases de escape de la turbina de aire caliente sin restricción a un punto fijo de 10 metros sobre el techo de la antecámara de la turbina</u>                                                    |
| 2          | <u>Reducir los niveles de ruido de escape a Nivel de Ruido ISO de 30 a 50 metros.</u>                                                                                                                                   |
| 3          | <u>Asegurar que la temperatura de la superficie del conducto interno del hall de la turbina no excede los 60° C.</u>                                                                                                    |
| 4          | <u>Transmitir una señal de alarma al sistema de control de la turbina si la temperatura del gas de escape excede los 475 °C, y una señal de apagado si excede los 500° C a un punto de cuatro metros de la turbina.</u> |
| 5          | <u>Permitir el movimiento libre del conducto en respuesta a los cambios de temperatura.</u>                                                                                                                             |

Fuente: MOUBRAY-JOHN MITCHELL (2004). Mantenimiento centrado en confiabilidad RCM 2.p-47

**Fallas Funcionales:** ocurren cuando un equipo es incapaz de cumplir con su función a un nivel de desempeño que sea aceptable por el usuario.

**Falla:** según Moubray se define como la incapacidad de cualquier activo de hacer aquello que sus usuarios quieren que haga.

Existen dos tipos de falla que son falla total y falla parcial. <sup>17</sup>

<sup>16</sup> MOUBRAY-JOHN MITCHELL (2004). Mantenimiento centrado en confiabilidad RCM 2- capítulo 2 Funciones

Tabla 2: Descripción de registro de fallas funcionales

| SISTEMA    |                                                                                                                                                                                                                  | TURBINA 5         |                                                                                      |
|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| SUBSISTEMA |                                                                                                                                                                                                                  | Mw.               |                                                                                      |
|            |                                                                                                                                                                                                                  | SISTEMA DE ESCAPE |                                                                                      |
|            | FUNCION                                                                                                                                                                                                          | FALLA FUNCIONAL   |                                                                                      |
| 1          | Canalizar todos los gases de escape de la turbina de aire caliente sin restricción a un punto fijo de 10 metros sobre el techo de la antecámara de la turbina                                                    | A                 | Incapaz de canalizar el gas                                                          |
|            |                                                                                                                                                                                                                  | B                 | Flujo de Gas restringido                                                             |
| 2          | Reducir los niveles de ruido de escape a Nivel de Ruido ISO de 30 a 50 metros.                                                                                                                                   | C                 | Falla la contención de Gas.                                                          |
| 3          | Asegurar que la temperatura de la superficie del conducto interno del hall de la turbina no excede los 60° C.                                                                                                    | D                 | Falla en transportar el gas a un punto de 10 metros sobre el techo                   |
| 4          | Transmitir una señal de alarma al sistema de control de la turbina si la temperatura del gas de escape excede los 475 °C, y una señal de apagado si excede los 500° C a un punto de cuatro metros de la turbina. | A                 | El nivel de Ruido excede el Nivel de Ruido ISO de 30 a 150 metros.                   |
|            |                                                                                                                                                                                                                  | A                 | La temperatura de la superficie del conducto excede los 60°                          |
|            |                                                                                                                                                                                                                  | A                 | Incapaz de enviar una señal de Alarma si la temperatura de escape excede los 500 ° C |
| 5          | Permitir el movimiento libre del conducto en respuesta a los cambios de temperatura.                                                                                                                             | A                 | No permite el movimiento libre del conducto.                                         |
|            |                                                                                                                                                                                                                  | A                 |                                                                                      |

Fuente: MOUBRAY-JOHN MITCHELL (2004). Mantenimiento centrado en confiabilidad RCM 2. P55

## Análisis de Modos de Falla y sus efectos (AMFE):

**Modos de falla:** luego de que se identifican las fallas funcionales, el paso a seguir es identificar todas las posibles causas de este estado de error, estos eventos se conocen como modos de falla, también se puede definir como cualquier evento que pueda causar la falla de un activo físico (o sistema o proceso).

La mejor manera de establecer los modos de falla y sus efectos es haciendo un listado de fallas funcionales y luego registrar los modos de falla que podrían causar cada falla funcional.

- **Clasificación de Modos de Falla:**

1. Capacidad decreciente: cuando la capacidad cae por debajo del funcionamiento deseado.

Las 5 causas principales de la capacidad decreciente son:

<sup>17</sup> MOUBRAY-JOHN MITCHELL (2004). Mantenimiento centrado en confiabilidad RCM 2- capítulo 3 p 48-49



- Deterioro
- Fallas de lubricación
- Polvo o suciedad
- Desarme
- Errores humanos que reducen la capacidad

2. Aumento del funcionamiento deseado: esta se da cuando el funcionamiento deseado se eleva por encima de la capacidad inicial. Cuando ocurre esto el activo falla de una de las siguientes dos maneras:

- El funcionamiento deseado aumenta hasta que el activo físico no puede responder a él.
- El aumento del esfuerzo causa que se acelere el deterioro hasta el punto en que el activo físico se torna tan poco confiable que deja de ser útil.

3. Capacidad inicial: cuando desde el comienzo el activo físico no es capaz de hacer lo que se quiere.<sup>18</sup>

---

<sup>18</sup> MOUBRAY-JOHN MITCHELL (2004). Mantenimiento centrado en confiabilidad RCM 2- capítulo 4 AMFE

Tabla 3: modos de falla con diferente nivel de detalle

| NIVEL 1               | NIVEL 2        | NIVEL3                   | NIVEL 4                         | NIVEL 5                                    | NIVEL 7                                      | NIVEL 7                      |
|-----------------------|----------------|--------------------------|---------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------------|------------------------------|
| Falla el set de bomba | Falla la bomba | Falla el propulsor       | Se suelta el propulsor          | Tuerca de montaje no hecha                 | Tuerca no ajustada correctamente             | Error de montaje             |
|                       |                |                          |                                 | Tuerca de montaje desgastada               | Tuerca erosionada o corroida                 | Material mal especificado    |
|                       |                |                          |                                 | Tuerca hecha del material equivocado       |                                              | Material provisto equivocado |
|                       |                |                          |                                 | Tuerca del propulsor partida               | Tuerca del prop. sobre ajustada              | Error de montaje             |
|                       |                |                          |                                 |                                            | Tuerca de material incorrecto                | Material provisto equivocado |
|                       |                |                          |                                 | Llave del propulsor cortada                | Metal para la llave mal especificado         | Error de diseño              |
|                       |                |                          |                                 |                                            | Metal provisto equivocado                    | Error de procuración         |
|                       |                |                          |                                 |                                            |                                              | Error de almacén             |
|                       |                |                          |                                 |                                            |                                              | Error de pedido              |
|                       |                |                          | Objeto golpea el propulsor      | Parte en sistema después del mantenimiento | Error de montaje                             | Ver Apéndice 2               |
|                       |                |                          |                                 | Objeto extraño en el sistema               | Colador de succión no instalado              | Error de montaje             |
|                       |                | Carcasa rota             | Pernos de la carcasa flojos     | Pernos no ajustados correctamente          | Error de montaje                             | Ver apéndice 2               |
|                       |                |                          |                                 | Pernos aflojados por vibración             |                                              |                              |
|                       |                |                          |                                 | Pernos coridos                             |                                              |                              |
|                       |                |                          |                                 | Pernos fallan por fatiga                   |                                              |                              |
|                       |                |                          | Fallan las juntas de la carcasa | Juntas ubicadas incorrectamente            | Error de montaje                             | Ver apéndice 2               |
|                       |                |                          |                                 | Juntas fallan por corrosión                |                                              |                              |
|                       |                |                          | Carcasa golpeada                | Carcasa golpeada por un vehiculo           | Error operativo                              | Ver apéndice 2               |
|                       |                |                          |                                 |                                            | Bomba en posición vulnerable                 | Error de Diseño              |
|                       |                |                          |                                 | Golpeada por un objeto volador             | Carcasa golpeada por un meteorito            |                              |
|                       |                |                          |                                 |                                            | Carcasa golpeada por parte de una nave aérea |                              |
|                       |                | Falla el cierre de bomba | Desgaste normal                 | Cierre gastado                             |                                              |                              |
|                       |                |                          | Bomba se seca                   | Ver "falla la provisión de agua"           |                                              |                              |
|                       |                |                          | Cierre desalineado              | Error de montaje                           | Ver apéndice 2                               |                              |
|                       |                |                          | Cierre con suciedad             | Error de montaje                           | Ver apéndice 2                               |                              |
|                       |                |                          | Cierre equivocado               | Cierre equivocado provisto                 | Error de procuración                         | Ver apéndice 2               |
|                       |                |                          |                                 |                                            | Error de Almacén                             | Ver apéndice 2               |
|                       |                |                          |                                 | Cierre mas especificado                    | Error de diseño                              | Ver apéndice 2               |
|                       |                |                          | Cierre dañado instalado         | Cierre golpeado anteriormente              | Error de Almacenamiento                      | Ver apéndice 2               |
|                       |                |                          |                                 | Cierre de la bomba dañado en transito      | Error de procuración                         |                              |

Fuente: MOUBRAY-JOHN MITCHELL (2004). Mantenimiento centrado en confiabilidad RCM 2. P69

**Efectos de las fallas:** consiste en armar una lista donde se describe lo que sucede cuando se presenta cada uno de los modos de falla, en cada descripción se debe incluir toda la información necesaria para respaldar la evaluación de las consecuencias de las fallas. <sup>19</sup>

**Consecuencias de falla:** en esta etapa se evalúa que implicaciones tendría la ocurrencia de cada tipo de falla sobre el equipo como tal. Se debe evaluar cuales son las consecuencias que ejercen una mayor influencia sobre el activo

<sup>19</sup> MOUBRAY-JOHN MITCHELL (2004). Mantenimiento centrado en confiabilidad RCM 2- capitulo 4 AMFE p76

Un modo de falla tiene consecuencias para la seguridad si causa una pérdida de función u otros daños que pudieran lesionar o matar a alguien y tiene consecuencias ambientales si causa una pérdida de función u otros daños que pudieran conducir a la infracción de cualquier normativa o reglamento ambiental conocido.<sup>20</sup>

#### **Análisis de criticidad:**

Es un método que permite cuantificar las consecuencias o impacto de las fallas de los componentes de un sistema, y la frecuencia con que se presentan para establecer tareas de mantenimiento en aquellas áreas que están generando mayor repercusión en la funcionalidad, confiabilidad, mantenibilidad, riesgos y costos totales, con el fin de mitigarlas o eliminarlas por completo.<sup>21</sup>

**4.2.3. Plantas eléctricas (moto generadores)** :Es una máquina que a través de un motor de combustión interna hace mover un generador de electricidad, así convirtiendo la energía mecánica en eléctrica, esta energía eléctrica se utiliza en algunos lugares donde hay deficiencia de flujo eléctrico o en caso de cortes de suministro de energía de la red comercial.

DATOS DEL MOTOGENERADOR DE ESTUDIO:

Marca Planta: Cummins

Capacidad: 205 Kva

Combustible: Diesel

Horas trabajo continuo: 12 horas ( al 80% de rendimiento)

---

<sup>20</sup> MOUBRAY-JOHN MITCHELL (2004). Mantenimiento centrado en confiabilidad RCM 2- capítulo 5 Consecuencias de falla

<sup>21</sup> Análisis de criticidad y estudio RCM del equipo de máxima criticidad de una planta desmotadora de algodón, p1

Modelo de generador: Cummins C50

CONDICIONES NOMINALES DE TRABAJO:

Temperatura ambiente: 27°C

Altura por encima del nivel del mar: 150 mts

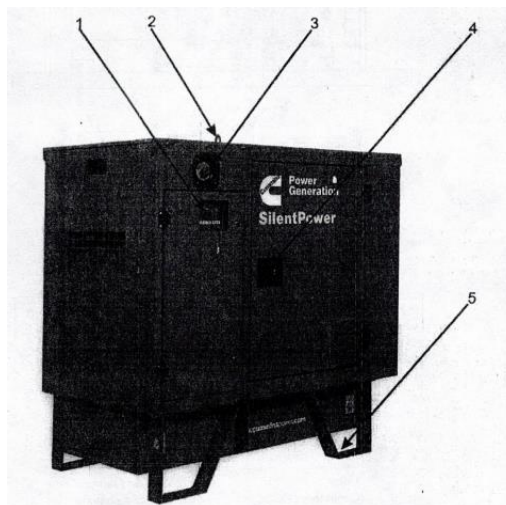
Humedad relativa: 60%

4.2.3.1. Visión general del sistema:

4.2.3.1.1. Cubierta SilentPower: Se compone de:

1. Panel de control
2. Punto de elevación sencillo (hasta 125Kva)
3. Botón externo de parada de emergencia
4. Puerta con cierre de seguridad
5. Calzo con capacidad para horquilla elevadora

Figura 3: Vista Cubierta de planta eléctrica

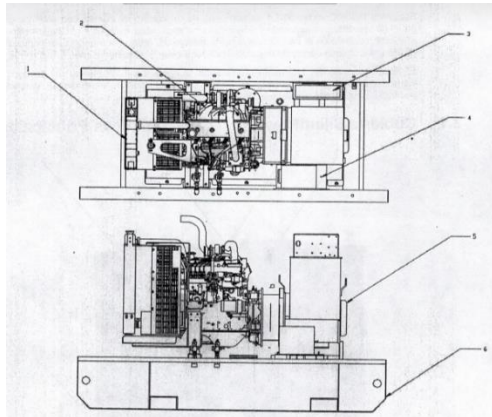


Fuente: Manual Operario Planta Cummins

4.2.3.1.2. Componentes del generador: Se compone de:

1. Radiador
2. Motor
3. Controlador PCC
4. Batería
5. Alternador
6. Marco de asiento

Figura 4: Vista grupo Generador de planta eléctrica



Fuente: Manual Operario Planta Cummins

Figura 5 y 6: Vista desde el exterior de cuarto de Planta eléctrica



Figura 7 y 8: vista por ambos lados de motor generador Cummins



Figura 9 y 10: vista de tablero de control Cummins Power Generation



Figura 11: vista lateral de Planta eléctrica



Figura 12 y 13: vista externa del cuarto de la Planta, al lado se encuentra la subestación eléctrica



## 6. METODOLOGIA

Básicamente la metodología para la implementación del plan de mantenimiento centrado en confiabilidad debe determinar que se debe hacer para que la planta eléctrica del área de urgencias del Hospital San Francisco perteneciente a la Unidad de Salud de Ibagué continúe haciendo lo que los usuarios quieren que haga, en este caso que supla de energía en caso de falla del suministro de la red comercial.

Para esto el proceso del RCM se formula responder siete preguntas básicas que son:

- ¿Cuáles son las funciones y los parámetros de funcionamiento asociado 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 se puede hacer para predecir o prevenir cada falla?
- ¿Qué debe hacerse si no se encuentra una tarea proactiva adecuada?

Para responder estas preguntas se requiere de diferentes conocimientos y datos, que se obtienen con la experiencia de operación y con los diferentes manuales y documentos adjuntos en la hoja de vida de la Planta Eléctrica.

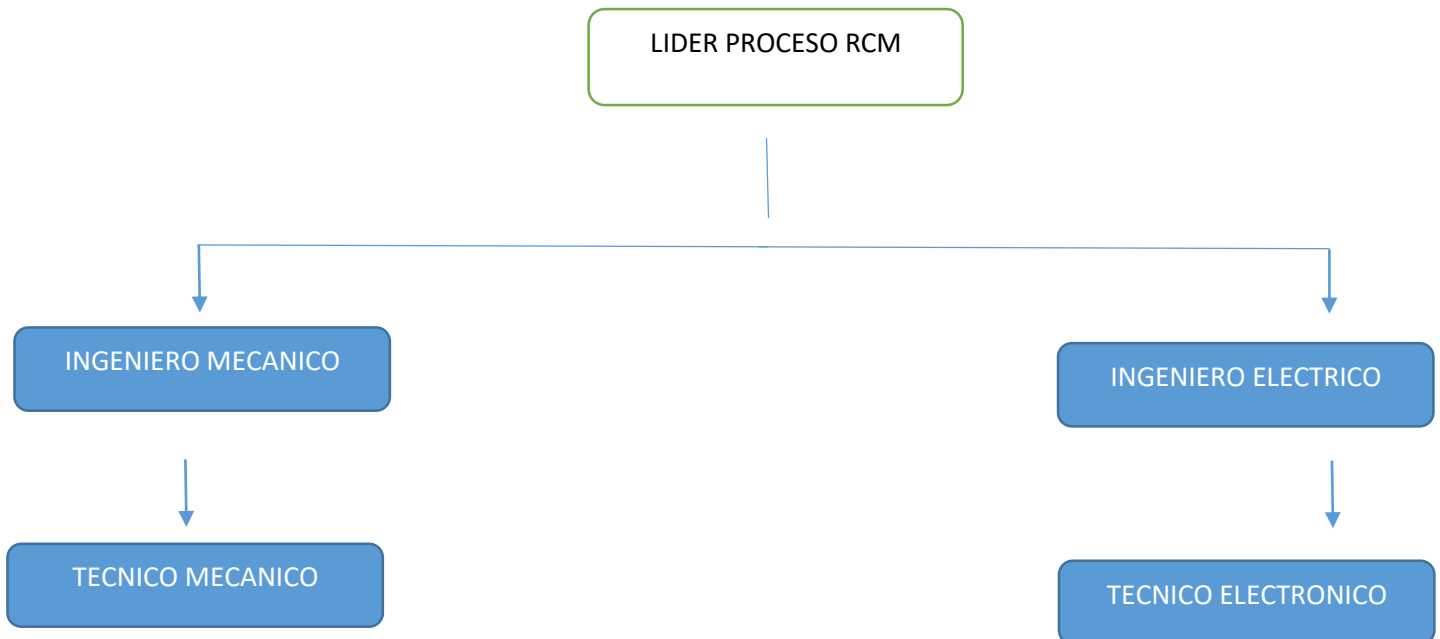
Para lograr un exitoso plan de Mantenimiento centrado en Confiabilidad se requiere de una completa planificación y preparación del personal. Si se logra establecer esta metodología de trabajo se podría tener mayor seguridad e integridad ambiental, mejor funcionamiento operacional de la planta, mayor costo-eficacia del mantenimiento, mayor vida útil de algunos



componentes, una base de datos, mayor motivación del personal de trabajo, mejor trabajo en equipo.

### 6.1 PARTICIPANTES:

Lo primero que se debe hacer es conformar un grupo de trabajo multidisciplinario que constara de un líder del proceso RCM, un Ingeniero Mecánico, un Ingeniero eléctrico, un técnico mecánico y un técnico electrónico que se encargue de los problemas posibles en el área de control. A continuación se describe como sería el grupo de trabajo para el proceso.



Se cuenta con el líder del proceso de RCM, que es quien encabeza el grupo de trabajo, esta persona debe efectuar interrogantes a los integrantes del grupo de trabajo para asegurar que se tenga un consenso entre todos, también se cuenta con el ingeniero Mecánico que es quien estará a cargo de la parte del motor y sus componentes, este a su vez contará con el apoyo de un técnico mecánico para la resolución de los problemas, también se cuenta con un ingeniero Eléctrico que estará al pendiente del subsistema del Generador y por último se cuenta con un técnico electrónico para que se encargue del sistema de control, todo el personal del grupo de trabajo debe contar con experiencia certificada en el campo por al menos 5 años.

Tabla 4: matriz de habilidades y conocimiento

| Área de Conocimiento y Habilidades | Nivel de competencia | LIDER RCM | INGENIERO MECANICO | TECNICO MECANICO | INGENIERO ELECTRICO | TECNICO ELECTRONICO |
|------------------------------------|----------------------|-----------|--------------------|------------------|---------------------|---------------------|
| MECANICA ( MOTOR )                 | 0                    |           |                    |                  |                     |                     |
|                                    | 1                    |           |                    |                  |                     |                     |
|                                    | 2                    |           |                    |                  |                     |                     |
|                                    | 3                    |           |                    |                  |                     |                     |
|                                    | 4                    |           |                    |                  |                     |                     |
| ELECTRICA (GENERADOR)              | 0                    |           |                    |                  |                     |                     |
|                                    | 1                    |           |                    |                  |                     |                     |
|                                    | 2                    |           |                    |                  |                     |                     |
|                                    | 3                    |           |                    |                  |                     |                     |
|                                    | 4                    |           |                    |                  |                     |                     |
| ELECTRONICA(TABLERO DE CONTROL)    | 0                    |           |                    |                  |                     |                     |
|                                    | 1                    |           |                    |                  |                     |                     |
|                                    | 2                    |           |                    |                  |                     |                     |
|                                    | 3                    |           |                    |                  |                     |                     |
|                                    | 4                    |           |                    |                  |                     |                     |
| METODOLOGIA RCM                    | 0                    |           |                    |                  |                     |                     |
|                                    | 1                    |           |                    |                  |                     |                     |
|                                    | 2                    |           |                    |                  |                     |                     |
|                                    | 3                    |           |                    |                  |                     |                     |
|                                    | 4                    |           |                    |                  |                     |                     |
| DESCRIPCION NIVELES DE COMPETENCIA |                      |           |                    |                  |                     |                     |
| NIVEL 0                            | NO SABE              |           |                    |                  |                     |                     |
| NIVEL 1                            | SABE                 |           |                    |                  |                     |                     |
| NIVEL 2                            | HACE ACOMPAÑADO      |           |                    |                  |                     |                     |
| NIVEL 3                            | HACE SOLO            |           |                    |                  |                     |                     |
| NIVEL 4                            | ENSEÑA/MEJORA        |           |                    |                  |                     |                     |

Fuente: Autor de la Monografía

## 6.2 RECOLECCION DE DATOS DEL EQUIPO:

En la actualidad la institución no cuenta con un orden en la documentación correspondiente de cada activo, se tienen las hojas de vida con escasamente los reportes de los mantenimientos efectuados, pero se carece de datos para encontrar un historial de fallas ocurridas y su recurrencia, en la actualidad se realiza el mantenimiento preventivo de forma mensual y el mantenimiento correctivo en caso de cualquier falla.

Se estuvo revisando toda la documentación y se encontró en la hoja de vida:

- Reportes de Mantenimientos preventivos de los últimos 3 años
- Manual del operario del sistema de control Power Command 1.1
- Especificaciones técnicas del aceite y filtros correspondientes
- Hoja de especificaciones del generador diésel
- Hoja de Características del grupo motor

### **6.3 TAXONOMIA DEL SISTEMA:**

El sistema en general es el Grupo Moto generador de Emergencia, que consta de tres subsistemas que son el Motor, el Generador y el tablero de Transferencia Automática, para este caso específico nos centraremos en el motor y en el generador que son quienes juntos componen la Planta Eléctrica, de este modo podemos ver que se cuenta con una parte Mecánica que es el motor y todos sus componentes, tenemos una parte eléctrica con el Generador, pero también se cuenta con una parte electrónica en el tablero de control Power Command, Este equipo motor generador comercial de Cummins es un sistema de generación eléctrica totalmente integrado que ofrece unas prestaciones, fiabilidad y versatilidad óptimas para aplicaciones estacionarias de reserva, primarias o de funcionamiento continuo.<sup>22</sup>

El motor generador cuenta con su parte mecánica y sus componentes principales son:

---

<sup>22</sup> Hoja de especificaciones del motor Diesel

Motor y todos sus componentes, radiador, motor de arranque, bomba de inyección.

La parte eléctrica se compone de:

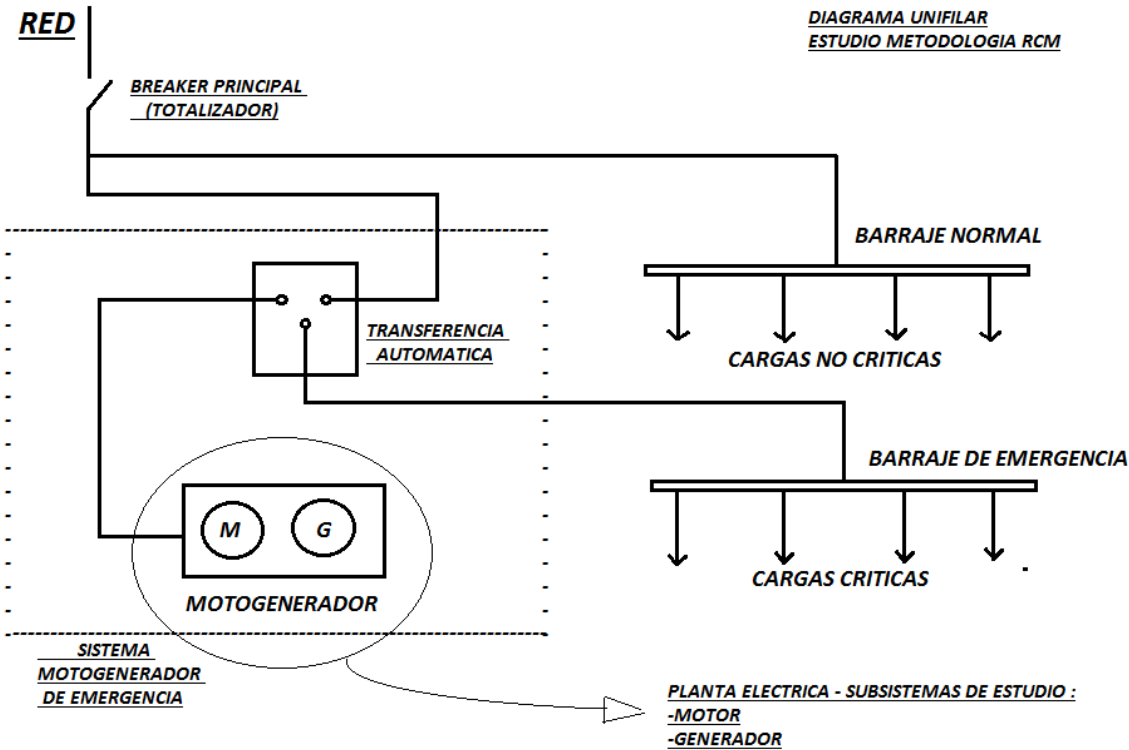
Generador, alternador, baterías, cargador, cableado eléctrico.

Pero también se tiene una parte electrónica que se integra en el tablero de control, el cual es un sistema de supervisión y control del funcionamiento del equipo y está compuesto por varios microprocesadores.

#### **6.4 DEFINICION DE FRONTERAS DEL SISTEMA:**

Teniendo en cuenta que los subsistemas que se van a estudiar en este caso son el Motor y el generador del sistema moto generador de Emergencia, se definen las fronteras de nuestro campo de estudio que sería la Planta eléctrica Cummins, para entender mejor las fronteras de nuestro sistema de estudio representamos un diagrama unifilar donde se puede apreciar la delimitación y entender un poco mejor el ciclo de operación:

Figura 14: Diagrama unifilar de sistema y subsistemas de estudio en la Unidad de Salud de Ibagué.



## **6.5 CONTEXTO OPERACIONAL DE PLANTA ELECTRICA**

El sistema Grupo Moto generador de Emergencia sirve para suplir de energía eléctrica todo el edificio de Urgencias en caso de ocurrir un corte del suministro de la red comercial, cabe resaltar la importancia del servicio de Urgencias y la preservación del servicio de energía en este puede ser vital por los casos médicos que llegan allí. El sistema está compuesto por tres subsistemas que son El Motor, El Generador y el tablero de transferencia automática, para este caso particular se realizara el estudio en el motor y el generador, que juntos componen la Planta Eléctrica que es de nuestro interés.

La planta eléctrica arranca cada vez que ocurre algún corte de la energía de la red comercial, ya sea por una falla o por un procedimiento establecido, esto se da gracias a la transferencia automática que es la que envía la señal para que la Planta encienda automáticamente pasados 10 segundos, en estos segundos las UPS son las que respaldan el sistema ya que con sus baterías mantienen la energía eléctrica.

### **SUBSISTEMAS DEL SISTEMA GRUPO MOTOGENERADOR DE EMERGENCIA:**

1. MOTOR
2. GENERADOR
3. TRANSFERENCIA AUTOMATICA

Para nuestro caso se estudiarán los dos subsistemas que componen la Planta Eléctrica que son el MOTOR y el GENERADOR, estos a su vez se componen de:

**MOTOR DIESEL:**

1. BLOQUE
2. CULATA
3. CIGÜEÑAL
4. ARBOL DE LEVAS
5. PISTONES
6. CAMISAS
7. VALVULAS
8. BIELAS
9. COJINETES
10. ENGRANAJES
11. BOMBA ACEITE
12. EJES
13. SEGMENTOS
14. BOMBA DE INYECCION
15. TOBERAS
16. RADIADOR

**GENERADOR:**

1. ALTERNADOR
2. ROTOR
3. ESTATOR
4. SISTEMAS DE LUBRICACION, REFRIGERACION, COMBUSTIBLE

Se le realizó un seguimiento a la planta eléctrica por un tiempo de 6 meses con lo cual se logró determinar que opera un promedio de 2 horas semanales, si se analiza este tiempo se pensaría que es poco, pero teniendo en cuenta que es el servicio de Urgencias, se entiende la necesidad de la implementación de la



metodología para este equipo, ya que no puede fallar al momento de requerirse su servicio ya que podría llegar a causar una fatalidad.

En la actualidad se le realiza un Mantenimiento Preventivo cada 3 meses donde se hace una revisión general, una revisión y ajuste de las conexiones, una limpieza general, verificación de nivel y estado del aceite, nivel del líquido refrigerante, nivel del combustible, revisión voltaje de baterías, revisión del cargador de baterías, revisión de funcionamiento ventiladores, limpieza de cabina, prueba de operación con carga y sin carga, verificación de parámetros de funcionamiento y cada 6 meses se realiza el mismo mantenimiento preventivo pero incluyendo el cambio del aceite y de los filtros de aire, aceite y combustible.

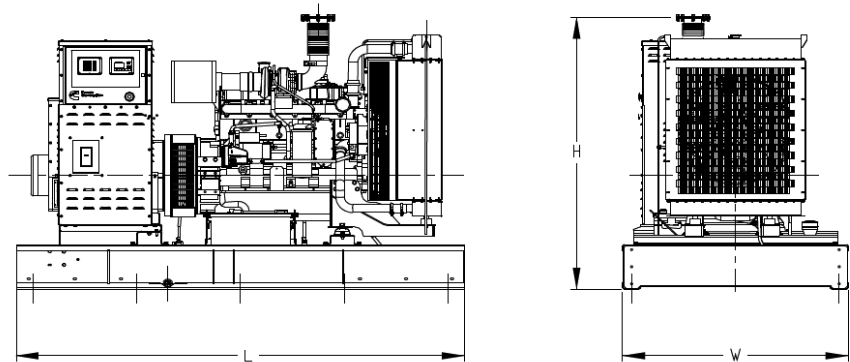
#### CUADRO N° CARACTERISTICAS Y VALORES NOMINALES DE TRABAJO DE PLANTA ELECTRICA:

Tabla 5: características y condiciones de operación de planta eléctrica

|                              |                      |
|------------------------------|----------------------|
| <b>MARCA:</b>                | <b>CUMMINS</b>       |
| <b>MODELO:</b>               | <b>C185D6</b>        |
| <b>CAPACIDAD:</b>            | <b>205KVA</b>        |
| <b>FRECUENCIA:</b>           | <b>60 HERTZ</b>      |
| <b>RPM:</b>                  | <b>1800</b>          |
| <b>TEMPERATURA AMBIENTE:</b> | <b>40°C</b>          |
| <b>CONSUMO COMBUSTIBLE:</b>  | <b>48 LTS / HORA</b> |
| <b>TIPO COMBUSTIBLE:</b>     | <b>ACPM</b>          |
| <b>HUMEDAD RELATIVA:</b>     | <b>60%</b>           |
| <b>PRESION BAROMETRICA:</b>  | <b>100kPa</b>        |
| <b>ASNIM:</b>                | <b>150 MTS</b>       |
| <b>FASES:</b>                | <b>3</b>             |
| <b>FACTOR POTENCIA:</b>      | <b>0,8 - 1</b>       |

Fuente: autor monografía – datos manual del operario cummins

Figura 15: Dimensiones y pesos de Planta eléctrica



Dimensiones y Pesos

| Grupo Electrógeno | Longitud (mm)<br>L | Anchura (mm)<br>W | Altura (mm)<br>H | Peso seco<br>del grupo (kg) | Peso húmedo<br>del grupo (kg) |
|-------------------|--------------------|-------------------|------------------|-----------------------------|-------------------------------|
| Sin Atenuación    | 2730               | 1360              | 1757             | 1818                        | 2179                          |
| Cabina - F187     | 3896               | 1360              | 2325             | 2658                        | 3019                          |

Fuente: manual C185D6 Power Generation Cummins

Tabla 6: especificaciones del motor

Especificaciones del motor

|                                        |                                                                                           |
|----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| Diseño                                 | Cuatro tiempos, cilindros en línea con aspiración natural                                 |
| Diámetro                               | 91,7                                                                                      |
| Carrera                                | 127                                                                                       |
| Desplazamiento                         | 2,5 litros (153 pulgadas cúbicas)                                                         |
| Bloque de cilindros                    | Aleación de fundición, tres cilindros en línea                                            |
| Alternador de carga de baterías        | 36 amperios                                                                               |
| Tensión de puesta en marcha            | 12 V, toma de tierra negativa                                                             |
| Sistema de combustible                 | Inyección directa                                                                         |
| Filtro de combustible                  | Filtro de rosca con separador de agua                                                     |
| Tipo de filtro de aire                 | Tipo seco con elemento desechable                                                         |
| Tipo(s) de filtro de aceite lubricante | Filtro de rosca de flujo completo, eficiencia de filtración de 25 micrones del 99% (mín.) |
| Sistema de refrigeración estándar      | Radiador al ambiente hasta 50°C (122°F) con sistema de recuperación de refrigerante       |

Fuente: Manual equipo Generador Cummins Power Generation

Tabla 7: especificaciones del generador

Especificaciones del equipo generador

|                                                             |                          |
|-------------------------------------------------------------|--------------------------|
| Ajuste mediante regulador                                   | ISO8528 Parte 1 Clase G2 |
| Regulación de tensión, desde sin carga hasta carga completa | ± 1%                     |
| Variación aleatoria de tensión                              | ± 1%                     |
| Regulación de frecuencia                                    | Caída de tensión         |
| Variación aleatoria de frecuencia                           | ± 0,25%                  |
| Compatibilidad EMC                                          | Si                       |

Fuente: Manual equipo Generador Cummins Power Generation

Tabla 8: especificaciones del alternador

**Especificaciones del alternador**

|                                                     |                                                                             |
|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| Diseño                                              | Sin escobillas de un solo cojinete                                          |
| Estator                                             | 2/3 paso                                                                    |
| Sistema de aislamiento                              | Clase H                                                                     |
| Elevación de temperatura estándar                   | 125 a 163°C                                                                 |
| Tipo de excitador                                   | Autoexcitado                                                                |
| Rotación de fases                                   | A (U), B (V), C (W)                                                         |
| Refrigeración del alternador                        | Ventilador centrífugo de accionamiento directo                              |
| Distorsión armónica total de la forma de onda de CA | < 5% entre sin carga hasta plena carga lineal, < 3% para cualquier armónico |
| Factor de influencia telefónica (TIF)               | < 50 según NEMA MG1-22.43                                                   |
| Factor de armónicos telefónicos (TIF)               | < 3                                                                         |

Fuente: Manual equipo Generador Cummins Power Generation

## 6.6 FUNCIONES:

El paso a seguir es establecer los estándares de funcionamiento y las funciones primarias y secundarias de la Planta Eléctrica para esto se tienen en cuenta los datos obtenidos de la hoja de vida, de los manuales del fabricante, del seguimiento realizado, para así tener la certeza de que las funciones determinadas son las correctas.

Se determinó como Función Primaria:

Para suministrar energía eléctrica durante máximo 12 horas continuas en caso de corte de energía de la red comercial, con un consumo aproximado de 50 Amperios por línea.

Funciones Secundarias:

Mantener la temperatura de operación menor a los 40°C

Mantener una presión de aceite de trabajo entre los 80 y los 90 psi

Contener no más de 30 partes por millón de azufre en el combustible diésel, para lo cual se realizan análisis de composición (Ambiental)

Mantener el voltaje adecuado de la batería para garantizar el arranque al momento de ser necesario

Impedir que los operarios o el personal involucrado toque componentes eléctrica o mecánicamente activos (Seguridad)

Mantener los niveles de ruido por debajo de 55 db en el día y 50 db en la noche

Proteger los equipos biomédicos que hacen parte del servicio de urgencias y que pueden alterarse por fluctuaciones de energía (Integridad Estructural)

Mantener la comodidad de los usuarios y del personal de la institución al no interrumpir el funcionamiento de los equipos de aire acondicionado por mucho tiempo (confort)

Tabla 9: Funciones de caso de Estudio

| RCM HOJA DE INFORMACION |                                                                                                                                                                           | MOTOGENERADOR DE EMERGENCIA |                                                                                                      |
|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                         |                                                                                                                                                                           | SUBSISTEMA (S) :            |                                                                                                      |
|                         |                                                                                                                                                                           | MOTOR -GENERADOR            |                                                                                                      |
|                         | FUNCION                                                                                                                                                                   |                             |                                                                                                      |
| 1                       | Para suministrar energia electrica durante maximo 12 horas continuas en caso de corte de energia de la red comercial, con un consumo aproximado de 50 Amperios por linea. | FUNCION PRIMARIA            |                                                                                                      |
| 2                       | mantener la temperatura de operación por debajo de los 40°C                                                                                                               |                             | F<br>U<br>N<br>C<br>I<br>O<br>N<br>E<br>S<br><br>S<br>E<br>C<br>U<br>N<br>D<br>A<br>R<br>I<br>A<br>S |
| 3                       | Mantener una presion de aceite de trabajo de entre 80 y 90 psi                                                                                                            |                             |                                                                                                      |
| 4                       | Contener no mas de 30 partes por millon de azufre en el combustible diesel, para lo cual se realizan analisis de composicion                                              |                             |                                                                                                      |
| 5                       | impedir que los operarios o el personal involucrado toque componentes electrica o mecanicamente activos                                                                   |                             |                                                                                                      |
| 6                       | Mantener el voltaje adecuado de la bateria para garantizar el arranque en caso de ser necesario                                                                           |                             |                                                                                                      |
| 7                       | Mantener los niveles de ruido por debajo de 55 db en el dia y 50 db en la noche                                                                                           |                             |                                                                                                      |
| 8                       | proteger los equipos biomedicos que hacen parte del servicio de urgencias y que pueden alterarse por fluctuaciones de energia                                             |                             |                                                                                                      |
| 9                       | mantener la comodidad de los usuarios y del personal de la institucion al no interrumpir el funcionamiento de los equipos de aire acondicionado por mucho tiempo          |                             |                                                                                                      |

Fuente: Autor de la monografía

## 6.7 FALLAS FUNCIONALES

Las fallas funcionales se dan cuando el equipo es incapaz de cumplir con sus funciones a un nivel aceptable de desempeño. Para este caso se determinaron las siguientes fallas funcionales teniendo en cuenta por supuesto las funciones determinadas anteriormente:

### FUNCION PRIMARIA:

- A. No hay suministro de energía al momento del corte de la red comercial.
- B. La máquina No arranca
- C. El equipo esta alarmado

### FUNCIONES SECUNDARIAS:

- La temperatura excedió los 40°C
- La presión de aceite esta por fuera del rango admisible
- Los análisis muestran más de 30 ppm de azufre en la composición del combustible
- No hay señales de advertencia para proteger al operario, faltan elementos de seguridad
- La planta es incapaz de arrancar
- El nivel de ruido excede los 55 db en el día y los 50db en la noche
- No hay protección para evitar grandes fluctuaciones

A continuación se muestra la hoja de trabajo de Información con las funciones y las fallas funcionales registradas, para mejor entendimiento:

Tabla 10: hoja de registro de funciones y fallas funcionales de caso de Estudio

| RCM HOJA DE INFORMACION | SISTEMA: GRUPO MOTOGENERADOR DE EMERGENCIA                                                                                                                                |             |                                                                                                                      |
|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                         | SUBSISTEMA (S) : MOTOR -GENERADOR                                                                                                                                         |             |                                                                                                                      |
|                         | FUNCION                                                                                                                                                                   |             | FALLA FUNCIONAL                                                                                                      |
| 1                       | Para suministrar energia electrica durante maximo 12 horas continuas en caso de corte de energia de la red comercial, con un consumo aproximado de 50 Amperios por linea. | A<br>B<br>C | No hay suministro de energia al momento del corte de la red comercial. La maquina No arranca El equipo esta alarmado |
| 2                       | Mantener la temperatura de operaci3n por debajo de los 40°C                                                                                                               | A           | La temperatura excedio los 40°C                                                                                      |
| 3                       | Mantener una presi3n de aceite de trabajo de entre 80 y 90 psi                                                                                                            | A           | La presi3n de aceite esta por fuera del rango admisible                                                              |
| 4                       | Contener no mas de 30 partes por mill3n de azufre en el combustible diesel, para lo cual se realizan analisis de composici3n                                              | A           | Los analisis muestran mas de 30 ppm de azufre en la composici3n del combustible                                      |
| 5                       | Impedir que los operarios o el personal involucrado toque componentes electrica o mecanicamente activos                                                                   | A           | No hay se1ales de advertencia para proteger al operario, faltan elementos de seguridad                               |
| 6                       | Mantener el voltaje adecuado de la bateria para garantizar el arranque en caso de ser necesario                                                                           | A           | La planta es incapaz de arrancar                                                                                     |
| 7                       | Mantener los niveles de ruido por debajo de 55 db en el d3a y 50 db en la noche                                                                                           | A           | El nivel de ruido excede los 55 db en el d3a y los 50db en la noche                                                  |
| 8                       | proteger los equipos biom3dicos que hacen parte del servicio de urgencias y que pueden alterarse por fluctuaciones de energia                                             | A           | No hay protecci3n para evitar grandes fluctuaciones                                                                  |
| 9                       | Mantener la comodidad de los usuarios y del personal de la instituci3n al no interrumpir el funcionamiento de los equipos de aire acondicionado por                       | A           | Los equipos de Aire Acondicionado no encienden                                                                       |

Fuente: autor de la monograf3a

## 6.8 ANALISIS DE MODOS DE FALLA Y SUS EFECTOS (AMFE)

Ahora que ya se tienen las funciones y las fallas funcionales podemos determinar los modos de falla, que corresponden a la causa de que hubiese ocurrido la falla, y los efectos que puede causar, cada falla funcional puede tener varios modos de falla, a continuaci3n se muestran los modos de falla encontrados para cada falla funcional:

Falla funcional:

- La temperatura excedió los 40°C

Modos de falla:

1. Radiador se encuentra obstruido
2. Hay perforación de radiador o de una de sus mangueras
3. Esta el Ventilador averiado o su sistema de control
4. Falla o deterioro del control de temperatura de la maquina
5. Tapa de radiador desgastada o con rotura o del depósito de refrigerante

Falla funcional:

- La presión de aceite esta por fuera del rango admisible

Modos de falla:

1. Obstrucción de filtros de aceite o falta de cambiarlo por horas de uso, no hay paso hacia la bomba de aceite
2. Rotura de línea de conducción exterior de aceite.
3. Baja presión por falla del sensor de aceite.
4. Perdida de características del aceite.
5. Des calibración de válvulas de presión y escape.
6. Deterioro de empaquetadura de la culata.

Falla funcional:

- Los análisis muestran más de 30 ppm de azufre en la composición del combustible

Modos de falla:

1. Combustible de mala calidad del proveedor
2. Contaminación de tanque de combustible

Falla funcional:

- No hay señales de advertencia para proteger al operario, faltan elementos de seguridad

Modos de falla:

1. Falta seguro de puerta de cabina
2. Falta señalización de advertencia

Falla funcional:

- La planta es incapaz de arrancar

Modos de falla:

1. Descarga o falla de batería de arranque por tiempos de uso de batería.
2. Falla de arranque por batería descargada, falla de alternador o de cargador de batería.
3. Falla de arranque por avería de motor de arranque o automático
4. Falla de arranque por bornes de baterías sulfatados o deteriorados
5. Agua o suciedad en depósito de combustible
6. Válvulas de salida de combustible obstruidas o cerradas por error
7. Filtro de combustible averiado o para cambio
8. Falla de bomba de combustible
9. Falla de bomba de inyección
10. Tuberías de combustible con presencia de aire



Falla funcional:

- El nivel de ruido excede los 55 db en el día y los 50db en la noche

Modos de falla:

1. Deterioro de cabina insonora
2. Falla del sistema del silenciador
3. Rotura de tubería de escape

Falla funcional:

- No hay protección para evitar grandes fluctuaciones

Modos de falla:

1. Falla de unidad de control de la maquina
2. Falla de regulador de voltaje AVR del generador
3. Falla del contactor de transferencia automática
4. Falla de fusibles en tablero de control

A continuación se presentan las hojas de Información de la metodología RCM con las funciones, fallas funcionales y modos de fallas asociados a estas fallas:

Tabla 11: modos de falla para función N° 1

| RCM HOJA DE INFORMACION | SISTEMA: GRUPO MOTOGENERADOR DE EMERGENCIA                                                                                                                                |                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                         | SUBSISTEMA (S) : MOTOR -GENERADOR                                                                                                                                         |                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|                         | FUNCION                                                                                                                                                                   | FALLA FUNCIONAL<br>( Pérdida de Función)                                                                                      | MODO DE FALLA<br>(Causa de la Falla)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 1                       | Para suministrar energia electrica durante maximo 12 horas continuas en caso de corte de energia de la red comercial, con un consumo aproximado de 50 Amperios por linea. | A No hay suministro de energia al momento del corte de la red<br>B comercial.<br>C maquina No arranca El equipo esta alarmado | 1. Falla de unidad de control de la maquina<br>2. Falla de regulador de voltaje AVR del generador<br>3. Falla del contactor de transferencia automática<br>4. Falla de fusibles en tablero de control<br>5. Descarga o falla de batería de arranque por tiempos de uso de batería.<br>6. Falla de arranque por batería descargada, falla de alternador o de cargador de batería.<br>7. Falla de arranque por avería de motor de arranque o automático<br>8. Falla de arranque por bornes de baterías sulfatados o deteriorados<br>9. Agua o suciedad en depósito de combustible<br>10. Válvulas de salida de combustible obstruidas o cerradas por error<br>11. Filtro de combustible averiado o para cambio<br>12. Falla de bomba de combustible<br>13. Falla de bomba de inyección |

Fuente: autor de la monografía

Tabla 12: modos de falla para función N° 2

|   |                                                             |                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|---|-------------------------------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2 | mantener la temperatura de operación por debajo de los 40°C | A La temperatura excedio los 40°C | 1. Radiador se encuentra obstruido<br>2. Hay perforación de radiador o de una de sus mangueras<br>3. Esta el Ventilador averiado o su sistema de control<br>4. Falla o deterioro del control de temperatura de la maquina<br>5. Tapa de radiador desgastada o con rotura o del depósito de refrigerante |
|---|-------------------------------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Fuente: autor de la monografía

Tabla 13: modos de falla para función N° 3

|   |                                                                |                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|---|----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3 | Mantener una presion de aceite de trabajo de entre 80 y 90 psi | A La presion de aceite esta por fuera del rango admisible | 1. Obstrucción de filtros de aceite o falta de cambiarlo por horas de uso, no hay paso hacia la bomba de aceite<br>2. Rotura de línea de conducción exterior de aceite.<br>3. Baja presión por falla del sensor de aceite.<br>4. Pérdida de características del aceite.<br>5. Des calibración de válvulas de presión y escape.<br>6. Deterioro de empaquetadura de la culata. |
|---|----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Fuente: autor de la monografía

Tabla 14: modos de falla para función N° 4

|   |                                                                                                                              |   |                                                                                 |                                                                                           |
|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | Contener no mas de 30 partes por millon de azufre en el combustible diesel, para lo cual se realizan analisis de composicion | A | Los analisis muestran mas de 30 ppm de azufre en la composicion del combustible | 1. Combustible de mala calidad del proveedor<br>2. Contaminación de tanque de combustible |
|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|

Fuente: autor de la monografía

Tabla 15: modos de falla para función N° 5

|   |                                                                                                         |   |                                                                                        |                                                                             |
|---|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| 5 | impedir que los operarios o el personal involucrado toque componentes electrica o mecanicamente activos | A | No hay señales de advertencia para proteger al operario, faltan elementos de seguridad | 1. Falta seguro de puerta de cabina<br>2. Falta señalización de advertencia |
|---|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|

Fuente: autor de la monografía

Tabla 16: modos de falla para función N° 6

|   |                                                                                                 |   |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------|---|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 6 | Mantener el voltaje adecuado de la batería para garantizar el arranque en caso de ser necesario | A | La planta es incapaz de arrancar | 1. Descarga o falla de batería de arranque por tiempos de uso de batería.<br>2. Falta de arranque por batería descargada, falla de alternador o de cargador de batería.<br>3. Falta de arranque por avería de motor de arranque o automático<br>4. Falta de arranque por bornes de baterías sulfatados o deteriorados<br>5. Agua o suciedad en depósito de combustible<br>6. Válvulas de salida de combustible obstruidas o cerradas por error<br>7. Filtro de combustible averiado o para cambio<br>8. Falta de bomba de combustible<br>9. Falta de bomba de inyección |
|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------|---|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Fuente: autor de la monografía

Tabla 17: modos de falla para función N° 7

|   |                                                                                 |   |                                                                     |                                                                                                                                                                         |
|---|---------------------------------------------------------------------------------|---|---------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 7 | Mantener los niveles de ruido por debajo de 55 db en el día y 50 db en la noche | A | El nivel de ruido excede los 55 db en el día y los 50db en la noche | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Deterioro de cabina insonora</li> <li>2. Falla del sistema del silenciador</li> <li>3. Rotura de tubería de escape</li> </ol> |
|---|---------------------------------------------------------------------------------|---|---------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Fuente: autor de la monografía

Tabla 18: modos de falla para función N° 8

|   |                                                                                                                               |   |                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 8 | proteger los equipos biomedicos que hacen parte del servicio de urgencias y que pueden alterarse por fluctuaciones de energia | A | No hay proteccion para evitar grandes fluctuaciones | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Falla de unidad de control de la maquina</li> <li>2. Falla de regulador de voltaje AVR del generador</li> <li>3. Falla del contactor de transferencia automática</li> <li>4. Falla de fusibles en tablero de control</li> </ol> |
|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Fuente: autor de la monografía

Tabla 19: modos de falla para función N° 9

|   |                                                                                                                                                                  |   |                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 9 | mantener la comodidad de los usuarios y del personal de la institucion al no interrumpir el funcionamiento de los equipos de aire acondicionado por mucho tiempo | A | Los equipos de Aire Acondicionado no encienden | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Falla de unidad de control de la maquina</li> <li>2. Falla de regulador de voltaje AVR del generador</li> <li>3. Falla del contactor de transferencia automática</li> <li>4. Falla de fusibles en tablero de control</li> <li>5. Descarga o falla de batería de arranque por tiempos de uso de batería.</li> <li>6. Falla de arranque por batería descargada, falla de alternador o de cargador de batería.</li> <li>7. Falla de arranque por avería de motor de arranque o automático</li> <li>8. Falla de arranque por bornes de baterías sulfatados o deteriorados</li> <li>9. Agua o suciedad en depósito de combustible</li> <li>10. Válvulas de salida de combustible obstruidas o cerradas por error</li> <li>11. Filtro de combustible averiado o para cambio</li> <li>12. Falla de bomba de combustible</li> <li>13. Falla de bomba de inyección</li> </ol> |
|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Fuente: autor de la monografía

## 6.9 EFECTOS DE FALLA:

Los efectos de las fallas son las que describen que ocurre si pasa cada modo de falla, se debe armar un listado con los efectos que puede presentar cada modo de falla. Para nuestro caso tenemos los modos de nueve fallas funcionales que se determinaron.

A continuación se presentan los modos de falla con sus efectos correspondientes cada modo:

1. Falla de unidad de control de la maquina
  - Planta eléctrica queda bloqueada, el tablero de control no enciende y no se puede arrancar la maquina sin el tablero de control, se presenta un corte de energía de la red comercial y se suspende el servicio de Urgencias en gran porcentaje por la falta de energía eléctrica. Tiempo de parada de maquina hasta 3 días.
2. Falla de regulador de voltaje AVR del generador
  - Se presentan grandes fluctuaciones de voltaje debido a las fallas del regulador del generador, se pueden ver afectados los circuitos electrónicos que son sensibles a estas variaciones, estos circuitos los contienen los equipos biomédicos. Tiempo de parada de planta de hasta 3 días .
3. Falla del contactor de transferencia automática
  - Se da el corte de energía, pero el contactor averiado no da el cambio de circuito por lo que la planta eléctrica no se acciona y queda el servicio de urgencias. Tiempo de parada de planta de hasta 3 días.
4. Falla de fusibles en tablero de control

- Tablero de control presenta alarma que impide arrancar la planta eléctrica, se requiere destapar el tablero de control y cambiar fusibles. Tiempo de parada de planta de un día.
5. Descarga o falla de batería de arranque por tiempos de uso de batería.
    - La planta eléctrica no arranca al momento de ocurrir el corte de energía, la batería no recibe carga del cargador de baterías, se alarma la batería por intentos de arranques fallidos, se paraliza el servicio de urgencias. Tiempo de parada de planta de hasta 1 día.
  6. Falla de arranque por batería descargada, falla de alternador o de cargador de batería.
    - La planta eléctrica no arranca al momento de ocurrir el corte de energía, la batería no presenta carga y el cargador no hace su trabajo, también podría ser el alternador, se alarma la batería por intentos de arranques fallidos, se paraliza el servicio de urgencias. Tiempo de parada de planta de hasta 3 días.
  7. Falla de arranque por avería de motor de arranque o automático
    - La máquina no arranca, por daño en el motor de arranque, se requiere desmontar y llevar al taller. Tiempo de parada de planta de hasta una 5 días.
  8. Falla de arranque por bornes de baterías sulfatados o deteriorados
    - La planta eléctrica no arranca al momento de ocurrir el corte de energía, los bornes de la batería presentan sulfatación, se paraliza el servicio de urgencias, mientras se limpian contactos. Tiempo de parada de planta de hasta 1 hora.
  9. Agua o suciedad en depósito de combustible
    - Se presenta suciedad en depósito de combustible, esto impide el flujo correcto del combustible, ocasiona que la combustión no se de forma correcta, la mezcla con el oxígeno no es homogénea. Tiempo de parada de planta de hasta 3 días.
  10. Válvulas de salida de combustible obstruida o cerrada por error

- No llega el combustible a la bomba de inyección, se alarma la planta por el sensor de combustible, se detiene la planta y a su vez el servicio de Urgencias. Tiempo de parada de planta de hasta 30 minutos.

#### 11. Filtro de combustible averiado o para cambio

- Se produce obstrucción que impide el flujo adecuado de combustible para la mezcla homogénea de combustible y oxígeno, no arranca la planta. Tiempo de parada de planta de hasta 2 días.

#### 12. Falla de bomba de combustible

- No se da el paso de carburante, por tal razón la planta eléctrica no arranca, se alarma y el servicio de urgencias queda paralizado. Tiempo de parada de planta de hasta 1 semana.

#### 13. Falla de bomba de inyección

- La planta eléctrica arranca pero al momento de reestablecerse el flujo de energía de la red comercial no se apaga, se debe forzar el apagado y desmontar la bomba de inyección para llevar al laboratorio. Tiempo de parada de planta de hasta 1 semana.

#### 14. Radiador se encuentra obstruido

- La planta eléctrica empieza a funcionar, pero con el paso del tiempo se para su trabajo por alarma del sensor de Temperatura, se requiere lavado del radiador. Tiempo de parada de planta de hasta 3 días.

#### 15. Hay perforación de radiador o de una de sus mangueras

- La planta eléctrica empieza a funcionar, pero con el paso del tiempo se para su trabajo por alarma del sensor de Temperatura, se requiere revisión general y cambio de repuestos. Tiempo de parada de planta de hasta 3 días.

#### 16. Esta el Ventilador averiado o su sistema de control

- La planta eléctrica empieza a funcionar, pero con el paso del tiempo se para su trabajo por alarma del sensor de Temperatura, se

requiere revisión del ventilador de radiador. Tiempo de parada de planta de hasta 5 días.

17. Falla o deterioro del control de temperatura de la maquina

- La planta eléctrica no arranca, se encuentra alarmada, el servicio de urgencias se paraliza, se requiere desmonte y cambio del sensor de temperatura. Tiempo de parada de planta de hasta 3 días.

18. Tapa de radiador desgastada o con rotura o del depósito de refrigerante

- La planta eléctrica empieza a funcionar, pero con el paso del tiempo se para su trabajo por alarma del sensor de Temperatura, se requiere cambio de tapa de radiador. Tiempo de parada de planta de hasta 3 días.

19. Obstrucción de filtros de aceite o falta de cambiarlo por horas de uso, no hay paso hacia la bomba de aceite

- Se presenta baja presión en el sistema debido a obstrucción o requerimiento de cambio de filtro de aceite, la planta funciona un momento pero se para debido a alarma por baja presión. Tiempo de parada de planta de hasta 2 días.

20. Rotura de línea de conducción exterior de aceite.

- Se presenta rotura en la tubería expuesta, debido a esto se baja la presión de trabajo y el equipo deja de funcionar, se requiere cambio o reparación de tubería. Tiempo de parada de planta de hasta 1 semana.

21. Baja presión por falla del sensor de aceite.

- Se daña el sensor de aceite, la planta eléctrica no arranca por la alarma que presenta, se debe desmontar el sensor y realizar el cambio, deja de trabajar la planta eléctrica. Tiempo de parada de planta de hasta 3 días

22. Perdida de características del aceite.

- Al perderse las propiedades del aceite, este pierde su viscosidad y la planta empieza a trabajar de manera inadecuada generando mayor



consumo de energía y mayor desgaste de las piezas, dependiendo de las pérdidas de propiedades podría no funcionar la planta eléctrica. Tiempo de parada de planta de hasta 1 día.

23. Des calibración de válvulas de admisión y escape.

- Se produce el golpeteo en el motor, esto ocasiona mayor desgaste de los componentes y mayor consumo de combustible para trabajar. Tiempo de parada de planta de hasta 2 días.

24. Deterioro de empaquetadura de la culata.

- Se presentan fugas, lo que ocasiona elevación de temperatura de motor, pérdida de líquido refrigerante, mezcla de aceite con líquido refrigerante, pérdida de potencia en motor. Tiempo de parada de planta de hasta 5 días.

25. Combustible de mala calidad del proveedor

- Se presenta suciedad en depósito de combustible, esto impide el flujo correcto del combustible, ocasiona que la combustión no se de forma correcta, la mezcla con el oxígeno no es homogénea, mayor consumo de combustible. Tiempo de parada de planta de hasta 2 días.

26. Contaminación de tanque de combustible

- Se presenta suciedad en depósito de combustible, esto impide el flujo correcto del combustible, ocasiona que la combustión no se de forma correcta, la mezcla con el oxígeno no es homogénea. Tiempo de parada de planta de hasta 3 días.

27. Falta seguro de puerta de cabina

- Se produce ruido excesivo por falta de parte de cabina insonora, el nivel de ruido excede los límites permitidos. Tiempo de parada de planta de hasta 3 días.

28. Falta señalización de advertencia

- Se puede producir un accidente laboral por la falta de señalización. Tiempo de parada de planta de hasta 2 días.

#### 29. Deterioro de cabina insonora

- Se produce ruido excesivo por deterioro de cabina insonora, el nivel de ruido excede los límites permitidos. Tiempo de parada de planta de hasta 1 semana.

#### 30. Falla del sistema del silenciador

- Se produce ruido excesivo por falla del sistema silenciador, el nivel de ruido excede los límites permitidos. Tiempo de parada de planta de hasta 5 días.

#### 31. Rotura de tubería de escape

- Se produce ruido excesivo por rotura de tubería de escape, el nivel de ruido excede los límites permitidos. Tiempo de parada de planta de hasta 1 semana.

#### 32. Presencia de aire en tubería de combustible

- Al momento de intentar arrancar la planta la presencia de aire en tuberías impide que el equipo logre llenar los espacios de combustible y arrancar. Tiempo de parada de planta de hasta 1 hora.

Los tiempos de parada de planta se determinan teniendo en cuenta si los repuestos se consiguen o no en la ciudad de Ibagué, cuando no se consiguen se deben pedir a la capital Bogotá, lo cual implica dos días más de paro del equipo, así mismo teniendo en cuenta los tiempos que puede tardar cada reparación con base en experiencias anteriores de reparaciones donde se han tomado los tiempos.

Tabla 20: Efectos de falla para función N° 1

| RCM HOJA DE INFORMACION | SISTEMA: GRUPO MOTOGENERADOR DE EMERGENCIA                                                                                                                                |                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |  |
|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|                         | SUBSISTEMA (S) : MOTOR -GENERADOR                                                                                                                                         |                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |  |
|                         | FUNCION                                                                                                                                                                   | FALLA FUNCIONAL<br>(Pérdida de Función)                                                                           | MODOS DE FALLA<br>(Causa de la Falla)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | EFECTOS DE FALLA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |
| 1                       | Para suministrar energía eléctrica durante máximo 12 horas continuas en caso de corte de energía de la red comercial, con un consumo aproximado de 50 Amperios por línea. | No hay suministro de energía al momento del corte de la red comercial. La máquina No arranca equipo esta alarmado | 1.Falla de unidad de control de la maquina<br>2.Falla de regulador de voltaje AVR del generador<br>3.Falla del contactor de transferencia automática<br>4.Falla de fusibles en tablero de control<br>5.Descarga o falla de batería a arranque por tiempos de uso de batería.<br>6.Falla de arranque por batería descargada, falla de alternador o de cargador de batería<br>7.Falla de arranque por avería de motor de arranque o automático<br>8.Falla de arranque por bombes de baterías sulfatados o deteriorados<br>9.Agua o suciedad en depósito de combustible<br>10.Válvulas de salida de combustible obstruidas o cerradas por error<br>11.Filtro de combustible averiado o para cambio<br>12.Falla de bomba de combustible<br>13.Falla de bomba de inyección | 1. Planta eléctrica queda bloqueada, el tablero de control no enciende y no se puede arrancar la maquina sin el tablero de control, se presenta un corte de energía a la red comercial y se suspende el servicio de urgencias en gran porcentaje por la falta de energía eléctrica. Tiempo de parada de maquina hasta 3 días.<br>2. Se presentan grandes fluctuaciones de voltaje debido a las fallas del regulador del generador, se pueden ver afectados los circuitos electrónicos que son sensibles a estas variaciones, estos circuitos los contienen los equipos biomédicos. Tiempo de parada de planta de hasta una semana.<br>3. Se da el corte de energía, pero el contactor averiado no da el cambio de circuito por lo que la planta eléctrica no se acciona y queda el servicio de urgencias. Tiempo de parada de planta de hasta 2 días.<br>4. Tablero de control presenta alarma que impide arrancar la planta eléctrica, se requiere destapar el tablero de control o cambiar fusibles. Tiempo de parada de planta de un día.<br>5. La planta eléctrica no arranca al momento de ocurrir el corte de energía, la batería no recibe carga del cargador de baterías, se alarma la batería por intentos de arranques fallidos, se paraliza el servicio de urgencias. Tiempo de parada de planta de hasta 1 semana.<br>6. La planta eléctrica no arranca al momento de ocurrir el corte de energía, la batería no presenta carga y el cargador no hace su trabajo, también podría ser el alternador, se alarma la batería por intentos de arranques fallidos, se paraliza el servicio de urgencias. Tiempo de parada de planta de hasta 1 semana.<br>7. La máquina no arranca, por daño en el motor de arranque, se requiere desmontar y llevar al taller. Tiempo de parada de planta de hasta una semana.<br>8. La planta eléctrica no arranca al momento de ocurrir el corte de energía, los bombes de la batería presentan sulfatación, se paraliza el servicio de urgencias, mientras se limpian contactos. Tiempo de parada de planta de hasta 1 hora.<br>9. Se presenta suciedad en depósito de combustible, esto impide el flujo correcto del combustible, ocasiona que la combustión no se de forma correcta, la mezcla con el oxígeno no es homogénea. Tiempo de parada de planta de hasta 1 semana.<br>10. No llega el combustible a la bomba de inyección, se alarma la planta por el sensor de combustible, se detiene la planta y a su vez el servicio de Urgencias.<br>11. Se produce obstrucción que impide el flujo adecuado de combustible para la mezcla homogénea de combustible y oxígeno, no arranca la planta. Tiempo de parada de planta de hasta 2 días.<br>12. No se da el paso de carburante, por tal razón la planta eléctrica no arranca, se alarma y el servicio de urgencias queda paralizado. Tiempo de parada de planta de hasta 1 semana.<br>13. La planta eléctrica arranca pero al momento de reestablecerse el flujo de energía de la red comercial no se apaga, se debe forzar el apagado y desmontar la bomba de inyección para llevar al laboratorio. Tiempo de parada de planta de hasta 2 semanas. |  |

Fuente: Autor de la monografía

Tabla 21: Efectos de falla para función N° 2

|   |                                                             |   |                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|---|-------------------------------------------------------------|---|---------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2 | mantener la temperatura de operación por debajo de los 40°C | A | La temperatura excedió los 40°C | 1.Radiador se encuentra obstruido<br>2.Hay perforación de radiador o de una de sus mangueras<br>3. Entra el Ventilador averiado o su sistema de control<br>4.Falla o deterioro del control de temperatura de la maquina<br>5.Tapa de radiador desgastada o con rotura o del depósito de refrigerante | 1.La planta eléctrica empieza a funcionar, pero con el paso del tiempo se para su trabajo por alarma del sensor de Temperatura, se requiere lavado del radiador. Tiempo de parada de planta de hasta 5 días.<br>2. La planta eléctrica empieza a funcionar, pero con el paso del tiempo se para su trabajo por alarma del sensor de Temperatura, se requiere revisión general y cambio de repuestos. Tiempo de parada de planta de hasta 1 semana.<br>3. La planta eléctrica empieza a funcionar, pero con el paso del tiempo se para su trabajo por alarma del sensor de Temperatura, se requiere revisión del ventilador de radiador. Tiempo de parada de planta de hasta 5 días.<br>4. La planta eléctrica no arranca, se encuentra alarmada, el servicio de urgencias se paraliza, se requiere desmonte y cambio del sensor de temperatura. Tiempo de parada de planta de hasta 3 días.<br>5. La planta eléctrica empieza a funcionar, pero con el paso del tiempo se para su trabajo por alarma del sensor de Temperatura, se requiere cambio de tapa de radiador. Tiempo de parada de planta de hasta 3 días. |
|---|-------------------------------------------------------------|---|---------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Fuente: Autor de la monografía

Tabla 22: Efectos de falla para función N° 3

|   |                                                                |   |                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|---|----------------------------------------------------------------|---|---------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3 | Mantiene una presión de aceite de trabajo de entre 90 y 96 psi | A | La presión de aceite esta por fuera del rango admisible | 1.Obstrucción de filtros de aceite o falta de cambio por horas de uso, no hay paso hacia la bomba de aceite.<br>2.Filtrera de línea de conducción exterior de aceite.<br>3.Baja presión por falla del sensor de aceite.<br>4.Pérdida de características del aceite.<br>5.Des calibración de válvulas de presión y escape.<br>6.Deterioro de empaquetadura de la culata. | 1. Se presenta baja presión en el sistema debido a obstrucción o requerimiento de cambio de filtro de aceite, la planta funciona un momento pero se para debido a alarma por baja presión. Tiempo de parada de planta de hasta 2 días.<br>2. Se presenta rotura en la tubería expuesta, debido a esto se baja la presión de trabajo y el equipo deja de funcionar, se requiere cambio o reparación de tubería. Tiempo de parada de planta de hasta 1 semana.<br>3. Se falla el sensor de aceite, la planta eléctrica no arranca por la alarma que presenta, se debe desmontar el sensor y realizar el cambio, deja de trabajar la planta eléctrica. Tiempo de parada de planta de hasta 3 días.<br>4. Al perderse las propiedades del aceite, este pierde su viscosidad y la planta empieza a trabajar de manera inadecuada generando mayor consumo de energía y mayor desgaste de las piezas, dependiendo de las pérdidas de propiedades podría no funcionar la planta eléctrica. Tiempo de parada de planta de hasta 3 días.<br>5. Se produce el golpeteo en el motor, esto ocasiona mayor desgaste de los componentes y mayor consumo de combustible para trabajar. Tiempo de parada de planta de hasta 2 días. |
|---|----------------------------------------------------------------|---|---------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Fuente: Autor de la monografía

Tabla 23: Efectos de falla para función N° 4

|   |                                                                                                                              |   |                                                                                 |                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | Contener no mas de 30 partes por millon de azufre en el combustible diesel, para lo cual se realizan analisis de composicion | A | Los analisis muestran mas de 30 ppm de azufre en la composicion del combustible | 1. Combustible de mala calidad del proveedor<br>2. Contaminación de tanque de combustible | 1. Se presenta suciedad en deposito de combustible, esto impide el flujo correcto del combustible, ocasiona que la combustión no se de forma correcta, la mezcla con el oxigeno no es homogénea, mayor consumo de combustible. Tiempo de parada de planta de hasta 1 semana.<br>2. Se presenta suciedad en depósito de combustible, esto impide el flujo correcto del combustible, ocasiona que la combustión no se de forma correcta, la mezcla con el oxigeno no es homogénea. Tiempo de parada de planta de hasta 1 semana. |
|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Fuente: Autor de la monografía

Tabla 24: Efectos de falla para función N° 5

|   |                                                                                                         |   |                                                                                        |                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|---|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 5 | Impedir que los operarios o el personal involucrado toque componentes electrico o mecanicamente activos | A | No hay señales de advertencia para proteger al operario, faltan elementos de seguridad | 1. Falta seguro de puerta de cabina<br>2. Falta señalización de advertencia | 1. Se produce ruido excesivo por falta de parte de cabina insonora, el nivel de ruido excede los límites permitidos. Tiempo de parada de planta de hasta 3 días.<br>2. Se puede producir un accidente laboral por la falta de señalización. Tiempo de parada de planta de hasta 1 semana. |
|---|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Fuente: Autor de la monografía

Tabla 25: Efectos de falla para función N° 6

|   |                                                                                                 |   |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------|---|----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 6 | Mantener el voltaje adecuado de la batería para garantizar el arranque en caso de ser necesario | A | La planta es incapaz de arrancar | 1. Descarga o falla de batería de arranque por tiempos de uso de batería.<br>2. Falta de arranque por batería descargada, falla de alternador o de cargador de batería.<br>3. Falta de arranque por avería de motor de arranque o automático.<br>4. Falta de arranque por bornes de baterías sulfatados o deteriorados.<br>5. Agua o suciedad en depósito de combustible.<br>6. Válvulas de salida de combustible obstruidas o cerradas por error.<br>7. Filtro de combustible averiado o para cambio.<br>8. Falta de bomba de combustible.<br>9. Falta de bomba de inyección. | 1. Tablero de control presenta alarma que impide arrancar la planta eléctrica, se requiere destapar el tablero de control y cambiar fusibles. Tiempo de parada de planta de un día.<br>2. La planta eléctrica no arranca al momento de ocurrir el corte de energía, la batería no recibe carga del cargador de baterías, se alarma la batería a por intentos de arranques fallidos, se paraliza el servicio de urgencias. Tiempo de parada de planta de hasta 1 semana.<br>3. La planta eléctrica no arranca al momento de ocurrir el corte de energía, la batería no presenta carga y el cargador no hace su trabajo, también podría ser el alternador, se alarma la batería a por intentos de arranques fallidos, se paraliza el servicio de urgencias. Tiempo de parada de planta de hasta 1 semana.<br>4. La máquina no arranca, por defecto en el motor de arranque, se requiere desmontar y llevar al taller. Tiempo de parada de planta de hasta una semana.<br>5. La planta eléctrica no arranca al momento de ocurrir el corte de energía, los bornes de la batería presentan sulfatación, se paraliza el servicio de urgencias, mientras se limpian contactos. Tiempo de parada de planta de hasta 1 hora.<br>6. Se presenta suciedad en depósito de combustible, esto impide el flujo correcto del combustible, ocasiona que la combustión no se de forma correcta, la mezcla con el oxigeno no es homogénea. Tiempo de parada de planta de hasta 1 semana.<br>7. No llega el combustible a la bomba de inyección, se alarma la planta por el sensor de combustible, se detiene la planta y a su vez el servicio de Urgencias.<br>8. Se produce obstrucción que impide el flujo adecuado de combustible para la mezcla homogénea de combustible y oxigeno, no arranca la planta. Tiempo de parada de planta de hasta 2 días.<br>9. No se da el paso de carburante, por tal razón la planta eléctrica no arranca, se alarma y el servicio de urgencias queda paralizado. Tiempo de parada de planta de hasta 1 semana. |
|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------|---|----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Fuente: Autor de la monografía

Tabla 26: Efectos de falla para función N° 7

|   |                                                                                 |   |                                                                     |                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|---|---------------------------------------------------------------------------------|---|---------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 7 | Mantener los niveles de ruido por debajo de 55 db en el día y 50 db en la noche | A | El nivel de ruido excede los 55 db en el día y los 50db en la noche | 1. Deterioro de cabina insonora.<br>2. Falta del sistema del silenciador.<br>3. Rotura de tubería de escape. | 1. Se produce ruido excesivo por deterioro de cabina insonora, el nivel de ruido excede los límites permitidos. Tiempo de parada de planta de hasta 1 semana.<br>2. Se produce ruido excesivo por falla del sistema silenciador, el nivel de ruido excede los límites permitidos. Tiempo de parada de planta de hasta 1 semana.<br>3. Se produce ruido excesivo por rotura de tubería de escape, el nivel de ruido excede los límites permitidos. Tiempo de parada de planta de hasta 1 semana. |
|---|---------------------------------------------------------------------------------|---|---------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Fuente: Autor de la monografía

Tabla 27: Efectos de falla para función N° 8

|   |                                                                                                                               |   |                                                     |                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 8 | proteger los equipos biomédicos que hacen parte del servicio de urgencias y que pueden alterarse por fluctuaciones de energía | A | No hay protección para evitar grandes fluctuaciones | 1. Falta de unidad de control de la máquina<br>2. Falta de regulador de voltaje AVR del generador<br>3. Falta del contactor de transferencia automática<br>4. Falta de fusibles en tablero de control | 1. Planta eléctrica queda bloqueada, el tablero de control no enciende y no se puede arrancar la máquina sin el tablero de control, se presenta un corte de energía de la red comercial y se suspende el servicio de urgencias en gran porcentaje por la falta de energía eléctrica. Tiempo de parada de máquina hasta 2 días.<br>2. Se presentan grandes fluctuaciones de voltaje debido a las fallas del regulador del generador, se pueden ver afectados los circuitos electrónicos que son sensibles a estas variaciones, estos circuitos los contienen los equipos biomédicos. Tiempo de parada de planta de hasta una semana.<br>3. Se da el corte de energía, pero el contactor averiado no da el cambio de circuito por lo que la planta eléctrica no se acciona y queda el servicio de urgencias. Tiempo de parada de planta de hasta 2 días.<br>4. Tablero de control presenta alarma que impide arrancar la planta eléctrica, se requiere destapar el tablero de control y cambiar fusibles. Tiempo de parada de planta de un día. |
|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Fuente: Autor de la monografía

Tabla 28: Efectos de falla para función N° 9

|   |                                                                                                                                                                  |   |                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 9 | mantener la comodidad de los usuarios y del personal de la institución al no interrumpir el funcionamiento de los equipos de aire acondicionado por mucho tiempo | A | Los equipos de Aire Acondicionado no encienden | 1. Falta de unidad de control de la máquina<br>2. Falta de regulador de voltaje AVR del generador<br>3. Falta del contactor de transferencia automática<br>4. Falta de fusibles en tablero de control<br>5. Descarga o falla de batería de arranque por tiempos de uso de batería.<br>6. Falta de arranque por batería descargada, falla de alternador o de cargador de batería.<br>7. Falta de arranque por avería de motor de arranque o automático<br>8. Falta de arranque por bombes de baterías sulfatados o deteriorados<br>9. Agua o suciedad en depósito de combustible<br>10. Válvulas de salida de combustible obstruidas o cerradas por error<br>11. Filtro de combustible averiado o para cambio<br>12. Falta de bomba de combustible<br>13. Falta de bomba de inyección | 1. Tablero de control presenta alarma que impide arrancar la planta eléctrica, se requiere destapar el tablero de control y cambiar fusibles. Tiempo de parada de planta de un día.<br>2. La planta eléctrica no arranca al momento de ocurrir el corte de energía, la batería no recibe carga del cargador de baterías, se alarma la batería por intentos de arranques fallidos, se paraliza el servicio de urgencias. Tiempo de parada de planta de hasta 1 semana.<br>3. La planta eléctrica no arranca al momento de ocurrir el corte de energía, la batería no presenta carga y el cargador no hace su trabajo, también podría ser el alternador, se alarma la batería por intentos de arranques fallidos, se paraliza el servicio de urgencias. Tiempo de parada de planta de hasta 1 semana.<br>4. La máquina no arranca, por daño en el motor de arranque, se requiere desmontar y llevar al taller. Tiempo de parada de planta de hasta una semana.<br>5. La planta eléctrica no arranca al momento de ocurrir el corte de energía, los bombes de la batería presentan sulfatación, se paraliza el servicio de urgencias, mientras se limpian contactos. Tiempo de parada de planta de hasta 1 hora.<br>6. Se presenta suciedad en depósito de combustible, esto impide el flujo correcto del combustible, ocasiona que la combustión no se de forma correcta, la mezcla con el oxígeno no es homogénea. Tiempo de parada de planta de hasta 1 semana.<br>7. No llega el combustible a la bomba de inyección, se alarma la planta por el sensor de combustible, se detiene la planta y a su vez el servicio de Urgencias.<br>8. Se produce obstrucción que impide el flujo adecuado de combustible para la mezcla homogénea de combustible y oxígeno, no arranca la planta. Tiempo de parada de planta de hasta 2 días.<br>9. No se da el paso de carburante, por tal razón la planta eléctrica no arranca, se alarma y el servicio de urgencias queda paralizado. Tiempo de parada de planta de hasta 1 semana.<br>10. La planta eléctrica arranca pero al momento de reestablecerse el flujo de energía de la red comercial no se apaga, se debe forzar el apagado y desmontar la bomba de inyección para llevar al laboratorio. Tiempo de parada de planta de hasta 2 semanas. |
|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Fuente: Autor de la monografía

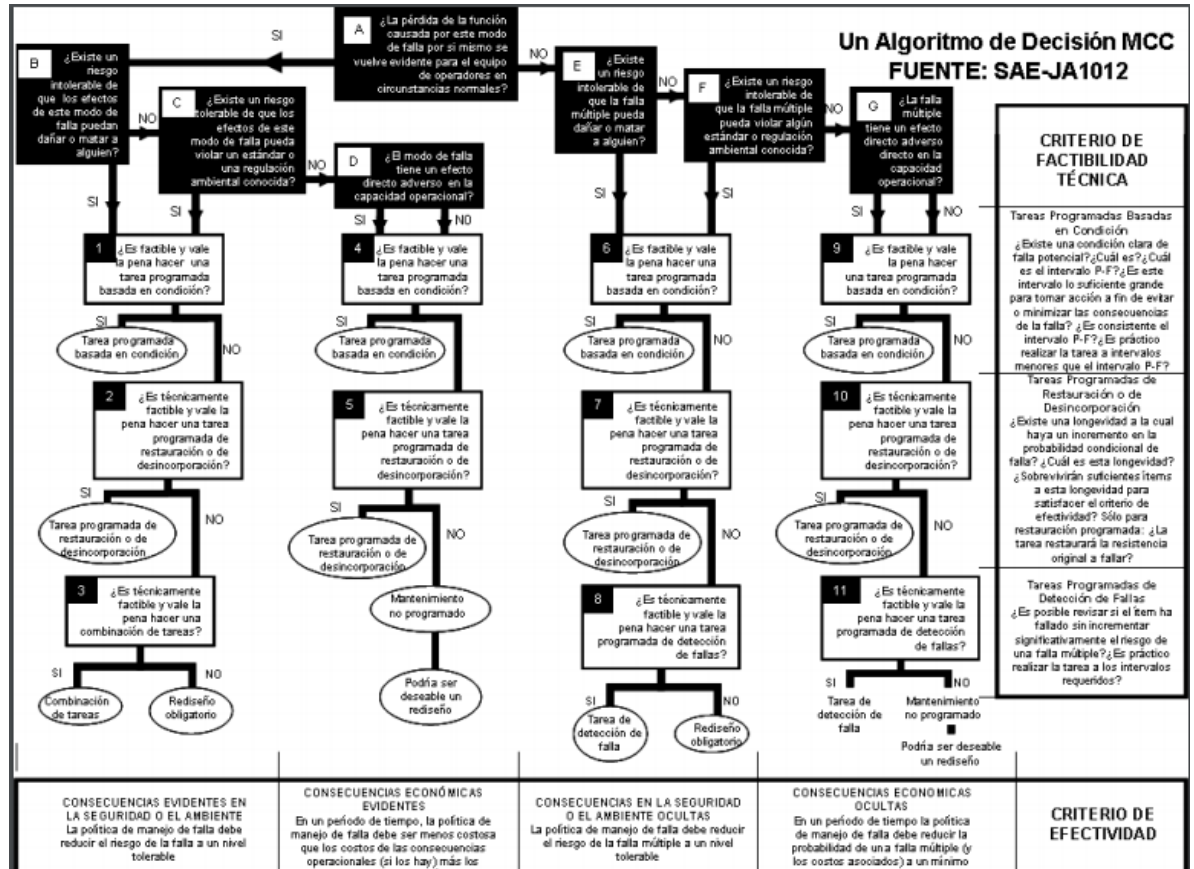
## 6.10 ANALISIS DE CRITICIDAD DE PLANTA ELECTRICA:

Se realiza un análisis de criticidad teniendo en cuenta que ya se habían definido las funciones, fallas funcionales, modos y efectos de falla, con base en esto y en la matriz de riesgos, teniendo en cuenta los impactos ambientales, riesgos humanos, consecuencias en cuanto a costos e imagen. A continuación se presenta el análisis de criticidad:

Figura 16: matriz de criticidad

| CONSECUENCIAS          |                                          |                             |               | CONSECUENCIA   |   | PROBABILIDAD |            |          |           |           |           |
|------------------------|------------------------------------------|-----------------------------|---------------|----------------|---|--------------|------------|----------|-----------|-----------|-----------|
| HUMANAS                | AMBIENTALES                              | COSTOS                      | IMAGEN        |                |   | IMPOSIBLE    | IMPROBABLE | REMOTO   | OCASIONAL | MODERADO  | FRECUENTE |
| Mas de un muerto       | Efectos irreversibles                    | >3.000.000                  | Internacional | Catastrofico   | 1 |              |            |          |           |           |           |
| Incapacidad permanente | Efectos irreversibles en menos de 2 años | ENTRE 1.000.000 - 3.000.000 | Nacional      | Critico        | 2 |              |            |          |           |           |           |
| Incapacidad temporal   | Efectos reversibles en menos de 6 meses  | ENTRE 501.000 - 1.000.000   | Regional      | Marginal       | 3 |              |            |          |           |           |           |
| Lesiones               | Efectos pueden ser controlados           | ENTRE 201.000 - 500.000     | Local         | Insignificante | 4 |              |            |          |           |           |           |
| Ninguna                | No afecta el medio ambiente              | <200.000                    | Ninguno       | Ninguno        | 5 |              |            |          |           |           |           |
|                        |                                          |                             |               |                |   | > 10 Años    | < 10 Años  | < 5 Años | < 2 Años  | < 6 Meses | ± 1 Mes   |
|                        |                                          |                             |               |                |   | A            | B          | C        | D         | E         | F         |

Figura 17: Diagrama de decisión RCM



Fuente: Norma SAE JA1012

Tabla 29: Análisis de criticidad RCM parte 1

| Función                                                             | Descripción Falla Funcional                               | Modo de Falla                                                                                                | Descripción Efectos                                                                                                                                                                                                                   | Valor económico de la reparación (US) | FALLA OCULTA | R. Ambiental | R. Humano | R. Económico | R. Imagen | Código diagrama de decisión | DESCRIPCIÓN TAREA                                                                  | FRECUENCIA (mes)      | RECURSOS                   |
|---------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|--------------|--------------|-----------|--------------|-----------|-----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|----------------------------|
| Mantener la temperatura de operación menor a los 40°C               | • La temperatura excedió los 40°C                         | Radiador se encuentra obstruido                                                                              | • La planta eléctrica empieza a funcionar, pero con el paso del tiempo se para su trabajo por alarma del sensor de Temperatura, se requiere lavado del radiador. Tiempo de parada de planta de hasta 3 días.                          | \$1000.000                            | SI           | D5           | D5        | D2           | D5        | 10                          | TAREA PROGRAMADA LAVADO DE RADIADOR                                                | 6 MESES               | PERSONAL MTTTO MECANICO    |
| Mantener la temperatura de operación menor a los 40°C               | • La temperatura excedió los 40°C                         | Hay perforación de radiador o de una de sus mangueras                                                        | • La planta eléctrica empieza a funcionar, pero con el paso del tiempo se para su trabajo por alarma del sensor de Temperatura, se requiere revisión general y cambio de repuestos. Tiempo de parada de planta de hasta 3 días.       | \$800.000                             | NO           | C4           | C5        | C3           | C5        | 2                           | TAREA PROGRAMADA REPARACION RADIADOR O CAMBIO MANGUERA                             | SEGÚN CONDICION       | PERSONAL MTTTO MECANICO    |
| Mantener la temperatura de operación menor a los 40°C               | • La temperatura excedió los 40°C                         | Esta el Ventilador averiado o su sistema de control                                                          | • La planta eléctrica empieza a funcionar, pero con el paso del tiempo se para su trabajo por alarma del sensor de Temperatura, se requiere revisión del ventilador de radiador. Tiempo de parada de planta de hasta 5 días.          | \$1400.000                            | NO           | C5           | C5        | C2           | C5        | 5                           | TAREA DE RESTAURACION APREGLO VENTILADOR                                           | SEGÚN CONDICION       | PERSONAL MTTTO ELECTRONICO |
| Mantener la temperatura de operación menor a los 40°C               | • La temperatura excedió los 40°C                         | Falla o deterioro del control de temperatura de la maquina                                                   | • La planta eléctrica no arranca, se encuentra alarmada, el servicio de urgencias se paraliza, se requiere desmonte y cambio del sensor de temperatura. Tiempo de parada de planta de hasta 3 días.                                   | \$300.000                             | SI           | E5           | E5        | E4           | E5        | 9                           | TAREA PROGRAMADA BASADO EN CONDICION MONITOREO TEMPERATURA TRABAJO CORRIER A FALLA | SEMANAL               | PERSONAL MTTTO ELECTRONICO |
| Mantener la temperatura de operación menor a los 40°C               | • La temperatura excedió los 40°C                         | Tapa de radiador desgastada o con rotura o del depósito de refrigerante                                      | • La planta eléctrica empieza a funcionar, pero con el paso del tiempo se para su trabajo por alarma del sensor de Temperatura, se requiere cambio de tapa de radiador. Tiempo de parada de planta de hasta 3 días.                   | \$180.000                             | NO           | C4           | C5        | C5           | C5        | 2                           | TAREA PROGRAMADA REPARACION CAMBIO DE TAPA DE RADIADOR                             | SEGÚN CONDICION       | PERSONAL MTTTO MECANICO    |
| Mantener una presión de aceite de trabajo entre los 80 y los 90 psi | • La presión de aceite esta por fuera del rango admisible | Obstrucción de filtros de aceite o falta de cambiarlo por horas de uso, no hay paso hacia la bomba de aceite | • Se presenta baja presión en el sistema debido a obstrucción o requerimiento de cambio de filtro de aceite, la planta funciona un momento pero se para debido a alarma por baja presión. Tiempo de parada de planta de hasta 2 días. | \$850.000                             | SI           | D4           | D5        | D3           | D5        | 7                           | TAREA PROGRAMADA DE MANTENIMIENTO CAMBIO DE FILTROS Y ACEITE                       | HOROMETRO, TRIMESTRAL | PERSONAL MTTTO MECANICO    |

Fuente: Autor de la monografía

Tabla 30: Análisis de criticidad RCM parte 2

|                                                                                                                                                          |                                                                                   |                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |           |    |    |    |    |    |    |                                                                                          |                                           |                            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|----|----|----|----|----|----|------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------|
| Mantener una presión de aceite de trabajo entre los 80 y los 90 psi                                                                                      | • La presión de aceite esta por fuera del rango admisible                         | Rotura de línea de conducción exterior de aceite. | • Se presenta rotura en la tubería a espuesta, debido a esto se baja la presión de trabajo y el equipo deja de funcionar, se requiere cambio o reparación de tubería. Tiempo de parada de planta de hasta 1 semana.                                                                                                        | \$700.000 | NO | C4 | C5 | C3 | C5 | 2  | TAREA DE RESTAURACION CORRIER A FALLA                                                    | CONDICION, APREGLO DE LINEA DE CONDUCCION | PERSONAL MTTTO MECANICO    |
| Mantener una presión de aceite de trabajo entre los 80 y los 90 psi                                                                                      | • La presión de aceite esta por fuera del rango admisible                         | Baja presión por falla del sensor de aceite.      | Se daña el sensor de aceite, la planta eléctrica no arranca por la alarma que presenta, se debe desmontar el sensor y realizar el cambio, deja de trabajar la planta eléctrica. Tiempo de parada de planta de hasta 3 días                                                                                                 | \$300.000 | SI | D5 | D5 | D4 | D5 | 9  | TAREA PROGRAMADA BASADA EN CONDICION MONITOREO PRESION ACEITE EN CONTROL CORRIER A FALLA | SEMANAL                                   | PERSONAL MTTTO ELECTRONICO |
| Mantener una presión de aceite de trabajo entre los 80 y los 90 psi                                                                                      | • La presión de aceite esta por fuera del rango admisible                         | Pérdida de características del aceite.            | • Al perderse las propiedades del aceite, este pierde su viscosidad y la planta empieza a trabajar de manera inadecuada generando mayor consumo de energía y mayor desgaste de las piezas, dependiendo de las pérdidas de propiedades podría no funcionar la planta eléctrica. Tiempo de parada de planta de hasta 1 días. | \$700.000 | SI | C4 | C5 | C3 | C5 | 6  | TAREA PROGRAMADA MANTENIMIENTO PREVENTIVO, CAMBIO DE ACEITE, HORAS DE TRABAJO            | HOROMETRO, TRIMESTRAL                     | PERSONAL MTTTO MECANICO    |
| Mantener una presión de aceite de trabajo entre los 80 y los 90 psi                                                                                      | • La presión de aceite esta por fuera del rango admisible                         | Des calibración de válvulas de admisión y escape. | • Se produce el golpepeteo en el motor, esto ocasiona mayor desgaste de los componentes y mayor consumo de combustible para trabajar. Tiempo de parada de planta de hasta 2 días.                                                                                                                                          | \$400.000 | SI | C5 | C5 | C4 | C5 | 9  | TAREA BASADA EN CONDICION MANTENIMIENTO PREVENTIVO                                       | SEMESTRAL                                 | PERSONAL MTTTO MECANICO    |
| Mantener una presión de aceite de trabajo entre los 80 y los 90 psi                                                                                      | • La presión de aceite esta por fuera del rango admisible                         | Deterioro de empaquetadura de la culata.          | • Se presentan fugas, lo que ocasiona elevación de temperatura de motor, pérdida de líquido refrigerante, mezcla de aceite con líquido refrigerante, pérdida de potencia en motor. Tiempo de parada de planta de hasta 5 días.                                                                                             | \$450.000 | SI | C5 | C5 | C4 | C5 | 10 | TAREA PROGRAMADA, INPECCION, RESTAURACION CAMBIO EMPAQUE                                 | CONDICION, HOROMETRO                      | PERSONAL MTTTO MECANICO    |
| Contener no más de 30 partes por millón de azufre en el combustible diésel, para lo cual se realizan análisis de composición del combustible (Ambiental) | • Los análisis muestran más de 30 ppm de azufre en la composición del combustible | Combustible de mala calidad del proveedor         | • Se presenta suciedad en depósito de combustible, esto impide el flujo correcto del combustible, ocasiona que la combustión no se de forma correcta, la mezcla con el oxígeno no es homogénea, mayor consumo de combustible. Tiempo de parada de planta de hasta 2 días .                                                 | \$250.000 | SI | C3 | C5 | C4 | C5 | 7  | TAREA PROGRAMADA, LAVADO TANQUE Y CAMBIO DE COMBUSTIBLE                                  | SEGÚN CONDICION                           | PERSONAL MTTTO MECANICO    |

Fuente: Autor de la monografía



Tabla 31: Análisis de criticidad RCM parte 3

|                                                                                                                                          |                                                                                          |                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                            |           |    |    |    |    |    |   |                                                                                                                                                           |                                                                                     |                         |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|----|----|----|----|----|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| Contener no más de 30 partes por millón de azufre en el combustible diésel, para lo cual se realizan análisis de composición (Análisis). | • Los análisis muestran más de 30 ppm de azufre en la composición del combustible        | Contaminación de tanque de combustible                                 | • Se presenta suciedad en depósito de combustible, esto impide el flujo correcto del combustible, ocasiona que la combustión no se de forma correcta, la mezcla con el oxígeno no es homogénea. Tiempo de parada de planta de hasta 3 días.                                | \$250.000 | SI | C3 | C5 | C4 | C5 | 6 | TAREA BASADA EN CONDICION MANTENIMIENTO PREVENTIVO LAVADO TANQUE COMBUSTIBLE                                                                              | ANUAL                                                                               | PERSONAL MTTO MECANICO  |
| Impedir que los operarios o el personal involucrado toque componentes eléctricos o mecánicamente activos (Seguridad)                     | • No hay señales de advertencia para proteger al operario, faltan elementos de seguridad | Falta seguro de puerta de cabina                                       | • Se produce ruido excesivo por falta de parte de cabina insonora, el nivel de ruido excede los límites permitidos. Tiempo de parada de planta de hasta 3 días.                                                                                                            | \$120.000 | NO | B5 | B4 | B5 | B5 | 2 | TAREA PROGRAMADA DE RESTAURACION SUMINISTRAR E INSTALAR PUERTA                                                                                            | SEGUN CONDICION                                                                     | PERSONAL MTTO MECANICO  |
| Impedir que los operarios o el personal involucrado toque componentes eléctricos o mecánicamente activos (Seguridad)                     | • No hay señales de advertencia para proteger al operario, faltan elementos de seguridad | Falta señalización de advertencia                                      | • Se puede producir un accidente laboral por la falta de señalización. Tiempo de parada de planta de hasta 2 días.                                                                                                                                                         | \$100.000 | NO | C5 | C4 | C5 | C5 | 2 | INSPECCION POR CONDICION, TAREA PROGRAMADA, COLOCAR SEÑALIZACION                                                                                          | SEGUN CONDICION                                                                     | PERSONAL MTTO MECANICO  |
| Mantener el voltaje adecuado de la batería para garantizar el arranque al momento de ser necesario                                       | • La planta es incapaz de arrancar                                                       | Descarga o falla de batería de arranque por tiempos de uso de batería. | • La planta eléctrica no arranca al momento de ocurrir el corte de energía, la batería no recibe carga del cargador de baterías, se alarma la batería por intentos de arranques fallidos, se paraliza el servicio de urgencias. Tiempo de parada de planta de hasta 1 día. | \$560.000 | SI | C5 | C1 | C3 | C3 | 6 | TAREA PROGRAMADA BASADA EN CONDICION, INSPECCION SEMANAL DE CARGA, ESTADO BATERIA Y CARGADOR BATERIA, CAMBIO DE BATERIA, HORAS DE TRABAJO CORRIER A FALLA | SEMANAL (INSPECCION) HOROMETRO 15 MESES (CAMBIO BATERIA - MANTENIMIENTO PREVENTIVO) | PERSONAL MTTO ELECTRICO |

Fuente: Autor de la monografía

Tabla 32: Análisis de criticidad RCM parte 4

|                                                                                                                                                                  |                                    |                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |           |    |    |    |    |    |   |                                                                                                                                                                                |                                                                                         |                         |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|----|----|----|----|----|---|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| Mantener el voltaje adecuado de la batería para garantizar el arranque al momento de ser necesario                                                               | • La planta es incapaz de arrancar | Falla de arranque por batería descargada, falla de alternador o de cargador de batería. | • La planta eléctrica no arranca al momento de ocurrir el corte de energía, la batería no presenta carga y el cargador no hace su trabajo, también podría ser el alternador, se alarma la batería por intentos de arranques fallidos, se paraliza el servicio de urgencias. Tiempo de parada de planta de hasta 3 días. | \$560.000 | SI | C5 | C1 | C3 | C3 | 6 | TAREA PROGRAMADA BASADA EN CONDICION, INSPECCION SEMANAL DE CARGA, ESTADO BATERIA Y CARGADOR BATERIA, REVISION ALTERNADOR, CAMBIO DE BATERIA, HORAS DE TRABAJO CORRIER A FALLA | SEMANAL (INSPECCION) HOROMETRO 3 MESES (REVISION ALTERNADOR - MANTENIMIENTO PREVENTIVO) | PERSONAL MTTO ELECTRICO |
| Mantener el voltaje adecuado de la batería para garantizar el arranque al momento de ser necesario                                                               | • La planta es incapaz de arrancar | Falla de arranque por avería de motor de arranque o automático                          | • La máquina no arranca, por daño en el motor de arranque, se requiere desmontar y llevar al taller. Tiempo de parada de planta de hasta 5 días                                                                                                                                                                         | \$600.000 | SI | C5 | C1 | C3 | C3 | 7 | TAREA PROGRAMADA MANTENIMIENTO PREVENTIVO REVISION MOTOR DE ARRANQUE O AUTOMATICO, CORRIER A FALLA                                                                             | 3 MESES                                                                                 | PERSONAL MTTO ELECTRICO |
| Mantener el voltaje adecuado de la batería para garantizar el arranque al momento de ser necesario                                                               | • La planta es incapaz de arrancar | Falla de arranque por bornes de baterías sueltos o deteriorados                         | • La planta eléctrica no arranca al momento de ocurrir el corte de energía, los bornes de la batería presentan sueltos, se paraliza el servicio de urgencias, mientras se limpian contactos. Tiempo de parada de planta de hasta 1 hora.                                                                                | \$560.000 | NO | C5 | C1 | C3 | C3 | 1 | TAREA PROGRAMADA, BASADA EN CONDICION, MONITOREO ESTADO BORNES, CORRIER A FALLA                                                                                                | 15 DIAS                                                                                 | PERSONAL MTTO ELECTRICO |
| Mantener la comodidad de los usuarios y del personal de la institución al no interrumpir el funcionamiento de los equipos de aire acondicionado por mucho tiempo | • La planta es incapaz de arrancar | Agua o suciedad en depósito de combustible                                              | • Se presenta suciedad en depósito de combustible, esto impide el flujo correcto del combustible, ocasiona que la combustión no se de forma correcta, la mezcla con el oxígeno no es homogénea. Tiempo de parada de planta de hasta 3 días.                                                                             | \$250.000 | SI | D5 | D1 | D4 | D3 | 7 | TAREA PROGRAMADA, MANTENIMIENTO PREVENTIVO REVISION Y LAVADO TANQUE COMBUSTIBLE, CORRIER A FALLA                                                                               | SEMANAL                                                                                 | PERSONAL MTTO MECANICO  |

Fuente: Autor de la monografía

Tabla 33: Análisis de criticidad RCM parte 5

|                                                                                                                                                                  |                                    |                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                            |               |    |    |    |    |    |   |                                                                                               |                                      |                          |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|----|----|----|----|----|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------|
| Mantener la comodidad de los usuarios y del personal de la institución al no interrumpir el funcionamiento de los equipos de aire acondicionado por mucho tiempo | • La planta es incapaz de arrancar | Válvulas de salida de combustible obstruidas o cerradas por error | • No llega el combustible a la bomba de inyección, se alarma la planta por el sensor de combustible, se detiene la planta y a su vez el servicio de Urgencias. Tiempo de parada de hasta 30 minutos                                                        | \$50.000      | NO | D5 | D1 | D5 | D3 | 1 | TAREA PROGRAMADA BASADA EN CONDICION INSPECCION VISUAL VALVULAS COMBUSTIBLE, CORRER A FALLA   | DIARIO                               | PERSONAL MTO ELECTRONICO |
| Mantener la comodidad de los usuarios y del personal de la institución al no interrumpir el funcionamiento de los equipos de aire acondicionado por mucho tiempo | • La planta es incapaz de arrancar | Filtro de combustible averiado o para cambio                      | • Se produce obstrucción que impide el flujo adecuado de combustible para la mezcla homogénea de combustible y oxígeno, no arranca la planta. Tiempo de parada de planta de hasta 2 días.                                                                  | \$ 150.000,00 | SI | D5 | D1 | D5 | D3 | 7 | TAREA PROGRAMADA MANTENIMIENTO PREVENTIVO REVISION FILTRO COMBUSTIBLE(CAMBIO), CORRER A FALLA | REVISION ( 3 MESES) CAMBIO ( 6 MESES | PERSONAL MTO MECANICO    |
| Mantener la comodidad de los usuarios y del personal de la institución al no interrumpir el funcionamiento de los equipos de aire acondicionado por mucho tiempo | • La planta es incapaz de arrancar | Falla de bomba de combustible                                     | • No se da el paso de carburante, por tal razón la planta eléctrica no arranca, se alarma y el servicio de urgencias queda paralizado. Tiempo de parada de planta de hasta 1 semana.                                                                       | \$600.000     | SI | D5 | D1 | D3 | D3 | 7 | TAREA PROGRAMADA MANTENIMIENTO PREVENTIVO REVISION BOMBA COMBUSTIBLE(CAMBIO), CORRER A FALLA  | 3 MESES                              | PERSONAL MTO MECANICO    |
| Mantener la comodidad de los usuarios y del personal de la institución al no interrumpir el funcionamiento de los equipos de aire acondicionado por mucho tiempo | • La planta es incapaz de arrancar | Falla de bomba de inyección                                       | • La planta eléctrica arranca pero al momento de reestablecerse el flujo de energía de la red comercial no se apaga, se debe forzar el apagado y desmontar la bomba de inyección para llevar al laboratorio. Tiempo de parada de planta de hasta 1 semana. | \$800.000     | SI | D5 | D1 | D3 | D3 | 7 | TAREA PROGRAMADA MANTENIMIENTO PREVENTIVO REVISION BOMBA INYECCION (CAMBIO), CORRER A FALLA   | 3 MESES                              | PERSONAL MTO MECANICO    |

Fuente: Autor de la monografía

Tabla 34: Análisis de criticidad RCM parte 6

|                                                                                                                                                                  |                                    |                                              |                                                                                                                                                                                                                                                      |           |    |    |    |    |    |   |                                                                               |         |                       |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|----|----|----|----|----|---|-------------------------------------------------------------------------------|---------|-----------------------|
| Mantener la comodidad de los usuarios y del personal de la institución al no interrumpir el funcionamiento de los equipos de aire acondicionado por mucho tiempo | • La planta es incapaz de arrancar | Tubería de combustible con presencia de aire | • La planta eléctrica al momento de arrancar no lo puede hacer debido a la presencia de aire e las tuberías que impide realizar el proceso de combustión. Se debe dar bombín manual para lograr encender. Tiempo de parada de planta de hasta 1 hora | \$100.000 | SI | D5 | D1 | D5 | D3 | 6 | TAREA PROGRAMADA MANTENIMIENTO PREVENTIVO APRIANQUE DE PLANTA, CORRER A FALLA | SEMANAL | PERSONAL MTO MECANICO |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|----|----|----|----|----|---|-------------------------------------------------------------------------------|---------|-----------------------|

Fuente: Autor de la monografía

## **7. DETERMINACION DEL PLAN DE MANTENIMIENTO**

Con todos los datos analizados y los datos encontrados por medio del procedimiento del RCM, que son las funciones, fallas funcionales, modos de fallas y los efectos que estos tienen en el contexto, haciendo uso del análisis de criticidad y del diagrama de decisión del RCM, ya podemos determinar un plan de mantenimiento con tareas rutinarias con diferente frecuencia dependiendo de lo critico de esta.

### **7.1 ACTIVIDADES Y FRECUENCIAS DE MANTENIMIENTO.**

Con la definición de las funciones, fallas, modos y efectos, además del análisis de criticidad, se logra establecer las actividades que se deben realizar para la solución de cada modo de falla y la frecuencia con la que debemos realizarla, de este modo garantizaremos la funcionalidad de la planta eléctrica y del servicio de Urgencias del Hospital San Francisco en la Unidad de Salud de Ibagué. Con esto se consigue un listado de tareas a realizar con diferentes frecuencias de tiempo.

Se presentan labores diarias como la inspección para revisar la válvula de combustible, actividades semanales como pruebas de arranque, revisión de la temperatura de trabajo, la medida de la presión del aceite, el nivel del combustible, el dato de las horas de trabajo, todas estas revisiones con el objetivo de evitar cualquier falla al momento de requerirse el servicio de la planta eléctrica, también se muestran las actividades de mantenimiento preventivo que se realizan cada 3 meses y cada seis meses, también se tienen algunas actividades anuales y el cambio de las baterías cada 15 meses, a continuación se presenta un cuadro con las actividades a realizar y la frecuencia de esta.

Este listado de tareas se suministrara a todo el personal que conforma el equipo de trabajo y se socializara para un mejor entendimiento.

TABLA 35: DESCRIPCION TAREAS Y FRECUENCIAS

| ACTIVIDAD                                                             | FRECUENCIA                        | PERSONAL         |
|-----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|------------------|
| INSPECCION VISUAL DE VALVULA COMBUSTIBLE                              | DIARIO                            | MTTO MECANICO    |
| PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO, ARRANQUE                                    | SEMANAL                           | MTTO MECANICO    |
| REVISION TEMPERATURA TRABAJO EN TABLERO CONTROL TRABAJO               | SEMANAL                           | MTTO ELECTRONICO |
| REVISION NIVEL DE COMBUSTIBLE                                         | SEMANAL                           | MTTO MECANICO    |
| REVISION DE PRESION DE ACEITE EN TABLERO CONTROL, NIVEL ACEITE        | SEMANAL                           | MTTO ELECTRONICO |
| INSPECCION DE CARGA, ESTADO DE BATERIA Y REVISION DE CARGADOR BATERIA | SEMANAL                           | MTTO ELECTRICO   |
| INSPECCION VISUAL ESTADO BORNES BATERIA                               | 15 DIAS                           | MTTO ELECTRICO   |
| REVISION DE ALTERNADOR                                                | 3 MESES                           | MTTO ELECTRICO   |
| REVISION FILTROS DE COMBUSTIBLE, AIRE Y ACEITE                        | 3 MESES                           | MTTO MECANICO    |
| REVISION BOMBA COMBUSTIBLE                                            | 3 MESES                           | MTTO MECANICO    |
| REVISION DE BOMBA INYECCION                                           | 3 MESES                           | MTTO MECANICO    |
| REVISION MOTOR DE ARRANQUE O AUTOMATICO                               | 3 MESES                           | MTTO ELECTRICO   |
| REVISION NIVEL DE LIQUIDO REFRIGERANTE                                | 3 MESES                           | MTTO MECANICO    |
| LIMPIEZA GENERAL                                                      | 3 MESES                           | MTTO MECANICO    |
| REVISION Y AJUSTE DE CONEXIONES ELECTRICAS Y COMPONENTES              | 3 MESES                           | MTTO ELECTRICO   |
| REVISION GENERAL DE RADIADOR Y MANGUERAS DEL SISTEMA                  | 3 MESES                           | MTTO MECANICO    |
| REVISION DE VENTILADOR DE RADIADOR                                    | 3 MESES                           | MTTO ELECTRONICO |
| CAMBIO FILTRO DE AIRE                                                 | HOROMETRO (250 HORAS),<br>6 MESES | MTTO MECANICO    |
| CAMBIO FILTRO DE COMBUSTIBLE                                          | HOROMETRO (250 HORAS),<br>6 MESES | MTTO MECANICO    |
| CAMBIO DE FILTROS PRIMARIO, SECUNDARIO Y DE ACEITE                    | HOROMETRO (250 HORAS),<br>6 MESES | MTTO MECANICO    |
| REVISION VALVULAS ADMISION Y ESCAPE                                   | 6 MESES                           | MTTO MECANICO    |
| CAMBIO DE BATERIA                                                     | 15 MESES                          | MTTO ELECTRICO   |
| LAVADO RADIADOR                                                       | ANUAL                             | MTTO MECANICO    |
| LAVADO TANQUE COMBUSTIBLE                                             | ANUAL                             | MTTO MECANICO    |

Fuente: Autor de la monografía

## **7.2 REPORTES Y PLANILLAS A IMPLEMENTAR EN EL PROCESO DE MANTENIMIENTO:**

Para la implementación del proceso de RCM se debe realizar modificaciones en los reportes de mantenimiento, el cronograma de actividades, para anexar todas las actividades con sus frecuencias determinadas, a continuación se presentan los Reportes de Mantenimiento propuestos, las planillas y el cronograma de actividades.

Figura 18: Reporte técnico para mantenimiento con listado de tareas – 1 parte

|                                                                                   |                                        |                  |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|------------------|--|
|  | UNIDAD DE SALUD DE IBAGUE ESE          | Código: F-APH-06 |  |
|                                                                                   |                                        | Versión: 01      |  |
|                                                                                   | FORMATO MANTENIMIENTO PLANTA ELECTRICA | Vigente desde:   |  |
|                                                                                   |                                        | Página 1 de 2    |  |

|                  |                   |                   |                  |
|------------------|-------------------|-------------------|------------------|
| Equipo:          | Ubicación:        | Tipo Combustible: | Gasolina    ACPM |
| Marca Planta:    | Modelo Planta:    | Serie Planta:     |                  |
| Marca Motor:     | Modelo Motor:     | Serie Motor:      |                  |
| Marca Generador: | Modelo Generador: | Serie Generador:  |                  |
| Capacidad:       | Fecha:            | M PREVENTIVO      | M CORRECTIVO     |

**DIAGNOSTICO:**

| ACTIVIDAD                                                             | FRECUENCIA                         | PERSONAL         | REALIZADO |    |
|-----------------------------------------------------------------------|------------------------------------|------------------|-----------|----|
|                                                                       |                                    |                  | SI        | NO |
| INSPECCION VISUAL DE VALVULA COMBUSTIBLE                              | DIARIO                             | MTTO MECANICO    |           |    |
| PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO, ARRANQUE                                    | SEMANAL                            | MTTO MECANICO    |           |    |
| REVISION TEMPERATURA TRABAJO EN TABLERO CONTROL TRABAJO               | SEMANAL                            | MTTO ELECTRONICO |           |    |
| REVISION NIVEL DE COMBUSTIBLE                                         | SEMANAL                            | MTTO MECANICO    |           |    |
| REVISION DE PRESION DE ACEITE EN TABLERO CONTROL, NIVEL ACEITE        | SEMANAL                            | MTTO ELECTRONICO |           |    |
| INSPECCION DE CARGA, ESTADO DE BATERIA Y REVISION DE CARGADOR BATERIA | SEMANAL                            | MTTO ELECTRICO   |           |    |
| INSPECCION VISUAL ESTADO BORNES BATERIA                               | 15 DIAS                            | MTTO ELECTRICO   |           |    |
| REVISION DE ALTERNADOR                                                | 3 MESES                            | MTTO ELECTRICO   |           |    |
| REVISION FILTROS DE COMBUSTIBLE, AIRE Y ACEITE                        | 3 MESES                            | MTTO MECANICO    |           |    |
| REVISION BOMBA COMBUSTIBLE                                            | 3 MESES                            | MTTO MECANICO    |           |    |
| REVISION DE BOMBA INYECCION                                           | 3 MESES                            | MTTO MECANICO    |           |    |
| REVISION MOTOR DE ARRANQUE O AUTOMATICO                               | 3 MESES                            | MTTO ELECTRICO   |           |    |
| REVISION NIVEL DE LIQUIDO REFRIGERANTE                                | 3 MESES                            | MTTO MECANICO    |           |    |
| LIMPIEZA GENERAL                                                      | 3 MESES                            | MTTO MECANICO    |           |    |
| REVISION Y AJUSTE DE CONEXIONES ELECTRICAS Y COMPONENTES              | 3 MESES                            | MTTO ELECTRICO   |           |    |
| REVISION GENERAL DE RADIADOR Y MANGUERAS DEL SISTEMA                  | 3 MESES                            | MTTO MECANICO    |           |    |
| REVISION DE VENTILADOR DE RADIADOR                                    | 3 MESES                            | MTTO ELECTRONICO |           |    |
| CAMBIO FILTRO DE AIRE                                                 | HORONMETRO (250 HORAS),<br>6 MESES | MTTO MECANICO    |           |    |
| CAMBIO FILTRO DE COMBUSTIBLE                                          | HORONMETRO (250 HORAS),<br>6 MESES | MTTO MECANICO    |           |    |
| CAMBIO DE FILTROS PRIMARIO, SECUNDARIO Y DE ACEITE                    | HORONMETRO (250 HORAS),<br>6 MESES | MTTO MECANICO    |           |    |
| REVISION VALVULAS ADMISION Y ESCAPE                                   | 6 MESES                            | MTTO MECANICO    |           |    |
| CAMBIO DE BATERIA                                                     | 15 MESES                           | MTTO ELECTRICO   |           |    |
| LAVADO RADIADOR                                                       | ANUAL                              | MTTO MECANICO    |           |    |
| LAVADO TANQUE COMBUSTIBLE                                             | ANUAL                              | MTTO MECANICO    |           |    |

**OBSERVACIONES:**

**REALIZADOR POR:** \_\_\_\_\_

**RECIBIDO POR** \_\_\_\_\_  
**CARGO** \_\_\_\_\_

Figura 19: Reporte técnico para mantenimiento con listado de tareas – 2 parte

|                                                                                   |                                        |                  |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|------------------|
|  | UNIDAD DE SALUD DE IBAGUE ESE          | Código: F-APH-06 |
|                                                                                   | FORMATO MANTENIMIENTO PLANTA ELECTRICA | Versión: 01      |
|                                                                                   |                                        | Vigente desde:   |
|                                                                                   |                                        | Página 2 de 2    |

**DATOS MANTENIMIENTO CORRECTIVO:**

**DIAGNOSTICO:** \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

**ACTIVIDAD REALIZADA:** \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

**REPUESTOS UTILIZADOS:** \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

**OBSERVACIONES:** \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

**REALIZADOR POR:** \_\_\_\_\_ **RECIBIDO POR** \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_ **CARGO** \_\_\_\_\_

Figura 20: Planilla para inspección diaria de válvula de combustible

|                                                                                   |                                                                                                                                       |                                                                                 |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
|  | <p align="center"><b>UNIDAD DE SALUD DE IBAGUE</b><br/><b>USI. ESE</b></p>                                                            | <p>Código: F-APH-06</p>                                                         |
|                                                                                   | <p align="center"><b>REPORTE DE MANTENIMIENTO DE PLANTA ELECTRICA</b><br/><b>INSPECCION DIARIA – REVISION VALVULA COMBUSTIBLE</b></p> | <p>Versión: 01</p> <p>Vigente desde: <b>ENERO 2019</b></p> <p>Página 1 de 2</p> |

[illegible]



Figura 21: Planilla revisión quincenal de bornes de batería

|                                                                                   |                                                                                                                                |                                                                                               |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <p align="center"><b>UNIDAD DE SALUD DE IBAGUE<br/>USI. ESE</b></p>                                                            | <p><b>Código: F-APH-06</b></p>                                                                |
|                                                                                   | <p align="center"><b>REPORTE DE MANTENIMIENTO DE PLANTA ELECTRICA<br/>INSPECCION CADA 15 DIAS- REVISION BORNES BATERIA</b></p> | <p><b>Versión: 01</b></p> <p><b>Vigente desde: ENERO 2019</b></p> <p><b>Página 1 de 2</b></p> |

[illegible]

Figura 22: Planilla revisión semanal de planta eléctrica

|                                                                                   |                                                                                                         |                                                                                 |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
|  | <p align="center"><b>UNIDAD DE SALUD DE IBAGUE</b><br/><b>USI. ESE</b></p>                              | <p>Código: F-APH-06</p>                                                         |
|                                                                                   | <p align="center"><b>REPORTE DE MANTENIMIENTO DE PLANTA ELECTRICA</b><br/><b>INSPECCION SEMANAL</b></p> | <p>Versión: 01</p> <p>Vigente desde: <b>ENERO 2019</b></p> <p>Página 1 de 2</p> |

[illegible]

Avenida 8 No 24-01, Ibagué, Tolima, Colombia TEL: (+57 8) 262 0000, 261 8064 - Fax: 262 2999  
Email: [gerencia@hospitalsanfrancisco.gov.co](mailto:gerencia@hospitalsanfrancisco.gov.co)

Figura 23: Cronograma de actividades a realizar en Planta eléctrica



Unidad de Salud de Ibagué ESE  
Cronograma Mantenimiento Planta Eléctrica  
Urgencias Semestre 2 / 2019

UNIDAD DE SALUD DE IBAGUE ESE  
CRONOGRAMA MANTENIMIENTO PLANTA ELECTRICA  
URGENCIAS SEMESTRE 2 / 2019

Código: F-APH-06  
Versión: 01  
Vigente desde:  
Página 1 de 1

| ACTIVIDAD                                                             | JULIO |   |   |   | AGOSTO |   |   |   | SEPTIEMBRE |   |   |   | OCTUBRE |   |   |   | NOVIEMBRE |   |   |   | DICIEMBRE |   |   |   |
|-----------------------------------------------------------------------|-------|---|---|---|--------|---|---|---|------------|---|---|---|---------|---|---|---|-----------|---|---|---|-----------|---|---|---|
|                                                                       | 1     | 2 | 3 | 4 | 1      | 2 | 3 | 4 | 1          | 2 | 3 | 4 | 1       | 2 | 3 | 4 | 1         | 2 | 3 | 4 | 1         | 2 | 3 | 4 |
| INSPECCION VISUAL DE VALVULA COMBUSTIBLE                              |       |   |   |   |        |   |   |   |            |   |   |   |         |   |   |   |           |   |   |   |           |   |   |   |
| PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO, ARRANQUE                                    |       |   |   |   |        |   |   |   |            |   |   |   |         |   |   |   |           |   |   |   |           |   |   |   |
| REVISION TEMPERATURA TRABAJO EN TABLERO CONTROL TRABAJO               |       |   |   |   |        |   |   |   |            |   |   |   |         |   |   |   |           |   |   |   |           |   |   |   |
| REVISION NIVEL DE COMBUSTIBLE                                         |       |   |   |   |        |   |   |   |            |   |   |   |         |   |   |   |           |   |   |   |           |   |   |   |
| REVISION DE PRESION DE ACEITE EN TABLERO CONTROL, NIVEL ACEITE        |       |   |   |   |        |   |   |   |            |   |   |   |         |   |   |   |           |   |   |   |           |   |   |   |
| INSPECCION DE CARGA, ESTADO DE BATERIA Y REVISION DE CARGADOR BATERIA |       |   |   |   |        |   |   |   |            |   |   |   |         |   |   |   |           |   |   |   |           |   |   |   |
| INSPECCION VISUAL ESTADO BORNES BATERIA                               |       |   |   |   |        |   |   |   |            |   |   |   |         |   |   |   |           |   |   |   |           |   |   |   |
| REVISION DE ALTERNADOR                                                |       |   |   |   |        |   |   |   |            |   |   |   |         |   |   |   |           |   |   |   |           |   |   |   |
| REVISION FILTROS DE COMBUSTIBLE, AIRE Y ACEITE                        |       |   |   |   |        |   |   |   |            |   |   |   |         |   |   |   |           |   |   |   |           |   |   |   |
| REVISION BOMBA COMBUSTIBLE                                            |       |   |   |   |        |   |   |   |            |   |   |   |         |   |   |   |           |   |   |   |           |   |   |   |
| REVISION DE BOMBA INYECCION                                           |       |   |   |   |        |   |   |   |            |   |   |   |         |   |   |   |           |   |   |   |           |   |   |   |
| REVISION MOTOR DE ARRANQUE O AUTOMATICO                               |       |   |   |   |        |   |   |   |            |   |   |   |         |   |   |   |           |   |   |   |           |   |   |   |
| REVISION NIVEL DE LIQUIDO REFRIGERANTE                                |       |   |   |   |        |   |   |   |            |   |   |   |         |   |   |   |           |   |   |   |           |   |   |   |
| LIMPIEZA GENERAL                                                      |       |   |   |   |        |   |   |   |            |   |   |   |         |   |   |   |           |   |   |   |           |   |   |   |
| REVISION Y AJUSTE DE CONEXIONES ELECTRICAS Y COMPONENTES              |       |   |   |   |        |   |   |   |            |   |   |   |         |   |   |   |           |   |   |   |           |   |   |   |
| REVISION GENERAL DE RADIADOR Y MANGUERAS DEL SISTEMA                  |       |   |   |   |        |   |   |   |            |   |   |   |         |   |   |   |           |   |   |   |           |   |   |   |
| REVISION DE VENTILADOR DE RADIADOR                                    |       |   |   |   |        |   |   |   |            |   |   |   |         |   |   |   |           |   |   |   |           |   |   |   |
| CAMBIO FILTRO DE AIRE                                                 |       |   |   |   |        |   |   |   |            |   |   |   |         |   |   |   |           |   |   |   |           |   |   |   |
| CAMBIO FILTRO DE COMBUSTIBLE                                          |       |   |   |   |        |   |   |   |            |   |   |   |         |   |   |   |           |   |   |   |           |   |   |   |
| CAMBIO DE FILTROS PRIMARIO, SECUNDARIO Y DE ACEITE                    |       |   |   |   |        |   |   |   |            |   |   |   |         |   |   |   |           |   |   |   |           |   |   |   |
| REVISION VALVULAS ADMISION Y ESCAPE                                   |       |   |   |   |        |   |   |   |            |   |   |   |         |   |   |   |           |   |   |   |           |   |   |   |
| CAMBIO DE BATERIA                                                     |       |   |   |   |        |   |   |   |            |   |   |   |         |   |   |   |           |   |   |   |           |   |   |   |
| LAVADO RADIADOR                                                       |       |   |   |   |        |   |   |   |            |   |   |   |         |   |   |   |           |   |   |   |           |   |   |   |
| LAVADO TANQUE COMBUSTIBLE                                             |       |   |   |   |        |   |   |   |            |   |   |   |         |   |   |   |           |   |   |   |           |   |   |   |

\*\*1. 2. 3. 4 = Numero de semanas de cada mes

\*\*1, 2, 3,4 = Numero de semanas de cada mes

Avenida 8 No 24-01, Ibagué, Tolima, Colombia TEL: (+57 8) 262 0000, 261 8064 - Fax: 262 2999  
Email: [gerencia@hospitalsanfrancisco.gov.co](mailto:gerencia@hospitalsanfrancisco.gov.co)

### 7.3 IMPLEMENTACIÓN DE SOFTWARE DE MANTENIMIENTO

Se inicia con el uso de un Software gratuito de Mantenimiento con el objetivo de iniciar el cambio en la forma de presentación de todas las actividades, se realiza una capacitación al personal involucrado en el proceso RCM, para este caso específico se utiliza MP Software, el cual es un software sencillo con una interfaz amigable con el usuario, ideal para iniciar, en el software se introduce además de la planta eléctrica, todos los equipos de refrigeración del hospital, también se logra introducir la información técnica de cada equipo, su plan de mantenimiento, con todas las actividades y frecuencias de realización. Este software ayuda al cumplimiento de las actividades de mantenimiento ya que da unas alarmas al operario cada vez que revisa el software donde advierte las siguientes labores a

realizar en los equipos. En las imágenes a continuación se aprecia el listado de equipos y la planta eléctrica con su marca y su modelo, además de su ubicación, también podemos apreciar el listado de actividades de mantenimiento con su respectiva frecuencia.

Figura 24: Listado de equipos en Software y datos técnicos

The screenshot displays the 'Catálogos - Equipos' window of the MP ver. 9.9.9 software. The left sidebar shows a tree view with 'Equipos' selected. The main area contains a table of equipment records. The selected record is 'PLANTA ELECTRICA CUMMINS C185D6'. Below the table, the 'Datos Generales' tab is active, showing technical specifications for the selected equipment.

| Tipo | Descripción                                                                         | Localización                                 |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
|      | REFRIGERADOR HORIZONTAL VESTFROST MK304 20121835645 (2686)                          | USI SAN FRANCISCO\ VACUNACION                |
|      | NEVERA VERTICAL MABE RML230/JCS 1436290741 (4046)                                   | USI SAN FRANCISCO\ URGENCIAS 3 PISO          |
|      | NEVERA VERTICAL WHIRLPOOL WRF050XA VR30901105 (2719)                                | USI SAN FRANCISCO\ URGENCIAS 3 PISO          |
|      | NEVERA VERTICAL HACEB NE 6 B9011982 (4375)                                          | USI SAN FRANCISCO\ URGENCIAS 2 PISO          |
|      | NEVERA VERTICAL WHIRLPOOL WRF050XA VR30901109 (2720)                                | USI SAN FRANCISCO\ URGENCIAS 2 PISO          |
|      | NEVERA VERTICAL ICASA ATE 9A                                                        | USI SAN FRANCISCO\ URGENCIAS 1ER PISO        |
|      | <b>PLANTA ELECTRICA CUMMINS C185D6</b>                                              | <b>USI SAN FRANCISCO\ URGENCIAS 1ER PISO</b> |
|      | NEVERA VERTICAL WHIRLPOOL W55501001 VR1 46001001                                    | USI SAN FRANCISCO\ ODONTOLOGIA               |
|      | NEVERA VERTICAL LG GM-351QC ME230230901 (1974)                                      | USI SAN FRANCISCO\ LABORATORIO               |
|      | REFRIGERADOR VERTICAL DANFOSS(COMPRESOR) NF7.3FX2(COMPRESOR) 2891(COMPRESOR) (3833) | USI SAN FRANCISCO\ LABORATORIO               |
|      | REFRIGERADOR VERTICAL INDUSTRIAL INPV-6 02812526 (1899)                             | USI SAN FRANCISCO\ LABORATORIO               |
|      | REFRIGERADOR VERTICAL INDUSTRIAL INPV-6 02816944 (1901)                             | USI SAN FRANCISCO\ LABORATORIO               |
|      | REFRIGERADOR VERTICAL INDUSTRIAL INPV-6 02900469 (1900)                             | USI SAN FRANCISCO\ LABORATORIO               |
|      | NEVERA VERTICAL MARE BML230/JACS 1442348876 (4090)                                  | USI SAN FRANCISCO\ FARMACIA                  |

| Datos Generales                                            |                       |
|------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Descripción: <b>PLANTA ELECTRICA CUMMINS C185D6</b>        | Capacidad:            |
| Localización: <b>USI SAN FRANCISCO\ URGENCIAS 1ER PISO</b> | Modelo: <b>C185D6</b> |
| Producto: <b>PLANTA ELECTRICA</b>                          | Otro 1:               |
| Marca: <b>CUMMINS</b>                                      | Código:               |
| Identificador, Serie, Placas:                              | Clasificación 1:      |
| Otro 2:                                                    | Clasificación 2:      |
| Prioridad: <b>Alta</b>                                     |                       |
| Tipo de Equipo:                                            |                       |
| Equipo Padre:                                              |                       |
| Centro de Costo:                                           |                       |

Total 49 Registros

Figura 25: Listado de actividades de mantenimiento y su frecuencia

Catálogos

Equipos

Localizaciones/Inmuebles

Planes

Repuestos y Consumibles

Mano de Obra

Proveedores y Servicios

Herramientas

Auxiliares

Catálogos - Planes

</

## 7.4 ENTRENAMIENTO PERSONAL DEL PROCESO

El proceso de RCM como se sabe es complicada su implementación y toma de mucho tiempo, se requiere de un entrenamiento y capacitaciones a todo el personal involucrado, esto con el fin de que el personal logre aprender y lograr comprender en profundidad la manera de operar de la planta eléctrica y la identificación de los modos de falla de este.

Se realizaran Capacitaciones en:

Motores Diésel  
Electricidad Básica  
Electrónica Básica  
Educación Ambiental  
Seguridad en el trabajo

Se realizará un entrenamiento en RCM dictado por un Ingeniero especialista en la rama.

Luego de implementada la metodología RCM para la Planta eléctrica del edificio de Urgencias del Hospital San Francisco, se realizara una auditoria por parte de un delegado de entera confianza del Gerente de la entidad, esta persona que está en representación del gerente realizara una revisión formal de toda la información y hojas de decisión del RCM, si el auditor no está de acuerdo con algo se discutirá entre ambas partes.

## **8. CONCLUSIONES**

Al finalizar la metodología se realizó un plan de mantenimiento basado en RCM para esto se encontraron las funciones primarias y secundarias de la planta eléctrica, se detectaron las fallas funcionales, se encontraron los modos de falla para cada falla funcional y los efectos que podían causar en la integridad, con la recolección de estos datos y con los datos obtenidos de los manuales, hojas de vida, reportes y demás, se realiza un análisis de criticidad con lo que se encontró las tareas a realizar para cada modo de falla, la frecuencia de tiempo para realizarla y el personal que debe asumir cada tarea, con la aplicación de esta metodología se garantiza una mayor disponibilidad del servicio de urgencias, optimizando la operatividad y eficiencia.

Se determinaron los problemas de funcionamiento del motor generador del servicio de Urgencias de la Unidad de Salud de Ibagué, por medio de un análisis de modos y efectos de falla. Con esto se logró determinar un plan de mantenimiento diferenciado para la planta eléctrica que servirá para aumentar la disponibilidad del servicio de Urgencias.

Se determinó el listado de tareas rutinarias necesarias para resolver los modos de falla que pueden ocurrir en la planta eléctrica, todo este listado basado en los resultados de la realización de la metodología del Mantenimiento centrado en Confiabilidad. Se define un cronograma de actividades con una frecuencia diferenciada para cada modo de falla.

Se realiza un Reporte técnico nuevo para las actividades de Mantenimiento teniendo en cuenta todas las labores determinadas en el RCM. Este reporte tiene todos los espacios con los aspectos relevantes al momento de realizar una inspección o mantenimiento del equipo.

Se implementa un software de Mantenimiento para iniciar un cambio progresivo del manejo de la información en el área de mantenimiento. Se lograra mayor orden en la ejecución de las labores de mantenimiento ya que el software da unas alarmas continuas de las actividades próximas a realizar en el equipo y así prevenir descuidos y fallas de la planta.

Se realiza la planeación de entrenamientos, capacitaciones y auditorias del proceso RCM en caso de que llegara a ser implementado. Con el fin de lograr una exitosa implementación del plan de mantenimiento que de ser implementado aumentara la confiabilidad en el equipo y la disponibilidad del servicio.



## BIBLIOGRAFIA

- Gabriel Antuas Sierra A. (2004) – Trabajo de Grado para optar al título de Ingeniero Mecánico – Universidad Industrial de Santander - Programa de Mantenimiento preventivo para la empresa metalmecánica Industrias AVM S.A.
- GARCIA G-SANTIAGO (2003). Organización y Gestión Integral del Mantenimiento
- GONZALES-FRANCISCO JAVIER (2005). Teoría y Práctica del Mantenimiento Industrial Avanzado
- Lombana Silva, Nelson (Abril 2017). Síntesis histórica del Hospital San Francisco. Ibagué-Tolima-Colombia: Blog Nelson Lombana Silva, <http://nelsonlombanasilva.blogspot.com/>
- Manual equipo generador, motor, tablero de control equipos Marca Cummins C50 205KVA power generation 2013
- MOUBRAY-JOHN MITCHELL (2004). Mantenimiento centrado en confiabilidad RCM 2 Lillington, North Carolina Edicion en Español 2004
- Unidad de Salud de Ibagué (2017). Nuestra entidad, misión, visión, objetivos, organigramas. Ibagué-Tolima-Colombia: Pagina web Unidad de Salud de Ibagué, <https://www.usiese.gov.co/nuestra-entidad.html>