

**UNIVERSIDAD CATOLICA DE SALTA**



**IMPLEMENTACIÓN DE UN PROCESO DE  
MEJORA CONTINUA APLICADO AL SERVICIO  
DE EXPLOTACIÓN DE GENERACIÓN AISLADA  
DE ENERGIA**

**PROYECTO DE GRADO  
PARA OPTAR AL TITULO DE  
“INGENIERO INDUSTRIAL”**

**Alumnos: Jauregui Romano Jorge Julián  
Zannier Antonella**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**2022**

## **PROYECTO DE GRADO**

# **IMPLEMENTACIÓN DE UN PROCESO DE MEJORA CONTINUA APLICADO AL SERVICIO DE EXPLOTACIÓN DE GENERACIÓN AISLADA DE ENERGIA**

**Profesor guía: Mg. Ingeniero Roberto Medina**

**Alumnos: Jáuregui Romano Jorge Julián**

**Zannier Antonella**

**Tribunal evaluador:**

**Presidente:**

**I Miembro:**

**II Miembro:**

**Fecha de exposición:     /     /**

## **Dedicatorias y agradecimientos**

A nuestros padres, hermanos y amigos, quienes acompañaron este camino desde el primer día con cariño y apoyo incondicional.

A nuestros profesores que participaron en estos años brindando conocimientos para formarnos como personas y profesionales.

Al Ingeniero Roberto Medina que fue nuestro guía, desde su experiencia y su visión, su aporte fue fundamental para la realización de este trabajo.

A la Facultad de Ingeniería por estos años llenos de experiencias.

## **Tabla de contenido**

<b>Dedicatorias y agradecimientos.....</b>	<b>3</b>
<b>Tabla de contenido .....</b>	<b>4</b>
<b>Índice de ilustraciones .....</b>	<b>7</b>
<b>Índice de tablas .....</b>	<b>8</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>9</b>
<b>Introducción .....</b>	<b>10</b>
<b>Justificación del proyecto.....</b>	<b>10</b>
<b>Objetivos.....</b>	<b>11</b>
<b>Capítulo I - Marco teórico .....</b>	<b>12</b>
Calidad.....	12
Productividad.....	12
Costos de calidad .....	12
Introducción a las metodologías de mejora continua .....	13
Mantenimiento centrado en la confiabilidad - RCM.....	14
<b>Capítulo II- Situación actual .....</b>	<b>16</b>
Tipo de demanda .....	16
Distribución geográfica .....	16
Elección de Central de Generación Aislada .....	17
Mano de obra .....	20
Staff de mantenimiento.....	21
Vehículos de asistencia.....	21
Programa de mantenimiento y aprovisionamiento actual.....	21
Análisis FODA .....	22
<b>III- Aplicación de procedimientos para lograr el objetivo de mejora continua ...</b>	<b>23</b>
1. Identificación y definición de problemas actuales y sus efectos .....	23
Alimentación irregular de tanque diario.....	23
Aprovisionamiento de combustible sin planificación .....	24
Tanques de reserva de combustible expuestos a las condiciones climáticas.....	25
Reparación de fallas en grupos electrógenos sin planificación .....	26
Fallas recurrentes en grupos generadores .....	27

Conclusiones.....	28
2.Planes para la mejora.....	29
Automatización del llenado de tanque de alimentación diario.....	29
Aprovisionamiento de combustible por pronóstico de demanda.....	32
Aditivos para combustible en tanques de almacenamiento. ....	33
Estudio de tiempos para reparaciones. ....	34
Programa Maestro de Mantenimiento Preventivo .....	36
3.Puesta en marcha de soluciones propuestas .....	45
Caso Practico SCANIA DC16071A.....	45
Hoja de componentes SCANIA DC16071A .....	46
Tabla de análisis de modos de fallas y consecuencias.....	56
Hoja de Decisión .....	61
Conclusiones del estudio realizado.....	66
Implementación de plan de mantenimiento.....	67
<b>IV- Análisis financiero .....</b>	<b>73</b>
Egresos .....	73
Instrumentación para llenado de tanque diario.....	73
Gastos de capacitación.....	73
Gasto de implementación de una planilla Excel con menús para mantenimiento	74
Ingresos.....	74
Reducción de horas de trabajo.....	74
Reducción de costos de mantenimiento.....	74
Reducción de costos en combustible .....	75
Conclusiones del análisis.....	76
<b>V- Conclusiones finales .....</b>	<b>77</b>
<b>VI- Bibliografía.....</b>	<b>78</b>
<b>VII- Anexo.....</b>	<b>79</b>
Equipo generador eléctrico.....	79
Concepto.....	79
Tipos .....	79
Componentes principales.....	80
Mejora Continua.....	81
Mejoramiento de la calidad .....	81
Gestión de la calidad y sus principios básicos.....	82
Ciclo PHVA.....	84
Ocho pasos para la solución de un problema .....	85
Etapas Para Llevar A Cabo La Mejora Continua .....	85
Introducción al Mantenimiento Basado en la Confiabilidad.....	86
Funciones y parámetros de Funcionamiento .....	88
Fallas funcionales .....	89

Modos de falla .....	89
Efectos de falla .....	92
Consecuencias de la Falla.....	92
Aplicación del proceso RCM .....	94
Hoja de información .....	95
Diagrama de decisión y hoja de decisión .....	95
Grupo de trabajo .....	97
Resultados del RCM.....	98
Informe A3: Alimentación irregular tanque diario.....	100
PVHA - Reparación de fallas en grupos electrógenos sin planificación.....	101
Pronostico de Demanda .....	112

## **Índice de ilustraciones**

Ilustración 1. Centrales de generación aislada en la Provincia de Salta.....	17
Ilustración 2. Central térmica Santa Rosa de los Pastos Grandes .....	18
Ilustración 3. Grupo electrógeno central térmica Santa Rosa de los Pastos Grandes ..	19
Ilustración 4. Grupo electrógeno central térmica Santa Rosa de los Pastos Grandes ..	19
Ilustración 5. Grupo electrógeno central térmica Santa Rosa de los Pastos Grandes ..	20
Ilustración 6. Diagrama de Ishikawa alimentación irregular tanque diario.....	24
Ilustración 7. Diagrama de Ishikawa aprovisionamiento de combustible sin planificación .....	25
Ilustración 8. Diagrama de Ishikawa reparación de fallas en grupos electrógenos sin planificación .....	27
Ilustración 9. Diagrama de Ishikawa fallas recurrentes en grupos electrógenos.....	28
Ilustración 10. Identificación de variables del proceso .....	29
Ilustración 11. Diagrama P&ID.....	30
Ilustración 12. Diagrama de control .....	30
Ilustración 13. Conexiones arduino y sensor.....	31
Ilustración 14. Esquema ilustrativo del sistema de control .....	32
Ilustración 15. Gráfico demanda real vs. P.R. Ajustado x M.E.....	33
Ilustración 16. Menú sistema informático .....	45
Ilustración 17. Ficha técnica equipo .....	67
Ilustración 18. Orden de trabajo control periódico.....	68
Ilustración 19. Orden de trabajo para guías de mantenimiento .....	69
Ilustración 20. Orden de trabajo para reparaciones de fallas.....	70
Ilustración 21. Orden de trabajo para ensayos y pruebas .....	71
Ilustración 22. Flujo de tareas área mantenimiento .....	72
Ilustración 23. Partes de un equipo típico.....	81
Ilustración 24. Curva de fallas tipo A.....	90
Ilustración 25. Curva de fallas tipo B .....	90
Ilustración 26. Curva de fallas tipo C .....	91
Ilustración 27. Curva de fallas tipo D.....	91
Ilustración 28. Curva de fallas tipo E .....	91
Ilustración 29. Curva de fallas tipo F .....	92
Ilustración 30. Modelo tabla análisis de modo de falla y consecuencias .....	95
Ilustración 31. Modelo hoja de decisión.....	95
Ilustración 32. Diagrama de decisión RCM .....	96
Ilustración 33. Informe A3 .....	100

## **Índice de tablas**

Tabla 1. Metodologías y sus pasos .....	14
Tabla 2. Análisis FODA .....	22
Tabla 3. Medición de tiempos .....	35
Tabla 4. Porcentajes de calificación .....	35
Tabla 5. Suplementos por descanso.....	35
Tabla 6. Porcentajes de calificación Sistema Westing House.....	36
Tabla 7. Tareas de revisión cada 24 horas.....	39
Tabla 8. Tareas de revisión cada 170 horas.....	39
Tabla 9. Mantenimiento cada 250 horas.....	40
Tabla 10. Mantenimiento >400 horas.....	40
Tabla 11. Tareas de mantenimiento cada 1200 horas.....	41
Tabla 12. Tareas de mantenimiento cada 3200 y 4000 horas.....	41
Tabla 13. Tareas de mantenimiento cada 6500 horas.....	42
Tabla 14. Base de datos de repuestos e insumos .....	44
Tabla 15. Datasheet SCANIA DC16071A .....	45
Tabla 16. Hoja de componentes SCANIA DC16071A .....	55
Tabla 17. Análisis de modos de falla y consecuencias.....	60
Tabla 18. Hoja de decisión .....	65
Tabla 19. Gastos en componentes de instrumentación.....	73
Tabla 20. Gastos en capacitación de software .....	74
Tabla 21. Egresos .....	75
Tabla 22. Ingresos .....	76
Tabla 23. Ciclo PVHA y 8 pasos en la solución de un problema .....	85

## **Abstract**

El presente trabajo se realizó con el fin de aplicar lo aprendido a lo largo de la carrera para mejorarla capacidad de gestión y así aumentar la eficiencia, productividad y efectividad en una empresa encargada de prestar un servicio tan indispensable como lo es la energía eléctrica.

Se usaron metodologías de mejora continua en el área de mantenimiento que permitieron identificar y diagnosticar actividades que presentaban oportunidades de mejora.

En miras de erradicar problemas actuales en las actividades y lograr la mejora buscada se realizaron trabajos de estudio de demanda, automatización de procesos, un sistema informático, estudio de tiempos y mantenimiento centrado en la confiabilidad, todas ellas, herramientas propias de la ingeniería.

La aplicación estas propuestas de mejora representa una inversión de USD 861,651 para una central de generación aislada de energía ubicada en la localidad de Santa Rosa de los Pastos Grandes.

## **Introducción**

El proyecto de grado titulado “Implementación De Un Proceso De Mejora Continua Aplicado Al Servicio De Explotación De Generación Aislada De Energía” refleja los estudios realizados para lograr poner en práctica los conocimientos adquiridos de las materias cursadas al largo de la carrera.

Es necesario distinguir que en los tiempos actuales todas las organizaciones requieren crecer al ritmo de la demanda utilizando tecnologías modernas y alternativas innovadoras que acompañan al logro de objetivos y al desarrollo, alcanzando así mayor competitividad.

El rubro que garantiza el suministro de luz a los hogares en localidades donde no llega la red de media tensión podría mejorar sus prestaciones si activan prácticas de mejora continua en su organización.

La primera parte de este trabajo realiza un breve prólogo teórico para conocer las herramientas utilizadas.

El segundo capítulo consiste en una recopilación de la información del servicio que brinda actualmente, describe la situación actual de la empresa y de la localidad elegida donde se brinda el servicio.

A continuación, el tercer capítulo del trabajo dispone el desarrollo y aplicación de procedimientos para aplicar la mejora continua. Se realiza una identificación de los problemas que presentan oportunidad de mejora y luego de su fundamentación se proponen planes para lograr la misma.

El capítulo cuatro corresponde a un análisis financiero a los fines de estudiar si las ventajas obtenidas con las soluciones propuestas superan a los gastos que incurriría la empresa en aplicarlas.

## **Justificación del proyecto**

La empresa encargada de brindar el servicio de electricidad a localidades de la Provincia de Salta lo hace mediante generación aislada ya que los mismos no se encuentran conectados al sistema argentino de interconexión. Debido a esto disponen del suministro de energía gracias al uso de grupos electrógenos de gran capacidad. Esta actividad sigue siendo la principal fuente de energía eléctrica de los pueblos desde hace más de 35 años y genera un gran costo por insumos, mantenimiento y logística.

Se hizo un diagnóstico para conocer oportunidades de mejor que aporten a un mejor desempeño de las actividades de la empresa y de manera simultánea beneficiar a los usuario.

## **Objetivos**

Aplicar y desarrollar metodologías de trabajo que permitan identificar/diagnosticar, analizar, evaluar y proponer un plan de mejora y herramientas de control con la finalidad principal de lograr eficiencia en la gestión, que se verá reflejado en una disminución de los costos operativos, en un mejor uso del capital y en una mejor prestación de servicio a futuro para pueblos salteños que no están conectados a la red nacional de energía eléctrica.

Las herramientas a utilizar serán, métodos de mejora continua, fundamentalmente el Ciclo Deming, el estudio tiempos, estudio de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, y la Instrumentación, control y automatización de procesos.

Al aplicar el estudio de la demanda se tiene una visión de la importancia del servicio suministrado por los equipos en los pueblos donde se encuentran, permitiendo sacar conclusiones cuantitativas en base a registros anteriores de demandas por estaciones y regiones, si tienen tendencia a aumentar en el futuro, cuales son los picos, todo esto a los fines de proyectar el servicio a futuro.

Por otra parte, al utilizar herramientas de calidad se realizan diagnósticos para identificar procesos con posibilidades de mejora las cuales serán evidentes aumentando la fiabilidad, disminuyendo costos, eliminando trabajo desperdiciado, mejorando la capacidad de la mano de obra y llevando un manejo de información y datos más preciso.

Al aplicar la metodología RCM sobre los grupos electrógenos se persigue adquirir conocimiento sobre el mismo y su respectiva aplicación, respondiendo preguntas como que tipo de mantenimiento se adecua más al equipo y adquirir conocimiento de cómo elaborar un presupuesto de mantenimiento centrado en la confiabilidad.

## **Capítulo I - Marco teórico**

### **Calidad**

La norma ISO-900:2005 define calidad como “el grado en el que un conjunto de características inherentes cumple con los requisitos”, en esta definición se considera requisito a una necesidad establecida.

Maestros de la calidad a lo largo de la historia la definieron como:

“Grado predecible de uniformidad y fiabilidad a un bajo coste. Este grado debe ajustarse a las necesidades del mercado y la calidad no es otra cosa más que una seria de cuestionamiento hacia la mejora continua.” E.W. Deming (1988)

“Es el hecho de desarrollar, diseñar, manufacturar y mantener un producto de calidad. Este producto debe ser el más económico, el más útil y resultar siempre satisfactorio para el consumidor final.” Kaoru Ishikawa (1988)

“Es incluir cero defectos, mejora continua y gran enfoque al cliente.” Roger G. Schrollder (1992)

Para crear valor ya sea enfocado en el cliente o en la empresa es necesario realizar tres actividades fundamentales, estas son:

- Diseñar y desarrollar nuevos productos y procesos
- Monitorear y controlar los procesos
- Luego de este control mejorar nuevamente los procesos

### **Productividad**

La productividad está relacionada con los productos obtenidos y los recursos utilizados para ese proceso.

Para valorar la productividad adecuadamente hay que utilizar dos conceptos que son eficacia y eficiencia. Por una parte, eficacia significa alcanzar los objetivos establecidos mientras que eficiencia implica alcanzar dichos objetivos optimizando los recursos disponibles.

### **Costos de calidad**

Para mejorar la calidad y comenzar a hablar de gestión de calidad, hay que tener en cuenta una continua reducción de costos.

Los costos de calidad en empresa que no tiene una percepción de la importancia de la gestión de calidad pueden ser muy altos y no resultan visibles. Lo mejor que se puede hacer es identificarlos y medirlos para comprender el problema y justificar acciones de mejora.

## **Introducción a las metodologías de mejora continua**

Para lograr la mejora continua existen diversas metodologías que elegidas y estandarizadas correctamente para un problema garantizan el logro de objetivos.

Estas metodologías tienen un enfoque científico y metódico para resolver un problema del cual se necesita tener conocimiento previo de su magnitud y su posible solución.

Algunos de estos procedimientos conocidos son el ciclo Deming o PDCA, el DMAIC, 8D, y el Informe A3. A continuación se explican brevemente en que consiste cada uno.

**PDCA:** fue creado por W. Edwards Deming en la década de 1950 ayudando a Japón a reconstruir sus industrias para poder competir en el mercado mundial. Es un método sistemático que consta de cuatro etapas planificar (plan), hacer (do), verificar (check) y actuar (act). Es muy utilizado por los sistemas de gestión de calidad. Sus resultados permiten mejorar la calidad de los productos, reducción de costos y aumentos de rentabilidad.

**DEMAIC:** fue creado por Bill Smith en 1984 ingeniero de Motorola y tiene sus bases en el sistema de gestión Six Sigma. El método es similar al PDCA, pero consta de cinco pasos los cuales son definir (define), medir (measure), analizar (analyze), controlar y mejorar (improve y control), estos pasos son utilizados para resolver problemas complejos. Es un proceso que se puede repetir de manera continua para ajustar y mejorar permanentemente el proceso.

**INFORME A3:** es una herramienta de resolución de problemas, fundamentada en el ciclo Deming, es muy flexible y breve, también se considera como un instrumento que garantiza el aprendizaje organizativo. Este reporte se llama así, porque se analiza y resume el problema en una hoja A3 facilitando la representación visual de información. Consta de 7 pasos: definición del problema, situación actual, análisis de la causa raíz, objetivos, propuestas de mejora, plan de acción y finalmente seguimiento y resultado.

**8D/PSP:** esta metodología tiene sus orígenes en Ford Motor Company en el año 1987, tiene ocho etapas las cuales logran un enfoque completo y detallista permitiendo resolver problemas complejos.

**HOJA KAIZEN:** es una herramienta con sus bases también el ciclo PHVA, tiene más etapas para obtener más información.

Estas metodologías son empleadas según la complejidad del problema. Los problemas rutinarios y complejos son aquellos en los que no se conoce la causa raíz, pero si se cuenta con información suficiente para su análisis y se utilizan como herramientas el PDCA-A3-8D y Hoja KAIZEN. En cambio, para problemas complejos de los cuales no se conoce la causa raíz y tampoco se cuenta con datos ni recursos para

analizarlo y resolverlo se utiliza el método DEMAIC.

PHVA - PDCA	DEMAIC/SIX SIGMA	A3	8D/PSP	HOJA KAIZEN
Planear	Definir	Clasificar problema	1- Crear el equipo y recolectar información	Identificación del problema Oportunidades de mejora Metas/Objetivos Análisis del problema
	Medir	Desglosar problema	2- Describir el problema	
		Definir una meta	3- Definir acciones de contención	
	Analizar	Análisis causa raíz	4- Análisis causa raíz	
		Desarrollar contramedidas	5- Definir opciones de acción correctiva	
Hacer	Mejorar	Ver contramedidas	6- implementar las acciones correctivas	Plan de acción
Verificar	Controlar	Evaluar resultados y procesos	7- Definir acciones de prevención de recurrencia	Valoración de la mejora Costo de implementación
Actuar		Estandarizar el éxito	8-Felicitar equipo	Lecciones aprendidas

*Tabla 1. Metodologías y sus pasos*

### **Mantenimiento centrado en la confiabilidad - RCM**

El Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad es un procedimiento que bien implementado puede contribuir a obtener mejoras significativas en la confiabilidad de los equipos, mejorando el rendimiento de los mismos y optimizando sus costos de mantenimiento.

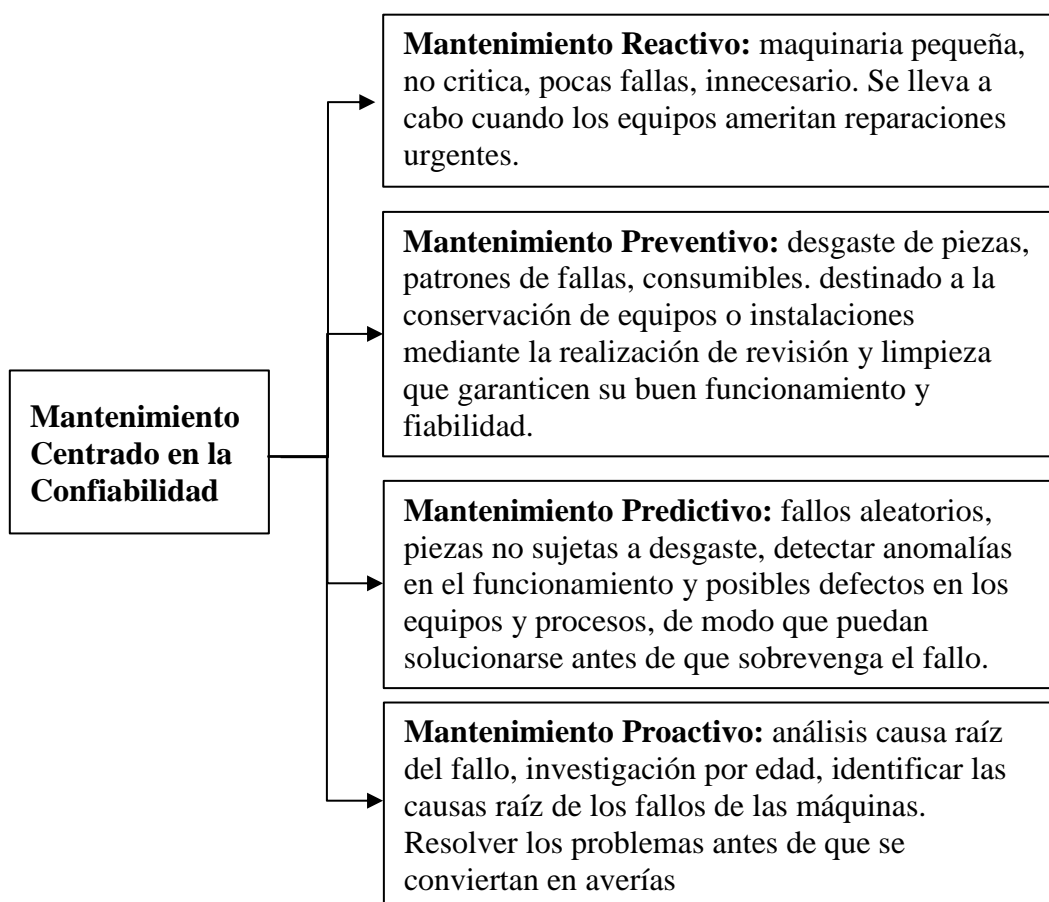
El RCM utiliza técnicas de mantenimiento reactivo, preventivo, predictivo y proactivo en forma conjunta para aumentar la confiabilidad de una máquina. Este enfoque que aplica técnicas de manera integrada es necesario ya que cada una por si sola resulta escasa para comprender los problemas de un equipo.

Primeramente, se estudia todas las posibles causas que puede provocar un fallo

en el equipo y luego se determina la mejor estrategia de mantenimiento para suprimir los fallos.

En un sistema los fallos pueden tener más de un modo de fallo, esto quiere decir que hay más de una forma en la que se pueden generar consecuencias, por lo tanto, para identificar estos modos de fallo correctamente se divide el sistema en subsistemas para su estudio en profundidad.

Para simplificar, el RCM es una herramienta que marca un camino para estudiar y actuar sobre las causas de fallo de los equipos persiguiendo su confiabilidad, es decir, su capacidad de funcionar siempre bien.



## **Capítulo II- Situación actual**

La empresa Todo Obras S.R.L funciona desde el año 2009, es una empresa de mediana envergadura y está dedicada a la generación eléctrica aislada y al servicio integral en obras civiles e industriales.

Se encuentra ubicada en Celestino Burgos 1928 en la ciudad de Salta, Argentina y su servicio se presta en 19 localidades de la provincia de Salta, totalizando 18 instalaciones cada una con su respectivo grupo generador.

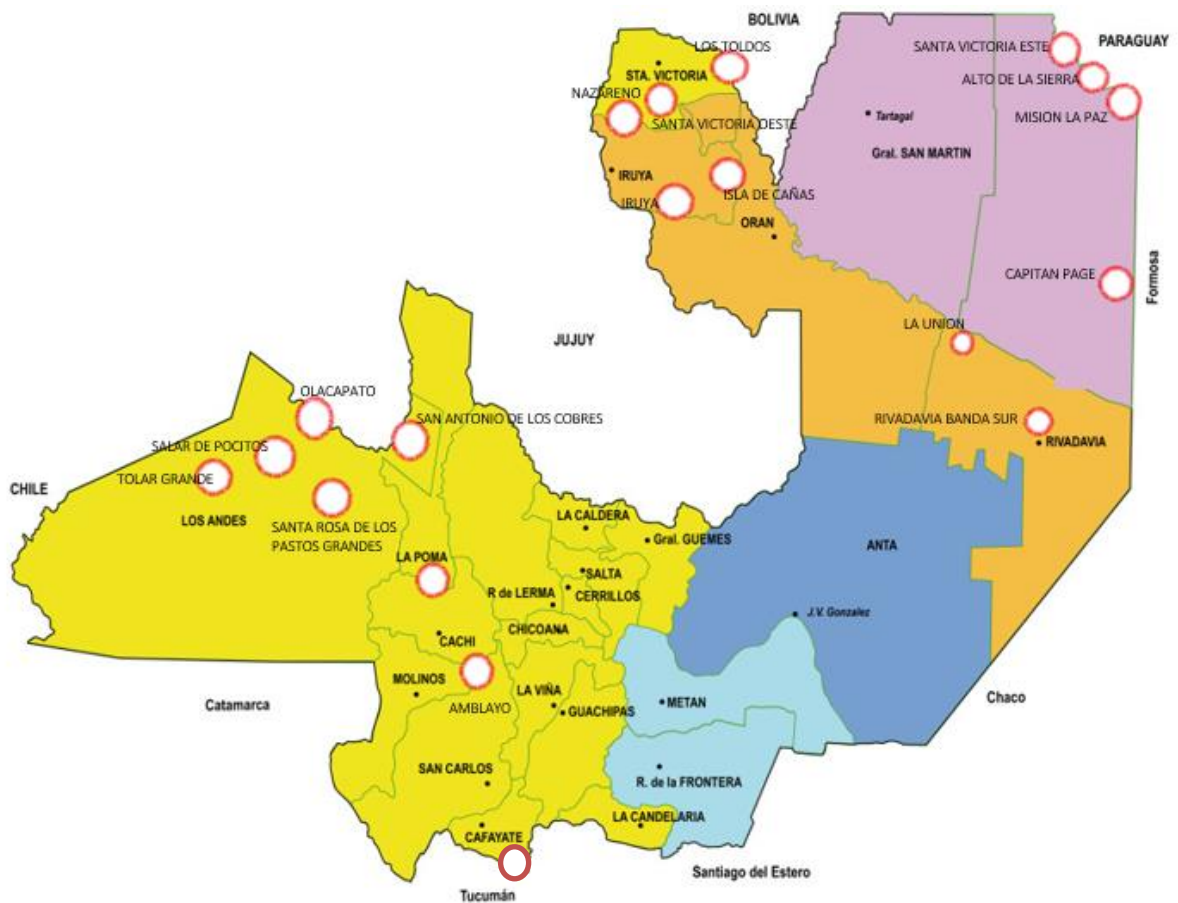
### **Tipo de demanda**

La demanda de los pueblos que utilizan el servicio de energía suministrado es:  
Consumo familiar.  
Consumo Hotelero. (comercial)  
Consumo alumbrado público.

### **Distribución geográfica**

Localidades que cuentan con generadores del servicio de electricidad a través de los grupos electrógenos de la empresa son: Amblayo, Nazareno, Santa Victoria Oeste, Iruya, Los Toldos, Isla De Caña, Alto De La Sierra, La Poma, Olacapato, Tolar Grande, Santa Rosa De Los Pastos Grandes, Salar De Pocitos, San Antonio De Los Cobres y cobres (funciona a gas).

Reserva Fría: (se encuentran en “stand-by” hasta que sea necesaria su puesta en marcha, debido a “cortes” de servicio en la línea de distribución) Misión La Paz, La Unión, Rivadavia Banda Sur, Capitán Pagés y Chuscha



*Ilustración 1. Centrales de generación aislada en la Provincia de Salta*

### **Elección de Central de Generación Aislada**

Para desarrollar la problemática se elige la localidad de Santa Rosa de los Pastos Grandes ubicada en el departamento de Los Andes de la Provincia de Salta en la zona valle de altura, cercana a la puna de Atacama y a los pies del volcán Quevar, está situada a una altitud de 4056 msnm y se llega al lugar por la Ruta Provincial N° 129.

Se optó por esta central porque es la que cuenta con una permanencia de los grupos electrógenos más constante y esto permite tener datos regulares y concretos para el pronóstico de consumo.

Esta región se caracteriza por estar expuesta a situaciones climáticas extremas, ya que cuenta con un clima de montaña seco y frío que tiene gran amplitud térmica diaria, llegando a temperaturas de -20°C.

En Santa Rosa de los Pastos Grandes no hay red de gas domiciliaria lo que implica que las cocinas y calefacciones son eléctricas.

En la actualidad la distribución de energía eléctrica se realiza con una red de baja tensión desde la central de generación eléctrica de Edesa de manera directa.

La central cuenta con dos equipos electrógenos:

Perkins: 100 kva nominal

Scania: 200 kva nominal

El almacenamiento de gas oíl para estos grupos es realizado en un tanque estacionario con una capacidad de 15.000 litros lo que permite un abastecimiento para 50 días en verano y 35 días en invierno aproximadamente.

Entre los edificios que conforman la localidad podemos mencionar: escuela primaria y secundaria, departamento de policía, municipalidad, complejo municipal, centro de salud, centro artesanal, hostería, albergue turístico, iglesia, oficina de turismo y centro de integración urbana. Estos edificios hacen al consumo de energía además de las viviendas de familia.



*Ilustración 2. Central térmica Santa Rosa de los Pastos Grandes*



*Ilustración 4. Grupo electrógeno central térmica Santa Rosa de los Pastos Grandes*



*Ilustración 3. Grupo electrógeno central térmica Santa Rosa de los Pastos Grandes*



*Ilustración 5. Grupo electrógeno central térmica Santa Rosa de los Pastos Grandes*

### **Mano de obra**

En la actualidad, los operarios de central de generación eléctrica son oriundos de la localidad, esto es a los fines de fomentar el trabajo y el desarrollo socioeconómico de las familias que viven allí.

Los colaboradores cuentan con escaso conocimiento técnico específico. Esta situación representa un inconveniente ya que afecta la ejecución y operación de tareas que, en su mayoría, no están automatizadas y necesitan de ciertas aptitudes para que los resultados sean óptimos.

### **Staff de mantenimiento**

El equipo de trabajo para las tareas de mantenimiento está constituido por:

- 8 operarios de la localidad de Salta:

Cuadrilla de mantenimiento (3 cuadrillas):

- 1 Oficial mecánico

- 1 Oficial electricista

Cuadrilla de movimiento de grupos (2 cuadrillas):

- 1 Chofer de camión grúa

### **Vehículos de asistencia**

Los vehículos utilizados para transportar repuestos, herramientas, insumos (aceite, filtros, etc.) y movimientos logísticos son:

- 3 Camionetas 4x2 Ford Ranger

- 2 Camionetas 4x4 Toyota Hilux

- Camión grúa Ford Cargo 1722

- Camión grúa Mercedes Benz EL-BMO 693

- Camión grúa Mercedes Benz 272-710

### **Programa de mantenimiento y aprovisionamiento actual**

La empresa no cuenta con un programa de mantenimiento concreto que tenga como fin fijar anticipadamente las fechas exactas de actividades de conservación de los equipos.

Los generadores son reparados pero este mantenimiento es efectuado de forma rudimentaria, ya que se ocupan de fallas que requieren de atención inmediata o de urgencia, sin anticiparse a las mismas, realizando un mantenimiento

Por otra parte, la central no cuenta con ningún procedimiento automatizado, las mediciones, registros y tareas son realizadas de manera manual por los operarios de turno.

Con respecto al aprovisionamiento de combustible, no hay un estudio que realice proyecciones de los requerimientos de consumo en las distintas estaciones del año en cada pueblo, como tampoco el aumento de la demanda energética con el crecimiento poblacional, pese a lo cual se suma la coordinación de viajes de distintos tipos de camiones cisterna que en función de su tamaño y capacidad pueden atravesar caminos con, mayor o menor dificultad dependiendo de la geografía y rutas de las localidades.

En este contexto hay que tener en cuenta que el combustible utilizado para los equipos que se sitúan en la puna es un tipo de gas oíl especial que tiene un punto de congelamiento más bajo que el convencional y es denominado Gas Oíl Patagónico obtenido de refinerías del sur del país.

### **Análisis FODA**

Se elabora un análisis FODA, donde se reflejan las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas que se detectaron de la empresa y su funcionamiento para visualizar oportunidades de mejora.

<b>FORTALEZAS</b>	<b>OPORTUNIDADES</b>	<b>DEBILIDADES</b>	<b>AMENAZAS</b>
-Apoyo de EDESA con recursos. -Conocimiento de mercado. -Única empresa con contrato para la prestación del servicio de generación aislada de energía. -Flexibilidad para el cumplimiento del servicio. -Personal administrativo y técnico capacitado.	-Incorporar el uso de nuevos equipos para el trabajo. -Capacitar operarios de localidades alejadas. -Implementación de auditorías internas en cuanto al sistema de mantenimiento. -Realizar un archivo actualizado de máquinas con un programa maestro de mantenimiento. -Mejorar coordinación entre áreas.	-Maquinaria sin un adecuado plan de mantenimiento. -Falta de capacitación en cuestión de mantenimiento y seguridad. -Falta de seguimiento y evaluación de desempeño. -Falta de coordinación de personal en algunas áreas.	-Aumento en el precio de materias primas. -Contingencias ambientales. -Condiciones medio ambientales. -Rutas con difícil acceso.

*Tabla 2. Análisis FODA*

### **III- Aplicación de procedimientos para lograr el objetivo de mejora continua**

#### **1. Identificación y definición de problemas actuales y sus efectos**

Con el fin de comprender cuales son los problemas actuales y porque surgen se realizan diagramas de Ishikawa conocidos también como el diagrama de pescado o causa efecto.

Los diagramas de causa efecto, ilustran la relación entre las características (los resultados de un proceso) y aquellas causas que, por razones técnicas, se considere que ejercen un efecto sobre el proceso. Permite que se resuman todas las relaciones entre las causas y los efectos de un proceso. Son útiles para promover la mejora de un proceso según prioridades, acumular y organizar los conocimientos, consolidar las ideas de todos los empleados sobre las actividades relacionadas con el control.

También son útiles para toda clase de actividades de relacionadas con la calidad, la cantidad, plazos de entrega y control de costos durante el desarrollo de nuevos productos, construcción de nuevas plantas, etc. Es uno de los métodos más importantes para la promoción y la puesta en práctica del control de Calidad.

Para poder trabajar con esta herramienta, primeramente, hay que definir cuáles son los problemas detectados sobre los cuales se quiere proponer soluciones o medidas remedio

Se identificaron los siguientes problemas a considerar:

1. Alimentación irregular de taque diario.
2. Abastecimiento de combustible sin planificación.
3. Tanques de reserva de combustible expuestos a las condiciones climáticas.
4. Reparación de fallas en grupos electrógenos sin planificación.
5. Fallas recurrentes en grupos generadores.

Luego de este diagnóstico externo se realiza una lluvia de ideas, donde se profundiza y se reflexiona el análisis de los diferentes motivos que acompañan a que estos problemas ocurran.

#### **Alimentación irregular de tanque diario**

Este tanque se encuentra conectado a los tanques estacionarios de 15000 litros y alimenta directamente al generador. El principal inconveniente es que el suministro se realiza mediante una bomba manual manejada por el operario de turno, que lleva un registro de lo que se carga en el tanque, el cual es el consumo a lo largo del día anterior. Esta forma de trabajo ocasionó errores en las mediciones diarias que son registradas para el control del cliente (EDESA)y, debido a la negligencia o falta de perspicacia de los operarios, podría llegar a ocasionar un derrame de combustible por rebalse, lo cual

generaría grandes pérdidas económicas y ambientales.

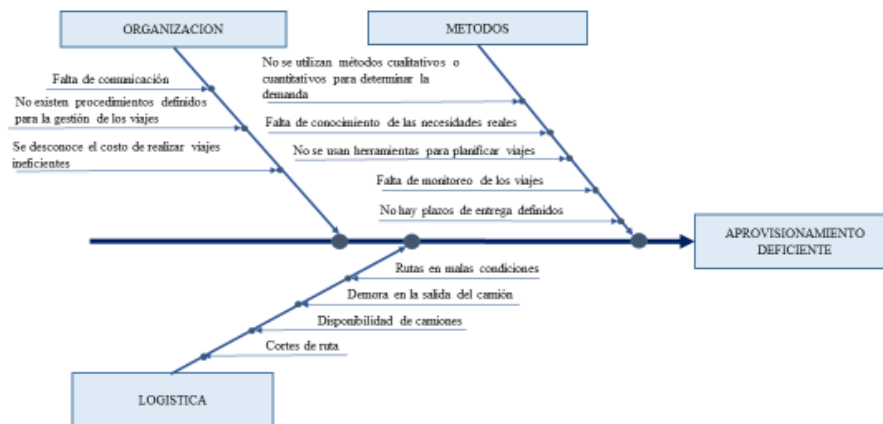
Para tratar esta problemática se utilizó la metodología “Informe A3” para analizar la situación y se realizaron los siete pasos que propone el modelo plasmándolos en una hoja resuelta en la página 100 del anexo (Informe A3: Alimentación irregular tanque diario).



Ilustración 6. Diagrama de Ishikawa alimentación irregular tanque diario

### Aprovisionamiento de combustible sin planificación

El aprovisionamiento de combustible para alimentar los tanques de reserva no cuenta con estrategias de logística. Los pedidos de combustible sin un correcto estudio de la demanda provocan faltantes del mismo en ciertas ocasiones, o sobrantes que, al no poder ser almacenados en los tanques antes mencionados, implican el retorno del camión de suministro o son depositados en otros contenedores que no están preparados para tal fin. Esto genera costos de logística que podrían ser evitados.



*Ilustración 7. Diagrama de Ishikawa aprovisionamiento de combustible sin planificación*

### **Tanques de reserva de combustible expuestos a las condiciones climáticas.**

Los tanques de almacenamiento de combustible, cuentan con una capacidad de 15000 litros y están ubicados a cielo abierto alejados del generador, conectados al tanque de alimentación diario por bombas.

En la época invernal, los tanques se encuentran expuestos a bajas temperaturas y el combustible corre el riesgo de congelarse.

Otro problema radica en que luego de un plazo de aproximadamente seis meses el combustible almacenado pierde su vida útil, ya que comienza un proceso de oxidación y se forma una sustancia más densa e insoluble que ocasiona fallas en las bombas de combustible de alimentación de los generadores, como así también en los filtros y bombas de los mismos generadores. Esto se soluciona mediante una purga, en la que cientos de litros son desechados (con los costos de aprovisionamiento y disposición adjuntos, además de su valor en sí). Esto podría haber sido evitado con un correcto aprovisionamiento en función de la demanda, ya que se lograría equilibrar la cantidad de combustible necesario sin tener que almacenarlo e inmovilizarlo por mucho tiempo.

Los factores que afectan la degradación y por consiguiente la vida útil del combustible son:

- El paso del tiempo
- La presencia de oxígeno
- La incidencia de la luz

- Exposición a altas temperaturas
- Presencia de metales que actúan como catalizadores
- Presencia de agua

### **Reparación de fallas en grupos electrógenos sin planificación**

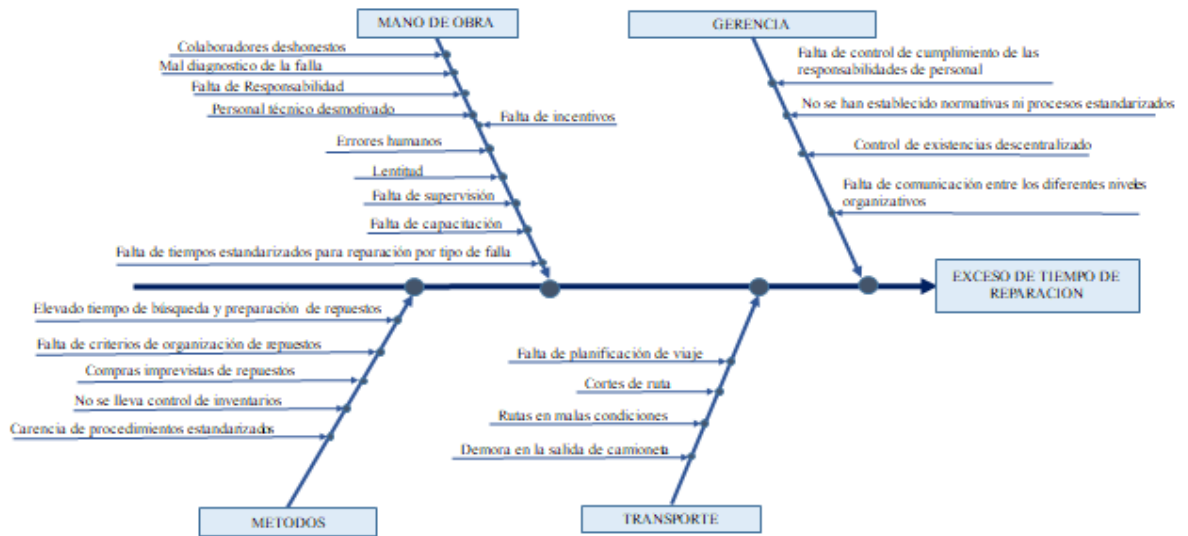
Se ha podido comprobar que en ocasiones los operadores demoran más de lo necesario en realizar una tarea específica provocando costos por ineficiencia. Por una parte, cuando se daña un equipo, y se da aviso a la casa central en Salta Capital, la coordinación del equipo de trabajo para estas situaciones presenta contratiempos ya que se deben organizar días de trabajo, disponibilidad de transporte, de personal y de repuestos.

Por otro lado, una vez que el grupo de trabajo ya se encuentra en la localidad donde está el generador a reparar, se demora el trabajo más de lo necesario, quedándose en la localidad más días de lo justificado, elevando costos de alojamiento, viáticos y posterior compensación de días de descanso, como así también generando un impacto negativo en la disponibilidad de transporte y herramientas.

Para tratar esta problemática se utilizó el procedimiento del ciclo PHVA (planificar, hacer, verificar y actuar). Para ello se realizaron las siguientes actividades:

- Se estableció un grupo de mejora integrado por dos personas.
- Se describió el problema.
- Se definió el objetivo.
- Se hizo un diagnóstico situacional.
- Se hizo un análisis causa raíz.
- Se hizo un plan de acción con medidas remedio.
- Se propone implementar estas acciones.

A futuro cuando se lleven a cabo las acciones propuestas se podrá realizar un análisis de desvíos para conocer el grado con el que se cumple el plan. El procedimiento se encuentra en la página 101 del anexo (PVHA: Reparación de fallas de grupos electrógenos sin planificación).



*Ilustración 8. Diagrama de Ishikawa reparación de fallas en grupos electrógenos sin planificación*

### **Fallas recurrentes en grupos generadores**

Como cualquier máquina, un generador eléctrico necesita mantenimiento periódico realizado por operadores capacitados ya que se trata de equipos de gran envergadura y muy costosos. Además, que cumplen una función tan elemental como el suministro de energía eléctrica a los pueblos.

Actualmente no se cuenta con un programa de mantenimiento con la amplitud necesaria que se anticipe a posibles fallas y lleve un registro histórico.

Entre las fallas más comunes tenemos las siguientes:

Falla en la batería: se debe a la disminución en la carga, a conexiones sueltas o por acumulaciones importantes de sulfato, debido a que esta sustancia suele almacenarse en las placas de la batería impidiendo su funcionamiento.

Fuga de aceite: esta fuga se produce por acumulación de aceite, combustible y otros líquidos.

Fusible fundido: el arranque se puede relacionar con un fusible fundido, para sustituirlo se debe tener conocimiento del amperaje adecuado.

Filtro de aire obstruido o dañado: el motor puede arrancar con esta falla, pero tiene una cierta dificultad cuando lo hace, el motivo puede ser que el depurador este obstruido o dañado.

Presión de combustible inadecuada: el motor puede arrancar, pero lo hace con un funcionamiento irregular, se deben respetar los parámetros de manual.



Ilustración 9. Diagrama de Ishikawa fallas recurrentes en grupos electrógenos

## Conclusiones

Teniendo una visión más amplia de las situaciones que evidencian oportunidades de mejora en la prestación global del servicio, se considera perfeccionar y automatizar los procesos para intensificar un mejor rendimiento de los recursos empleados. Esto lleva a evaluar la eficacia y la eficiencia ambas íntimamente relacionadas con la productividad.

La diferencia entre eficiencia y eficacia es que la primera hace referencia a los recursos utilizados y el resultado que se logró, mientras que por otra parte la eficacia implica el grado en el que se cumplen las tareas planeadas, en otras palabras, mejorar la eficiencia será perfeccionar el uso de los recursos y en cuanto a la eficacia será buscar la mejora en la productividad de los procesos a través de:

- Involucrar al personal adecuado para lograr objetivos de mejora.
- Capacitaciones a los operadores.
- Mejoras en los equipos.
- Definición de operaciones con sus procedimientos.
- Soluciones para registros.
- Planificaciones de mantenimiento.
- Planificaciones de abastecimiento de combustible.

## 2. Planes para la mejora

### Automatización del llenado de tanque de alimentación diario.

El tanque de alimentación diario que está conectado al generador, tiene una capacidad de 1000 litros. Se llena a las 00:00 horas todos los días luego de que alimentó el consumo diario demandado por el generador. Este llenado es provisto por una bomba conectada a los tanques de almacenamiento que cuentan con una capacidad de 15000 litros en general.

Para realizar esta tarea actualmente un operario hace arrancar y parar la bomba de manera manual, el control que realiza es revisar visualmente el nivel del tanque de alimentación, seguidamente con una ecuación calcula los litros consumidos.

Para la automatización del llenado del tanque de alimentación se instrumentarán sensores de nivel que abran y cierren la bomba, permitiendo un control más riguroso de la operación eliminando la necesidad de contar con un operario nocturno.

#### Estrategia de control a utilizar

La estrategia de control a utilizar es el control on/off ya que es un sistema económico y de fácil operación, simple de manejar y mantener.

Es un control en dos posiciones en el cual el elemento final de control se mueve rápidamente entre dos posiciones fijas para un valor único de la variable.

#### Definición de las variables del proceso

1° Nivel de gasoil en tanque de alimentación

Variable de entrada manipulada: arranque, paro de la bomba

Variable de salida: nivel de gasoil

2° Nivel de gasoil en tanque de almacenamiento

Variable de entrada manipulada: arranque, paro de la bomba

Variable de salida: nivel de gasoil

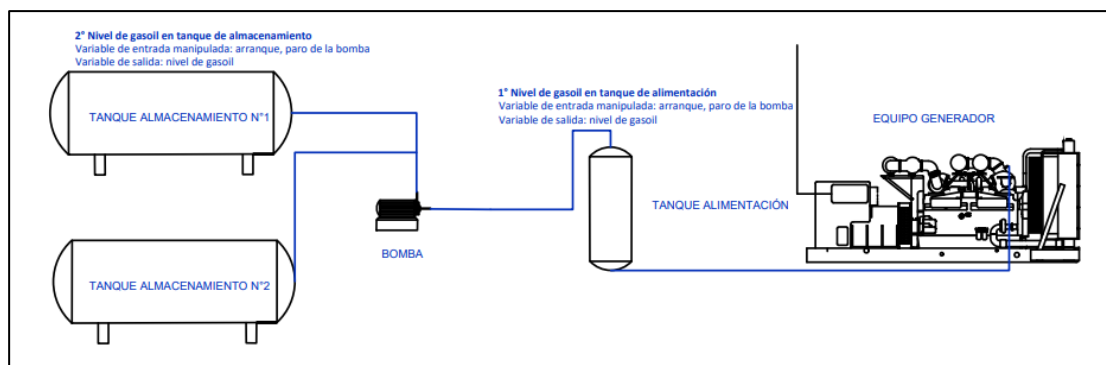


Ilustración 10. Identificación de variables del proceso

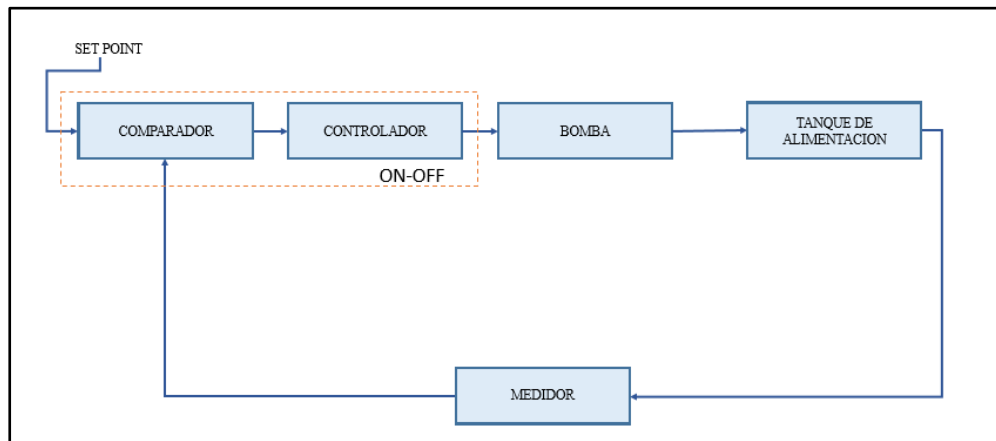


Ilustración 12. Diagrama de control

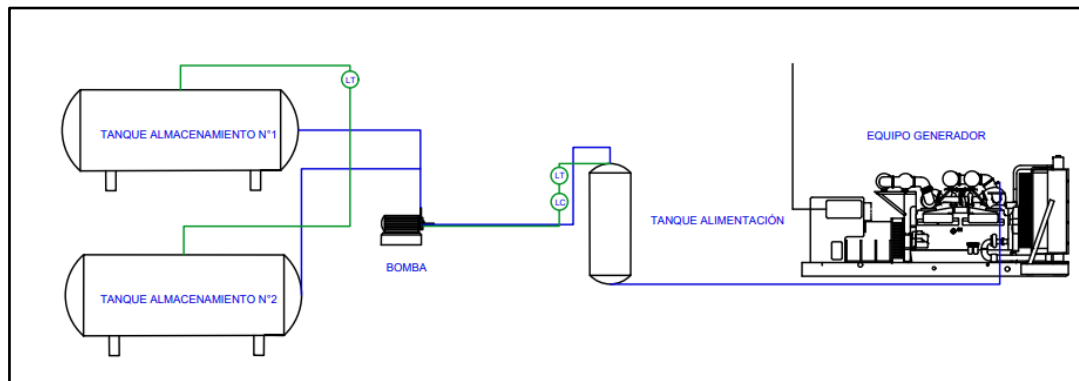


Ilustración 11. Diagrama P&ID

En vez de utilizar un sistema mecánico se usará un sensor de distancia ultrasónico que va ubicado en la tapa del tanque, este sensor emite un pulso de sonido de alta frecuencia que viaja hasta la superficie del combustible, rebota y el tiempo que tarda el sonido en regresar es lo que va a procesar el microcontrolador para calcular la distancia que hay entre el sensor y el nivel de combustible. Con esta información se puede dar la señal de activación del motor que es el que llenar el tanque.

La bomba utilizada es de 220v y no se puede manejar directamente desde el arduino ya que este puede hacerlo solo con voltajes bajos (5v) y corrientes de 40mA como máximo. Para tratar esta dificultad se utiliza un relé que nos permite accionar el contacto con 5v y está aislado de la parte de control, es decir, que desde el arduino va a llegar una señal que va a activar el interruptor y el motor queda conectado a 220v, desde ese momento va a empezar a bombear combustible desde el tanque de almacenamiento hasta el tanque de alimentación

El sensor tiene cuatro cables VCC y GND: son de alimentación, la onda ultrasónica es enviada a través del disparador o trigger, y el receptor o echo detecta la

onda una vez que ya reboto sobre la superficie, conociendo el tiempo que se demora la onda en viajar se puede saber la distancia:

$$V = d/t$$

V: velocidad

d: distancia

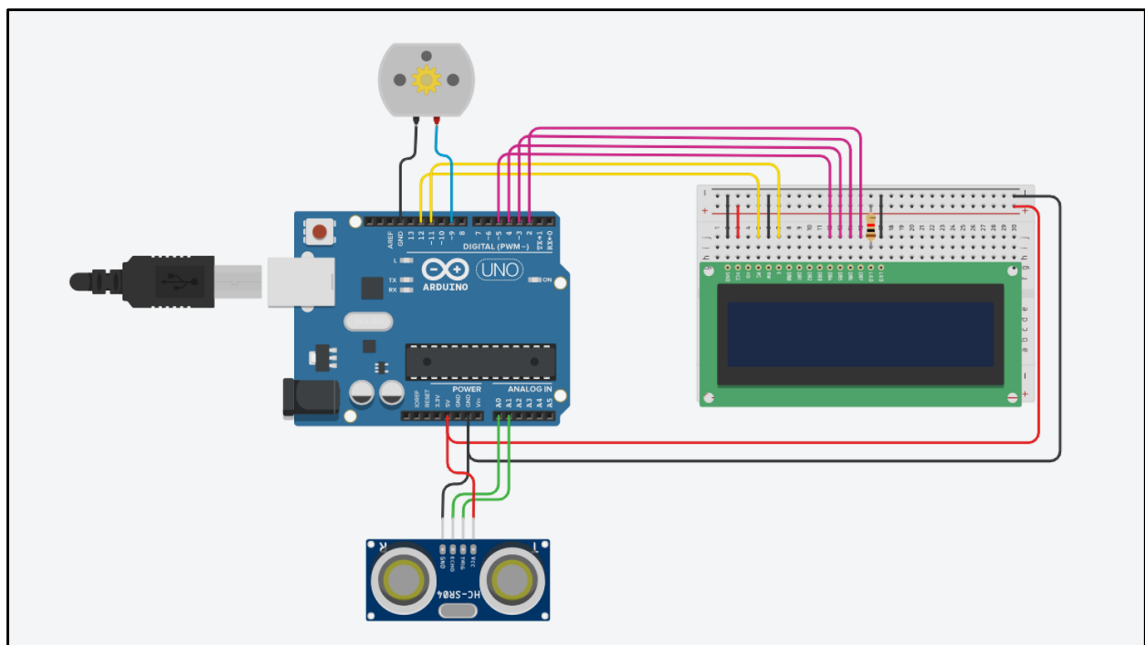
t: tiempo

Utilizando esta información se puede programar el arduino para que:

- Mida y muestre los litros en el tanque a través de una pantalla LCD 16x2.
- Accione la bomba cuando llegue al nivel mínimo y la apague cuando llegue al máximo.

Las dimensiones del tanque de alimentación son 1.65 metros de altura y 0.885 metros de diámetro. Resultando un volumen de 1.01m<sup>3</sup>.

Se define como nivel máximo 1.55 metro y como nivel mínimo 0.25 metros para establecer el set point del paro y arranque de la bomba respectivamente.



*Ilustración 13. Conexiones arduino y sensor*

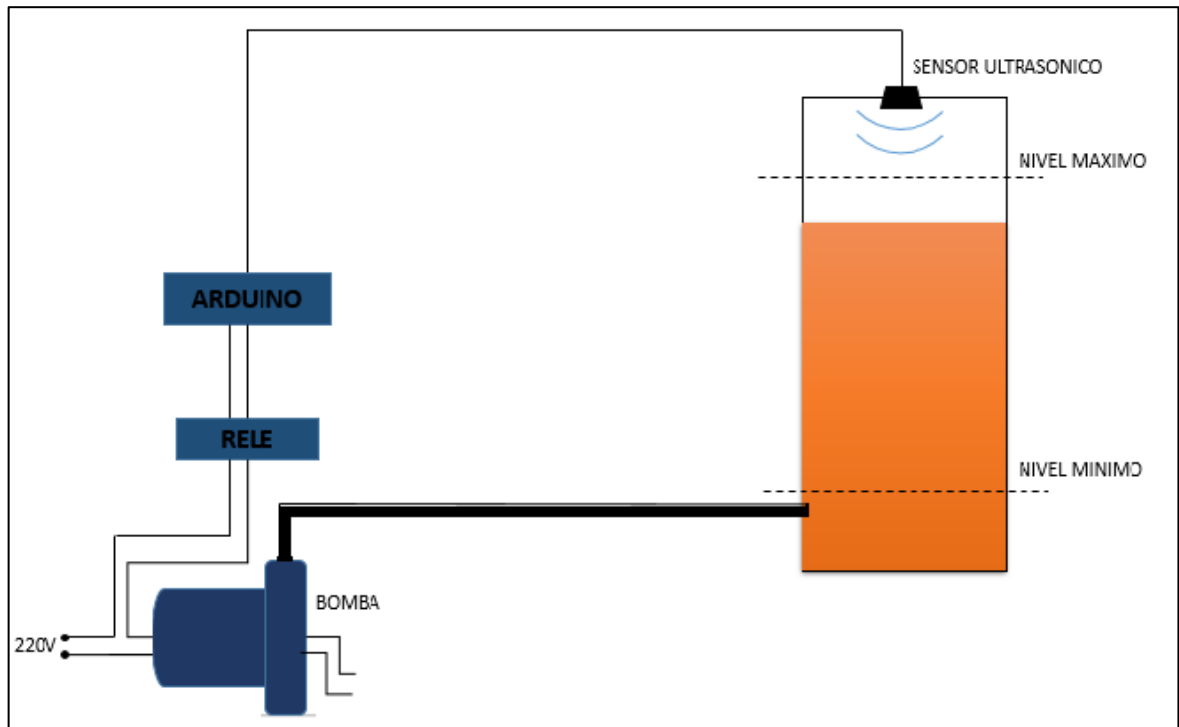


Ilustración 14. Esquema ilustrativo del sistema de control

### Aprovisionamiento de combustible por pronóstico de demanda.

Se realiza un pronóstico con disponibilidad de datos históricos para anticipar la demanda en periodos futuros, el supuesto de bases que los factores que influenciaron el consumo en el pasado continuaran haciéndolo en el futuro.

Para este estudio se utilizaron los consumos históricos de combustible por la central en cuestión, desde septiembre de 2015 hasta agosto de 2019. Con ellos se calcularon los siguientes indicadores:

D.R.= Demanda Real (datos de la realidad).

MMS = Media Móvil Simple

MMP = Media Móvil Ponderada;  $\partial_1=0,5$ ;  $\partial_2=0,3$ ;  $\partial_3=0,2$

SES = Suavizado Exponencial Simple;  $\alpha=0,2$ ;  $P(t-1)$  se calcula con MMP-3P

P.R.= Pronóstico de Regresión Lineal, sobre la base de los datos de la Demanda Real.

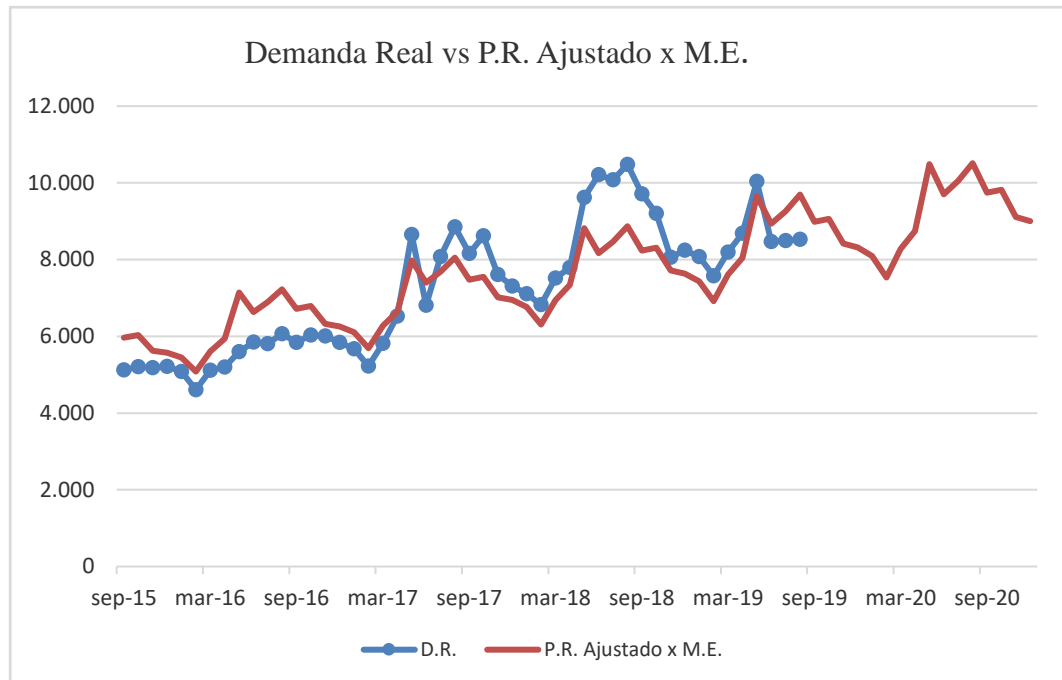
M.E.= Multiplicadores Estacionales= función (Demanda Real/Pronóstico de Regresión)

EPP = Error Promedio del Pronóstico

DAM = Desviación Absoluta Media

SC = Señal de Control o Seguimiento =  $(n * EPP) / DAM$

El grafico obtenido a partir de aplicar métodos de suavización exponencial donde se puede apreciar la tendencia con aumento paulatino y estacionalidad de la demanda.



*Ilustración 15. Gráfico demanda real vs. P.R. Ajustado x M.E.*

A partir de este resultado se estudia el consumo promedio por día desde 1 de septiembre de 2019 hasta del 31 de diciembre de 2020, conociendo:

Consumo diario en litros.

Stock inicial de combustible = 15000 litros

Plazo de entrega del pedido de combustible = 15 días

Stock de reserva para tres días de consumo por demora de llegada del pedido = 1000 litros.

Fecha de pedido de combustible.

Fecha de entrada del pedido de combustible.

Existencia en los depósitos de combustible.

Se puede realizar una logística de aprovisionamiento la cual resulta de 17 viajes de un camión con 8000 litros en 488 días. El desarrollo de este trabajo se encuentra en el archivo Excel (Pronostico) en soporte CD del anexo.

#### **Aditivos para combustible en tanques de almacenamiento.**

Las nuevas fórmulas garantizan una conservación de los combustibles durante periodos superiores a 12 meses, protegiendo el sistema de alimentación e inyección del motor y optimizando la combustión. Esto se debe a los componentes anti herrumbre y

des emulsionantes que incorporan. Incluso los gasóleos, son aditivos que cuentan con una fórmula estabilizante con desactivador de metales, que neutraliza los metales disueltos en este combustible. Además, incorporan un antioxidante reformulado que frena la oxidación natural del gasóleo y un componente dispersante que evita que se depositen partículas insolubles. La combinación de estos elementos prolonga la duración de los gasóleos manteniendo su estabilidad y se consigue que los sistemas de alimentación e inyección del motor estén más limpios, con una mayor protección y un menor coste de mantenimiento.

### **Estudio de tiempos para reparaciones.**

El estudio de tiempos es una técnica utilizada para registrar los tiempos y ritmos de trabajo correspondientes para realizar una tarea según una norma de ejecución establecida previamente.

Una vez que se obtienen los tiempos que fueron resultado de consecutivas repeticiones, se calcula el tiempo estándar, el cual tiene como objetivo estandarizar los procesos y procedimientos dentro de la empresa.

Existen diferentes métodos para la medición de tiempo, en este caso se utilizará el cronometro y se medirá cinco veces el tiempo observado para las tareas de cambio de correa, cambios de filtro de aceite, cambios de filtro de aire. Seguidamente se sacará el tiempo promedio de cada una de estas tareas, tiempo normal, tiempo estándar.

Para conocer el factor de calificación y los suplementos se utilizará el sistema Westing House.

- Tiempo Promedio= suma de todos los tiempos observados/ cantidad de tiempos observados.
- Tiempo Normal= Tiempo Promedio x Factor de Calificación
- Factor de Calificación Westing House =  $1+C$  donde C es el porcentaje de la actuación del trabajador.
- Tiempo Estándar = Tiempo Normal x Factor de Tolerancia
- Factor de Tolerancia =  $1+ \%$  suplementos

OBSERVACION	TAREA		
	CAMBIO DE FILTROS DE ACEITE (min)	CAMBIO DE FILTROS DE AIRE (min)	CAMBIO DE CORREAS (min)
1	19	24	89
2	23	21	78
3	22	23	86
4	24	19	81
5	18	18	83
Tiempo Promedio	21,2	21	83,4
Tiempo Normal	25,228	24,99	99,246
Tiempo Estándar	30,52588	30,2379	120,08766

*Tabla 3. Medición de tiempos*

Suplementos por descanso (tiempo suplementario)		
Suplementos constantes	%	Valor
A. Suplemento por necesidades	5%	0,05
B. Suplemento base por fatiga	4%	0,04
Suplementos variables		
A. Suplemento por trabajar de pie	2%	0,02
B. Suplemento por postura anormal	7%	0,07
C. Uso de fuerza/energía muscular	3%	0,03
Total	21%	0,21

*Tabla 5. Suplementos por descanso*

Porcentajes de calificación en base al sistema W.H.		
Factor	Clasificación	Valor
Habilidad	B2	0,08
Esfuerzo	B2	0,08
Condiciones	C	0,02
Consistencia	C	0,01
Total		0,19

*Tabla 4. Porcentajes de calificación*

Porcentajes de calificación de la actuación del Sistema Westing House					
Destreza o Habilidad		Esfuerzo o Empeño			
0,15	A1	Extrema	0,13	A1	Excesivo
0,13	A2	Extrema	0,12	A2	Excesivo
0,11	B1	Excelente	0,1	B1	Excelente
0,08	B2	Excelente	0,08	B2	Excelente
0,06	C1	Buena	0,05	C1	Bueno
0,03	C2	Buena	0,02	C2	Bueno
0	D	Regular	0	D	Regular
-0,05	E1	Aceptable	-0,4	E1	Aceptable
-0,1	E2	Aceptable	-0,8	E2	Aceptable
-0,16	F1	Deficiente	-0,12	F1	Deficiente
-0,22	F2	Deficiente	-0,17	F2	Deficiente
Condiciones			Consistencia		
0,06	A	Ideales	0,04	A	Perfecta
0,04	B	Excelentes	0,03	B	Excelente
0,02	C	Buenas	0,01	C	Buena
0	D	Regulares	0	D	Regular
-0,03	E	Aceptables	-0,02	E	Aceptable
-0,07	F	Deficientes	-0,04	F	Deficiente

*Tabla 6. Porcentajes de calificación Sistema Westing House*

A pesar de que el número de muestras es muy acotado, se puede concluir que las tareas cambio de filtro de aceite y filtro de aire demoran aproximadamente 30 minutos y el cambio de correas 120 minutos.

Si bien estas tareas son solamente tres de todas las que se realizan en la central para realizar el mantenimiento demuestran que se puede obtener el tiempo para estandarizar las mismas.

### **Programa Maestro de Mantenimiento Preventivo**

Se llama así al conjunto de tareas que es necesario llevar a cabo para recuperar las prestaciones perdidas, o para compensar el desgaste que ha tenido un equipo. Este proceso de mantenimiento que involucra cronogramas de ejecución de actividades programadas, instrucciones, datos y códigos involucrados en la prevención de los equipos.

El mantenimiento puede ser diario como en el caso de órdenes de trabajo de reparaciones menores, inspecciones visuales, etc; o programado con mucha anterioridad ya que tiene influencia en diversas actividades e involucra recursos humanos, materiales como ampliaciones de capacidad, mejoras tecnológicas, etc.

Existen tres maneras de identificar las tareas de un plan de mantenimiento que son:

- Usar instrucciones del fabricante
- Usar protocolos genéricos de mantenimiento previamente elaborados
- Realizar un análisis previo de fallos (RCM)

Por otra parte, algunas de las actividades que se llevan a cabo en un programa de mantenimiento son:

- Actividad de observación: inspecciones sensoriales, lectura y anotación de parámetros de funcionamiento. Sirve para verificar el correcto funcionamiento (eficiencia, seguridad y rentabilidad económica) de la máquina. Esta actividad se puede llevar a cabo con periodos definidos.
- Actividad de conservación: son aquellas que se encargan de minimizar las diferencias entre el estado actual y el teórico del equipo manteniendo sus capacidades de prestación, se realizan limpiezas, verificaciones mecánicas y eléctricas.
- Actividad de reparación: pueden ser programadas o no programadas, esta última es en el caso de una falla repentina.
- Actividad de cambio: intercambio de las piezas que cumplieron su ciclo de vida por unas nuevas.

Para el programa de mantenimiento se debe incluir la siguiente información:

- Especialidad del trabajo
- Frecuencia con la que debe realizarse
- Duración estimada de la realización de la tarea
- Especificar si el equipo debe estar parado en o marcha para realizar la tarea.

En el momento que se hace evidente una falla, se deben tener en cuenta los siguientes factores:

Operacionales: disminución de la prestación del servicio, retrasos ocasiona incumplimientos.

Costos: se pueden producir gastos que eran innecesarios y que podrían haber sido evitados con la implementación de un programa de mantenimiento.

### **Sistema informático**

Usar un software de gestión de mantenimiento es fundamental para optimizar el buen funcionamiento. Sirve para conocer el pasado y organizar el futuro de las operaciones en base a análisis de datos que permiten obtener información a partir de la

cual se pueden elaborar indicadores para la toma de decisiones. Es por esto que el uso de este tipo de herramientas logra ventajas estratégicas teniendo en cuenta las operaciones actuales y anticipándose a las previsiones futuras.

Al implementar un software de mantenimiento se puede planificar, ejecutar, controlar y llevar un registro de costos. Esto mejora el control de las actividades realizadas ya que permite organizar el personal, los recursos y tener conocimiento de cuando se debe parar la máquina.

Para implementar un sistema informático de mantenimiento se necesita:

- Equipos: se debe tener la información o ficha técnica de los mismos.
- Planes de trabajo: conservar información correspondiente a la actuación de las ordenes de trabajo para el mantenimiento preventivo programado.
- Referencia histórica de los equipos: llevar un registro de todas las tareas realizadas sobre un equipo, "hoja de vida del equipo".
- Planificación y programación de órdenes de trabajo: alertas de trabajos en espera y/o programados.
- Ejecución y control: implica registrar la realización de las ordenes de trabajo y observar el desempeño recomendando acciones correctivas o indicando grados de conformidad, cumplimiento de objetivos.
- Referencia de costos: brinda una apreciación de los recursos usados para llevar a cabo una orden de trabajo, los costos vinculados a un determinado equipo.

### **Elaboración del programa de mantenimiento**

Para que las operaciones de mantenimiento se realicen de manera óptima tiene que haber una correcta guía de todas las actividades involucradas y los insumos que se necesitan (herramientas y repuestos) como también un conocimiento y comprensión de los operadores de las tareas, aspectos técnicos y seguridad en el trabajo.

La fijación de frecuencias es muy importante ya que en base a ello solamente se logrará una buena programación de tareas.

El mantenimiento por frecuencias puede ser discriminado de dos maneras: de alta frecuencia, como las tareas diarias y de baja frecuencia para tareas mensuales, semestrales o anuales.

Para abordar el programa de mantenimiento primeramente se realizan las siguientes guías genéricas para todos los grupos generadores de la empresa. Estas guías

son un conjunto de tareas que hay que realizar sobre el mismo tipo de equipo (sin considerar el fabricante) cada una cantidad de horas de funcionamiento específicas.

Tareas de revisión diaria - 24 horas			
SISTEMA	ACTIVIDADES	ESP.	INTERVALO (Hr)
Sistema de inducción	Inspección visual temperatura , control de parámetros, voltaje, frecuencia, potencia.	Operario central	24
Sistema de combustible	Verificación de nivel de combustible	Operario central	24
Sistema de lubricación	Inspección visual de temperatura, control de nivel de aceite y fugas, completar faltante	Operario central	24
Sistema de enfriamiento	Inspección visual temperatura , control de nivel y fugas de refrigerante, estado de bandas	Operario central	24
Sistema de admisión	Inspección visual sonidos anormales, revisión de fugas de aceite	Operario central	24

*Tabla 7. Tareas de revisión cada 24 horas*

Tareas de revisión cada 170 horas			
SISTEMA	ACTIVIDADES	ESP.	INTERVALO (Hr)
Sistema de combustible	Realizar limpieza general	Operario central	170
Sistema de admisión	Realizar limpieza general	Operario central	170
Sistema de enfriamiento	Realizar limpieza general	Operario central	170
Sistema de lubricación	Realizar limpieza general	Operario central	170
Sistema de control	Inspección visual, test de lámparas, funcionamiento de alarmas, funcionamiento de medidores ( V-A-P-Hz- Horómetro)	Operario central	170

*Tabla 8. Tareas de revisión cada 170 horas*

Mantenimiento cada 250 horas			
SISTEMA	ACTIVIDADES	ESP.	INTERVALO (Hr)
Sistema de combustible	Realizar una purga para drenar impurezas	Operario central	250
Sistema de enfriamiento	Realizar limpieza de filtro de aire	Operario central	250
Sistema de inducción	Realizar análisis de vibraciones	Operario central	250

*Tabla 9. Mantenimiento cada 250 horas*

Mantenimiento >400 horas			
SISTEMA	ACTIVIDADES	ESP.	INTERVALO (Hr)
Sistema de lubricación	Realizar cambio de filtro y de aceite	Operario central	400
Sistema de combustible	Realizar cambio de filtro de combustible	Operario central	600
Sistema de enfriamiento	Realizar cambio de filtro de aire	Operario central	800

*Tabla 10. Mantenimiento >400 horas*

Tareas de mantenimiento cada 1200 horas			
SISTEMA	ACTIVIDADES	ESP.	INTERVALO (Hr)
Sistema de enfriamiento	Realizar cambio de refrigerante	Operario central	1200
Sistema de enfriamiento	Realizar limpieza de radiador y ventilador	Operario central	1200
Sistema de lubricación	Realizar un análisis del aceite a partir de una muestra y de la presión de la bomba	Mecánico	1200
Sistema de combustible	Realizar mantenimiento o recambio de cañerías dañadas	Mecánico	1200
Sistema de control	Control de fusibles en buen estado, cableado, reajuste de contactos	Operario central	1200
Sistema de inducción	Realizar una inspección de termografía y vibraciones	Eléctrico	1200
Sistema combustible	Ajustar válvulas	Mecánico	1200

Sistema de admisión	Realizar cambio de correas de motor	Mecánico	1200
Sistema de admisión	Realizar cambio de retenes y juntas de motor	Mecánico	1200

*Tabla 11. Tareas de mantenimiento cada 1200 horas*

Tareas de mantenimiento cada 3200 y 4000 horas			
SISTEMA	ACTIVIDADES	ESP.	INTERVALO (Hr)
Sistema de enfriamiento	Cambio de mangueras de presión	Operario central	3200
Sistema de inducción	Verificar conexiones eléctricas y limpieza de bornes, aislación de conductores reparar/cambiar adecuadamente en caso de desgaste	Eléctrico	3200
Sistema de inducción	Limpieza son soplete del generador	Eléctrico	3200
Sistema de combustible	Limpieza general con aire a presión y lubricación de componentes	Eléctrico	3200
Sistema de inducción	Controlar el correcto nivel de aislación de devanados del estator	Eléctrico	3200
Sistema de enfriamiento	Realizar cambio de termostato	Mecánico	3200
Sistema de admisión	Realizar cambio de termostato	Mecánico	3200
Sistema de enfriamiento	Realizar mantenimiento o cambio de la bomba de agua	Mecánico	4000
Sistema de combustible	Realizar mantenimiento o cambio de la bomba de combustible	Mecánico	4000

*Tabla 12. Tareas de mantenimiento cada 3200 y 4000 horas*

Tareas de mantenimiento cada 6500 horas			
SISTEMA	ACTIVIDADES	ESP.	INTERVALO (Hr)
Sistema de combustible	Desmontaje y desarme completo de motor	Mecánico	6500
Sistema de combustible	Revisión y medición del eje cigüeñal	Mecánico	6500
Sistema de combustible	Revisión y medición túnel de bancada	Mecánico	6500
Sistema de combustible	Revisión y medición eje de levas	Mecánico	6500
Sistema de combustible	Cambio de empaquetaduras y sellos	Mecánico	6500
Sistema de combustible	Cambio de metales bancada, bielas y levas	Mecánico	6500
Sistema de combustible	Cambio de rodamientos	Mecánico	6500
Sistema de inducción	Revisión alternador, motor de arranque, devanados	Eléctrico	6500
Sistema de inducción	Mantenimiento y recambio rodamientos alternador principal	Eléctrico	6500
Sistema de inducción	Revisión panel de control y cambio de baterías	Eléctrico	6500

*Tabla 13. Tareas de mantenimiento cada 6500 horas*

### **Empleo de guías de mantenimiento**

Para llevar a cabo las tareas de mantenimiento del equipo generador, se debe tener en cuenta las horas de funcionamiento, que, en este caso, el equipo opera continuamente, es decir, del tipo Full Prime.

Teniendo en cuenta esta condición, los intervalos de mantenimiento son más cortos y para llevarla a cabo se utilizará un Plan Maestro de Mantenimiento tomando una base temporal anual.

En la confección Plan Maestro de Mantenimiento se lleva un registro detallado de:

- Localidad
- Equipo
- Sistema
- Descripción de orden de trabajo
- Actividades
- Especialista

- Estado (en marcha/detenido)
- Intervalo con unidades de tiempo
- Duración con unidades de tiempo
- Cantidad de personal
- Total, de horas hombre
- Fecha Horómetro
- Horómetro equipo
- Fecha ultima ejecución
- Hora ultima ejecución
- Horas desde la última tarea
- Horas para la próxima tarea
- Tasa de servicio diaria
- Fecha aproximada próxima tarea
- Planificar
- Prioridad/días
- Programar
- Tarea realizada
- Observaciones

El desarrollo de este plan se puede apreciar en el archivo Excel PHVA, en soporte CD del anexo.

#### **Almacén de repuestos**

Para poder cumplir óptimamente con un plan de mantenimiento es necesario conocer la cantidad de repuestos que se debe tener.

Se debe tener en cuenta que algunos repuestos necesitan estar en el almacén por la naturaleza de su frecuencia de cambio y otros pueden ser solicitados anticipadamente a las operaciones de mantenimiento realizadas con periodos más largos a los proveedores teniendo conocimiento de los plazos de entrega (preferiblemente cortos) evitando costos por capital inmovilizado.

Los repuestos pueden ser clasificados en los siguientes grupos:

- Piezas sometidas a desgaste y abrasión: cojinetes, retenes, juntas
- Consumibles: filtros y lubricantes
- Elementos de regulación y mando: válvulas, muelles, cigüeñales, etc.
- Piezas móviles: engranajes, ejes, correas, cadenas, reductores, etc.
- Componentes electrónicos:
- Piezas estructurales: bastidores, soportes, basamentos, etc.

A los fines de determinar cuáles son los repuestos que deberían estar en el almacén es necesario tener conocimiento de los siguientes factores; por una parte, hay que determinar el grado de importancia de los repuestos para el equipo, es decir, que hay repuestos que son más críticos que otros. También basándose en la experiencia es posible determinar cuáles son las fallas más comunes y los repuestos utilizados con más frecuencia como así también los repuestos, materiales, herramientas e insumos de uso

común para todos los equipos y de los operadores.

Aquellas piezas cuyo plazo de aprovisionamiento es muy largo deberán estar en el almacén de repuestos.

Finalmente, las piezas que representen un costo muy elevado para el almacén, no deberán ser guardadas en el mismo. Lo que puede retrasar su recambio sería un mantenimiento predictivo sobre las mismas.

Luego de tener en cuenta lo anterior, se confecciona una base de datos que es parte del sistema informático de mantenimiento propuesto.

<b>Código</b>	<b>Nombre</b>	<b>Cantidad En Almacén</b>	<b>Uso</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Observaciones</b>

*Tabla 14. Base de datos de repuestos e insumos*

Con esta base de datos de repuestos se consigue asegurar su disponibilidad para los mantenimientos programados o fallas imprevistas.

#### **Tablero de control operativo**

Un tablero de control o dashboard es una herramienta que muestra de manera integrada y resumida el resultado de indicadores que ayudan a conocer la situación actual en pos de lograr objetivos y facilitado de esta manera la toma de decisiones.

Este tablero sirve para hacer un seguimiento, del estado de situación de un sector o proceso de la empresa, para poder tomar a tiempo las medidas correctivas necesarias. El tablero debe proveer la información que se necesita para entrar en acción y tomar decisiones operativas en áreas como las finanzas, compras, ventas, precios, producción, logística, entre otras.

En el mismo sistema informático se incluye un tablero de control que lleve la información para confeccionar los siguientes indicadores:

- Numero de fallas mensuales por equipo.
- Numero de fallas mensuales totales.
- Consumos de repuestos mensuales por equipo.
- Consumos de repuestos mensuales totales.
- Detección mensual y anual del equipo con más fallas.
- Numero de órdenes de trabajo mensuales y anuales por equipo.

De esta manera el sistema informático quedaría compuesto por los siguientes menús:



*Ilustración 16. Menú sistema informático*

### 3. Puesta en marcha de soluciones propuestas

#### Caso Practico SCANIA DC16071A

A continuación, detallaremos un caso práctico del análisis de metodología RCM, aplicado a un ~~equipo~~ Diesel Scania.

<b>Genset Specification</b>	<b>Unit</b>	<b>50 Hz, 1.500 Rpm Eu Stage Iiia Compliant</b>
Scania Engine Type		Dc16071a
Number Of Cylinders		V8
Displacement	Litre	16.4
Aspiration		Turbocharged
Alternator		Meccalte
Frequency	Hz	50
Engine Speed	Rpm	1.500
Fuel Tank Capacity	Litre	965

*Tabla 15. Datasheet SCANIA DC16071A*

**Hoja de componentes SCANIA DC16071A**

<b>HOJA DE COMPONENTES SCANIA DC16071A</b>						
<b>Sistema</b>	<b>Componentes</b>	<b>Subcomponenetes</b>	<b>Importancia ABC</b>	<b>FALLAS</b>	<b>Soluciones</b>	
<b>MOTOR</b>	Culata	Culata	A	Perdida de aceite, perdida de compresión, fisuras	R	
		Tapa de culata	C	Perdida de aceite	C	
	Bloque motor	Bloque del motor	A	Fisuras, perdida de aceite, desgaste en camisas.	R	
		Cubierta del volante motor, siluminio	C	no suele fallar	R	
		Cubierta del volante motor, hierro nodular	C	no suele fallar	R	
		Cárter de aceite, chapa de acero	C	Rajaduras por vibraciones, rotura por golpes con elementos externos	R	
		Cárter de aceite	A	Perdida de aceite	R	
		Carcasa de la distribución	C	Rajadura por vibración	R	
		Ventilación del cárter, dirigido hacia abajo	B	Rotura de aspas	C	
		Ventilación del cárter, dirigido hacia arriba	B	Rotura de aspas	C	
		Ventilación del cárter, centrado	B	Rotura de aspas	C	
			Tren alternativo	A	Golpeteo del cigüeñal	C

Tren alternativo	Tren alternativo SLA	A	Golpeteo de las bielas	C
	Pistón	A	Desgaste, perforación, fisura	C
	Amortiguador de vibraciones	B	Fisura o desintegramiento por centrifugación	C
Distribución	Distribución	A	Corte de correa / cadena/ rotura de engranajes	C
Sistema de Lubricación	Bomba de aceite	A	Baja presión de aceite, perdidas de aceite	R
	Purificador centrífugo de aceite	A		R
	Enfriador de aceite	A		C
	Lubricación, turbocompresor, turbo en montaje lateral (Normal y en alto)	A	Rotura del turbo por falta de lubricación, perdida de aceite	R
	DS/DSI11	A		R
	DS11 95 A46S	A		R
	Varilla de nivel	C		R
	Varilla de nivel LH	C	Perdida de aceite	R
	Varilla de nivel DS 11 95 A46S	C		R
	Llenado de aceite, bloque motor	B		R
	Llenado de aceite, carcasa de la distribución	B		R
	Presostato de aceite, monitor presión aceite	A		R
	Vaciado de aceite, bomba	C	Perdida de aceite / baja presión de aceite	R
	Vaciado de aceite, llave	C		R
	Válvula reductora de presión	A		R
Colector de Escape	Colector de escape, turbo en montaje lateral	B	ruido del motor será un ruido más “grave” e intenso	R

<b>MOTOR</b>		Colector de escape, turbocompresor montado en alto	B	Salida de humo y un olor a gases quemados	R	
		DS/DSI11	B		R	
		Turbocompresor	A	El motor carece de energía	C	
			A	Turbo ruidoso	C	
			A	Escape de aceite del sello del compresor	C	
		Colector de Admisión	Colector de admisión, turbo en montaje lateral DS11 A45	B	Paradas del motor	R
			Colector de admisión, turbo en montaje en alto DS11 A46	B	Fallos en los cilindros del motor	R
			Colector de admisión DSC11	B	Carraspeos en el motor	R
			Colector de admisión, turbo en montaje lateral DS11 A46	B	Carbonilla en el sistema	R
			Colector de admisión, turbo en montaje en alto DS11 A47	B		R
		Toma de Aire	Toma de aire (Trabajo liviano y medio)	B	Obstrucción por suciedad - el motor perderá potencia	C
			Toma de aire, Filtro de aire (Trabajo medio)	B		C
			Toma de aire, montado en tapa de volante	B		C
			Toma de aire, montado en el colector de admisión (DS/DSC11 Y DSI11)	B		C
			Filtro de aire	B		C
			Filtro de aire, montado en el colector de admisión	B		C
		Suspensión del motor	Suspensión del motor, blando	C	Rotura por vibración - Las vibraciones incrementaran	C
			Suspensión del motor, firme/ duro D11A	C		C

		Suspensión del motor, firme/ duro D11A/M	C		C	
		Suspensión del motor, versión de fuente motriz	C		C	
		Suspensión del motor, versión de fuente motriz D11A soft suspensión	C		C	
		Suspensión del motor, versión del alternador	C	Rotura por vibración - Las vibraciones incrementaran	C	
	Toma de Fuerza	Toma de fuerza, montaje lateral	A		C	
		Toma de fuerza, montaje lateral SEA B	A		C	
	Cubierta Protectora	Cubierta protectora	C		R	
		Cubierta protectora, doble alternador	C		R	
	Sistema de refrigeración	Radiador	Radiador, depósito de expansión	A	Pérdidas de agua	R
				A	Existen desperfectos en el radiador producidos por un golpe	C
Radiador, bastidor D11			A	Las rejillas del radiador están obstruidas	C	
Intercooler		Intercooler DSC11	A	Sale aire del intercooler	C	
		Intercooler DSI11	A	Mayor emisión de sustancias nocivas	C	
Ventilador		DS, DSC, DSI	A	se activa a muy altas temperaturas	C	
		Ø711, Ø787	A	función intermitente	C	
		d11	A	siempre encendido	C	
		Gear ratio 1.19:1	A	No enciende	C	
		Gear ratio 1.3:1	A		C	

		Gear ratio 1.09:1	A		C
	Carcasa de termostato	Carcasa de termostato	B		C
	Bomba de refrigerante	Bomba de refrigerante D11	A		C
	Tubos y mangueras	Tubos y mangueras D11	A		C
	Transmisión por correas	Transmisión por correas, sin alternador D11	A		C
	Calentador auxiliar para motor	Calentador auxiliar para motor D11	C		C
		Calentador auxiliar para motor, externo D11	C		C
<b>Sistema de alimentación y escape</b>	Bomba de inyección e inyectores	Bomba de inyección, tubo de alimentación DS11 95 A. (RQV)	A	Consumo excesivo de combustible	R
		Bomba de inyección, tubo de alimentación DS11 95 A. (RSV)	A		R
		Bomba de inyección, tubo de alimentación DS11 96 A. (RSV)	A		R
		Bomba de inyección, tubo de alimentación DS11 97 A. (RSV)	A	El motor arranca pero luego se para	R
		Bomba de inyección, tubo de alimentación DSC11 56 A. (RSV)	A		R
		Bomba de inyección, tubo de alimentación DSC11 57 A. (RSV)	A		R
		Bomba de inyección, tubo de alimentación DSC11 58 A. (RSV)	A		R

	Bomba de inyección, tubo de alimentación DSC11 58 A. (RQ)	A		R
	Bomba de inyección, tubo de alimentación DSC11 71 A. (RSV)	A		R
	Bomba de inyección, tubo de alimentación DSC11 72 A. (RSV)	A		R
	Bomba de inyección	A		R
	Bomba de alimentación	A	Exceso de humos	R
	Monitor de nivel	A		R
	Juego de precintos, bomba de inyección RSC governor	B		C
	Juego de precintos, bomba de inyección RQ/ RQV governor	B		C
	Juego de precintos, bomba de inyección RQV-K	B		C
Conjunto filtro de combustible	Conjunto de filtros de combustible, tubo de combustible DS11A,DSCA,DSI11A (RSV)	A	obstrucción por suciedad - el motor perderá potencia	C
	Conjunto de filtros de combustible, tubo de combustible DSC11 58A (RQ)	A	obstrucción por suciedad - el motor perderá potencia	C
	Filtro de combustible, tapa de filtro DS11A, DSC11A, DSI11A	A	rotura por vibración	C
Dispositivo auxiliar arranque	Pre calentador de arranque DSI11	B	cortocircuito / circuito abierto, el motor no partirá	R
	pre calentador de arranque DSI11 95 A46S	B	cortocircuito / circuito abierto, el motor no partirá	R

	Sistema de escape	Silenciador	C	obstrucción por hollín, el motor perderá potencia	C
		Tubo de conexión, sistema de escape	C	Fisuras por vibraciones.	R
		Sistema de escape DS-DSC11	C		R
Embrague	Embrague industrial	Acoplamiento elástico SAE 14"	A	Desgaste normal	C
		Acoplamiento elástico SAE 14", Heavy	A	Desgaste normal	C
Bomba hidráulica	Bomba hidráulica	Bomba hidráulica 16DM3	A	Contaminación por materias finas y gruesas	R
	Tubos y mangueras	Bomba hidráulica, racores y tubos	A	Falta de aceite	R
Control del motor	Ajuste del régimen	RQ, Electronic	B	Falla eléctrica	R
		RSV, Electronic	B		R
		RQ.	B		R
		RSV.	B		R
		RSV, 4,5%, 10%	B		R
	Mando de parada	Mando de parada, sin módulo temporizador RSV	A	Falla eléctrica	R
		Mando de parada, con módulo temporizador RSV	A	Falla eléctrica	R
		Mando de parada, Cilindro de aire comprimido RSV	A	Falla eléctrica	R
Mando de parada, Cilindro de aire comprimido RQV, DS11 95A		A	Falla eléctrica	R	
Sistema eléctrico	Caja de fusibles y relés	Caja de conexiones	A	Falla eléctrica	R

Alternador	Alternador, montaje 65A- 90A- 65A High Mounting	A	Regulador dañado	R
	Alternador, Sistema eléctrico monopolar N1 28V 65A 1-pol	A	Problemas en el rotor	R
	Alternador, Sistema eléctrico monopolar N1 28V 20/65A 1-pol	A		R
	Alternador, Sistema eléctrico monopolar Ni28V 20/65A 2-pol	A	Fallos en el Puente Rectificador	R
	Cubierta protectora, alternador	A	Escobillas dañadas	R
		R		
Motor de arranque	Motor de arranque, con piezas de montaje	A	No gira	R
	Motor de arranque IER24V6,7KW 1-pol	A		R
	Motor de arranque IER24V6,7KW 2-pol	A	Gira el arranque y no el motor	R
	Motor de arranque KB 24V 6,6KW 2-pol	A		R
	Motor de arranque KB 24V 6,6KW DN/DSII1G20C	A	Gira muy lento	R
	Motor de arranque KB 24V 5,5KW SLA	A		R
Equipo eléctrico	Ajuste del régimen RQ, RSV Electronic	A	Falla eléctrica	R
Caja de batería	Batería SLA	A	Falla eléctrica	C
Cableado, motor	Mazo de cables, motor	B	Falla eléctrica	R
	Mazo de cables, Sensor de presión de aceite	B	Falla eléctrica	R
Componentes eléctricos	Equipamiento eléctrico, componentes eléctricos	B	Falla eléctrica	R

		Componentes aislantes, derivación	B	Falla eléctrica	C
<b>Instrumentos</b>	Salpicadero	Salpicadero 1 pole	C	Falla eléctrica	R
		Salpicadero 2 pole	C	Falla eléctrica	R
		Instrumentos EN6501203- SSS, EN6501240- SSS	C	Falla eléctrica	R
	Interruptores, letreros	Placa	C	Falla eléctrica	
<b>Generador</b>	Estator	Carcaza	B		
		Bobinado	A	Recalentamiento por devanado irregular	C
	Rotor	Jaula estructura	B		
		Bobinado	A	Recalentamiento por trabajar generadores en paralelo	C
	Bobinado Auxiliar	Bobinado	B	Recalentamiento por trabajar generadores en paralelo	C
	Caja de bornes	Bornera principal	A	Sulfatado	L/C
		Regulador de voltaje	A	Sobrecargas	C
	Sistema de acople	Rodamientos	C	Roces/Recalentamiento	M
	Ventilación	Ventilador radial	C		

	Conjunto Fusibles	Fusibles	A	Disparo de la protección reiteradas veces	C
--	-------------------	----------	---	---	---

*Tabla 16. Hoja de componentes SCANIA DC16071A*

**Tabla de análisis de modos de fallas y consecuencias**

ANALISIS DE MODOS DE FALLA Y CONSECUENCIAS					FECHA		REVISION N°	
					2/10/2020		1	
MAQUINA:		Grupo Electrónico de Alta potencia SCANIA			MODELO/TIPO:		DC16071A	
					LINEA:		500 KVA	
SISTEMA:					RESPONSABLE:			
FUNCION		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA				EFECTO DE FALLA
				NIVEL 1		NIVEL 2		
1	Funcionamiento del motor	A	El motor no arranca	1	Falta de combustible	1.1	Desabastecimiento de combustible	No existirá torque en el árbol de levas
						1.2	Manguera pinchada	Posibilidad que el motor se acelere por la presencia de aire en el circuito
						1.3	Filtro de combustible sucio	No hay circulación de combustible a bomba inyectora o inyector de bomba

				1.4	Mal funcionamiento de la bomba de combustible	No se efectúa una correcta pulverización de combustible en el ciclo de encendido
				1.5	Inyectores sucios	Impide el paso y disminuye la calidad del combustible
		2	El motor de arranque no funciona	2.1	No gira el burro de arranque	No funciona
				2.2	Mal conexión de la batería	Falso contacto en el borne de batería provocando chispazo y un daño en el mismo
				2.3	Falla el alternador	Alternador no carga la batería
				2.4	Obstrucción de la toma de aire por suciedad	No generará una combustión completa del motor
				2.5	Cortocircuito del pre calentador de arranque	No generará la suficiente energía necesaria para el arranque
		3	No tiene refrigerante	3.1	Bajo nivel de refrigerante	Alarma activada, se produce el corte de

					funcionamiento del motor	
				3.2	Fallo en sistema de medición	
				3.3	Líquido refrigerante sucio	Atascamiento en el sistema de refrigeración
B	<b>El motor sobrecalienta</b>	4	Suciedad del radiador	4.1	Obstrucción de la rejilla del radiador	Sobrecalentamiento, vibraciones
				4.2	Filtro de aire sucio	Mala combustión
				4.3	Falta de aire por mal montaje	Sobrecalentamiento, vibraciones
		5	Fallas en el sistema de lubricación	5.1	Falla en la bomba de aceite	El motor no tiene una correcta lubricación
				5.2	Falla en el purificador de aceite	El aceite que logra brindar será de una calidad inferior
				5.3	Perdida de aceite en conexiones	Disminución del caudal de aceite necesario
				5.4	Falla de lubricación en turbocompresor	Aumento de temperatura en el turbocompresor

				5.5	Falla en el enfriador de aceite	No logra enfriar correctamente el pistón del motor
		6	Falla en la Bomba de agua	6.1	Contaminación por materias finas y gruesas	Atascamiento de la bomba
				6.2	Falta de aceite	Calentamiento del refrigerante
				6.3	Rotura de las tubos	Perdida de caudal del refrigerante
				6.4	Falta de Liquido	Utilización de la bomba en vacío
		7	Fallo del Intercooler	7.1	Perdida de aire en el intercooler	Mal acondicionamiento de la cámara de combustión
C	<b>El motor se apaga</b>	8	Falla eléctrica	8.1	Mala aislación	Cortocircuito y/o sobrecalentamiento
				8.2	Falla interruptor principal	Corte general del sistema
				8.3	Mal funcionamiento del mando de parada	Parada inesperada del motor
				8.4	Falla de la caja de fusibles y relés del motor	Mal contacto del sistema, parada inesperada
				8.5	Desconexión del alternador	No existe torque en el rotor



### Hoja de Decisión

<b>HOJA DE DECISIÓN</b>			<b>MAQUINA</b>		<b>Grupo Electrónico de Alta potencia SCANIA</b>			<b>HOJA</b>		<b>REV N°</b>		<b>REV POR:</b>				
								<b>2</b>		<b>1</b>						
			<b>SISTEMA</b>		<b>Sistema V 8, 50 Hz, 1500 rpm</b>			<b>LINEA</b>		<b>500 KVA</b>						
<b>REFERENCIA DE INFORMACION</b>			<b>EVALUACION DE CONSECUENCIAS</b>				<b>H1 S1 O1 N1</b>	<b>H2 S2 O2 N2</b>	<b>H3 S3 O3 N3</b>	<b>Tareas "a falta de"</b>			<b>TAREA PROPUESTA</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>RESPONSABLE</b>	<b>COMENTARIO</b>
<b>F</b>	<b>FF</b>	<b>MF</b>	<b>H</b>	<b>S</b>	<b>E</b>	<b>O</b>			<b>H4</b>	<b>H5</b>	<b>S4</b>					
1	A	1.1	S	N	N	S	S						Se deberá purgar el circuito de combustible una vez que tenga combustible el tanque	Basado en condición	Operador de turno	
1	A	1.2	N	N	N	N	S						se deberá purgar el circuito de combustible una vez que tenga combustible el tanque	Basado en condición	Operador de turno	

1	A	1.3	N	N	N	N	N	S					Se deberá cambiar el filtro y purgar el circuito de combustible de bomba inyectora	Preventivo	Grupo de operadores
1	A	1.4	N	N	N	N	N	S					Cambiar bomba e inyectores	Preventivo	Cuadrilla especializada de mantenimiento
1	A	1.5	N	N	N	N	N	S					Control de funcionamiento del mismo	Preventivo	Operador de turno
1	A	2.1	N	N	N	N	S						Control de los carbones de arranque; control de automático, bend y bujes	Basado en condición	Cuadrilla especializada de mantenimiento
1	A	2.2	S	N	N	S	S						Cambiar bornes positivo y negativo y cambio de batería si levanta temperatura	Basado en condición	Operador de turno
1	A	2.3	N	N	N	N	S						Control de alternador, regulador de voltaje	Basado en condición	Operador de turno

1	A	2.4	N	N	N	N	N	S					Limpiar la toma de aire	Preventivo	Operador de turno
1	A	2.5	N	N	N	N	N	S					controlar conexiones del pre calentador	Basado en condición	Cuadrilla especializada de mantenimiento
1	A	3.1	S	N	N	N	S						controlar si existe alguna perdida de refrigerante	Preventivo	Operador de turno
1	A	3.2	N	N	N	N	S						Controlar sensores de agua	Basado en condición	Cuadrilla especializada de mantenimiento
1	A	3.3	N	N	N	N	N	N	S				Cambio de Líquido Refrigerante	Preventivo	Grupo de operadores
1	B	4.1	S	N	N	N	N	S					Limpieza de radiador	Preventivo	Cuadrilla especializada de mantenimiento
1	B	4.2	N	N	N	N	S						Cambiar filtros de aire	Preventivo	Grupo de operadores
1	B	4.3	N	N	N	N	S						Verificar el montaje	Preventivo	Cuadrilla especializada de mantenimiento
1	B	5.1	N	N	N	N	S						Verificar el funcionamiento	Basado en condición	Grupo de operadores
1	B	5.2	N	N	N	N	N	S					Reemplazar el filtro de aceite	Preventivo	Grupo de operadores
1	B	5.3	S	N	N	S	S						Cambio de retenes y juntas	Preventivo	Grupo de operadores

1	B	5.4	N	N	N	S	S						Controlar presión turbocompresor	Preventivo	Cuadrilla especializada de mantenimiento
1	B	5.5	N	N	N	N	S						Verificar el enfriador de aceite	Basado en condición	Cuadrilla especializada de mantenimiento
1	B	6.1	N	N	N	N	S						Purgado y limpieza de filtros	Basado en condición	Operador de turno
1	B	6.2	S	N	N	S	N	S					Agregar aceite correspondiente	Preventivo	Operador de turno
1	B	6.3	S	N	N	N	S						Cambio de mangueras	Basado en condición	Cuadrilla especializada de mantenimiento
1	B	6.4	N	N	N	N	S						Agregar Líquido Refrigerante	Preventivo	Operador de turno
1	B	7.1	N	N	N	N	S						Limpieza de toma de aire	Basado en condición	Operador de turno
1	C	8.1	N	N	N	N	S						Cambiar circuito eléctrico y mejorar la aislación	Basado en condición	Cuadrilla especializada de mantenimiento
1	C	8.2	S	N	N	S	S						Controlar la llave térmica en el tablero principal	Basado en condición	Operador de turno

1	C	8.3	S	N	N	S	S						Controlar el botón de encendido y el ajuste de las borneras	Basado en condición	Operador de turno
1	C	8.4	N	N	N	N	S						Controlar que no esté sulfatados los contactos y el fusible con amperaje correcto	Basado en condición	Operador de turno
1	C	8.5	S	N	N	S	S						Controlar la conexión de la bornera del alternador	Basado en condición	Operador de turno
1	C	8.6	S	N	N	S	S						Cambiar la batería o controlar el alternador	Basado en condición	Cuadrilla especializada de mantenimiento
1	C	9.1	S	N	N	N	S	S					Cambio de correas	Preventivo	Cuadrilla especializada de mantenimiento
1	C	9.2	N	N	N	S	S						Desarme del motor y cambio de árbol de levas	Preventivo	Cuadrilla especializada de mantenimiento

*Tabla 18. Hoja de decisión*

### **Conclusiones del estudio realizado**

Del análisis presentado en las hojas de información y de decisión, podemos desprender las siguientes conclusiones sobre lo que es la metodología RCM.

Lo primero que se puede observar al aplicar la metodología, es el nivel de detalle que se puede lograr con este método, realizarlo requiere de muchos conocimientos del equipo a trabajar.

Este análisis detallista da una primera aproximación a lo que podría fallar en el equipo, a medida que se va realizando van saliendo los problemas que pueden afectarlo.

Como ya se cuenta con el problema, queda buscar una solución teniendo en cuenta el diagrama de decisión.

Al aplicar este método, encontramos ciertas tareas que requieren ser realizadas con cierta frecuencia (mantenimiento preventivo) como ser:

- Cambio de correas cada 1200 hs.
- Cambio de retenes y juntas cada 1200 hs.
- Cambio de filtros de aceite cada 400 hs.
- Cambios de filtro de aire cada 800 hs.

Según cada circunstancia existirá un mejor mantenimiento comparado con otro, esto depende fundamentalmente del tipo de equipo y la importancia de su seguridad.

Teniendo en cuenta que los equipos sobre los cuales que se quiere realizar el mantenimiento son grupos electrógenos de gran capacidad, el mantenimiento centrado en la confiabilidad es la mejor elección ya que asegurar su seguridad es muy importante para poder cumplir con el servicio que prestan en los pueblos.

Gracias al estudio RCM, los costos de mantenimiento se verían reducidos puesto que se conocerían las probabilidades de cada modo de fallo permitiendo anticiparse a los mismos evitando posibles efectos secundarios más costosos.

En conclusión, el método RCM permitió, en base a las restricciones impuestas, determinar un plan de mantenimiento, y un manual de acciones a realizar en caso de presentarse fallas, asegurando de esta forma la disponibilidad del equipo en el tiempo.

### Implementación de plan de mantenimiento

Implementar significa aplicar los métodos propuestos de manera ordenada y planificada para lograr los objetivos que se persiguen con el plan de mantenimiento.

Primeramente, el sistema informático debe contar con una ficha/legajo que cumpla la función de archivo cronológico del equipo generador y que cuente con los siguientes datos principales:

FICHA TECNICA	Programa de mantenimiento - TODO OBRAS																				
<p>MARCA                      MODELO                      CODIGO DE INVENTARIO                      UBICACIÓN                      FECHA DE INGRESO                      N° DE SERIE</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #cccccc;"> <th style="text-align: center;">GENERADOR</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>POTENCIA MAXIMA</td></tr> <tr><td>POTENCIAS NOMINAL</td></tr> <tr><td>VOLTAJE</td></tr> <tr><td>FRECUENCIA</td></tr> <tr><td>CARGADOR DE BATERIA</td></tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #cccccc;"> <th style="text-align: center;">MOTOR</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>MODELO</td></tr> <tr><td>REFRIGERACION</td></tr> <tr><td>ENCENDIDO</td></tr> <tr><td>POTENCIA MAXIMA</td></tr> <tr><td>ARRANQUE</td></tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #cccccc;"> <th style="text-align: center;">DIMENSIONES</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>LARGO</td></tr> <tr><td>ANCHO</td></tr> <tr><td>ALTO</td></tr> <tr><td>PESO</td></tr> <tr><td>DEPOSITO DE COMBUSTIBLE</td></tr> </tbody> </table>	GENERADOR	POTENCIA MAXIMA	POTENCIAS NOMINAL	VOLTAJE	FRECUENCIA	CARGADOR DE BATERIA	MOTOR	MODELO	REFRIGERACION	ENCENDIDO	POTENCIA MAXIMA	ARRANQUE	DIMENSIONES	LARGO	ANCHO	ALTO	PESO	DEPOSITO DE COMBUSTIBLE	 <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; height: 150px;"> <thead> <tr style="background-color: #cccccc;"> <th style="text-align: center;">CARACTERISTICAS Y FUNCION</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td style="height: 100px;"> </td></tr> </tbody> </table>	CARACTERISTICAS Y FUNCION	
GENERADOR																					
POTENCIA MAXIMA																					
POTENCIAS NOMINAL																					
VOLTAJE																					
FRECUENCIA																					
CARGADOR DE BATERIA																					
MOTOR																					
MODELO																					
REFRIGERACION																					
ENCENDIDO																					
POTENCIA MAXIMA																					
ARRANQUE																					
DIMENSIONES																					
LARGO																					
ANCHO																					
ALTO																					
PESO																					
DEPOSITO DE COMBUSTIBLE																					
CARACTERISTICAS Y FUNCION																					

*Ilustración 17. Ficha técnica equipo*

A continuación de esta ficha de presentación deben estar vinculadas las ordenes de trabajo por orden cronológico.

Una orden de trabajo es un documento que especifica instrucciones de las tareas a realizar sobre un equipo ya sean de inspecciones, instalaciones, mantenimiento o reparaciones. No existe un solo formato, suelen adaptarse a los requerimientos de cada trabajo.

Para esto se presentan los siguientes formatos de órdenes de trabajo confeccionados teniendo en cuenta las guías de mantenimiento planteadas anteriormente.

**Formato Orden de trabajo para control periódico.**

El control periódico resulta útil para detectar y salvar deterioros que presenta el equipo debido a su trabajo diario. Si no se realizara una inspección visual de forma rutinaria podría provocar en el futuro alguna falla evitable.

ORDEN DE TRABAJO				
OT N° : EQUIPO: TAREA: CONTROL PERIODICO FECHA SOLICITUD: ...../...../..... FECHA VENCIMIENTO: ...../...../..... OPERARIO:				
TAREA	MALO	REGULAR	BUENO	OBSERVACIONES
Sistema de inducción	Inspección visual temperatura , control de parámetros, voltaje, frecuencia, potencia.			
Sistema de combustible	Verificación de nivel de combustible			
Sistema de lubricación	Inspección visual de temperatura, control de nivel de aceite y fugas, completar faltante			
Sistema de enfriamiento	Inspección visual temperatura , control de nivel y fugas de refrigerante, estado de bandas			
Sistema de admisión	Inspección visual sonidos anormales, revisión de fugas de aceite			
Cabina equipo	Realizar limpieza externa y del sector.			
OBSERVACIONES GENERALES				
ENTREGA				
FECHA: ...../...../.....	FECHA: ...../...../.....			
OPERARIO RESPONSABLE:	SUPERVISOR:			
FIRMA:	FIRMA:			

*Ilustración 18. Orden de trabajo control periódico*

### Formato Orden de trabajo para Guía de mantenimiento preventivo.

Las guías de mantenimiento son fundamentales para la vida útil del equipo, para que sea de verdadera utilidad debe ser de fácil comprensión y en lo posible concisa y certera. En este caso se plantea una orden de trabajo para realizar la guía de mantenimiento “A”.

ORDEN DE TRABAJO						
OT N°: EQUIPO: TAREA: PREVENTIVO "1200" FECHA SOLICITUD: ...../...../..... FECHA VENCIMIENTO: ...../...../..... OPERARIO:						
Mantenimiento cada 1200 horas		MALO	REGULAR	BUENO	CAMBIO SI/NO	OBSERVACIONES
Sistema de enfriamiento	Realizar cambio de refrigerante					
Sistema de enfriamiento	Realizar limpieza de radiador y ventilador					
Sistema de lubricación	Realizar un análisis del aceite a partir de una muestra y de la presión de la bomba					
Sistema de combustible	Realizar mantenimiento o recambio de cañerías dañadas					
Sistema de control	Control de fusibles en buen estado, cableado, reajuste de contactos					
Sistema combustible	Ajustar válvulas					
Sistema de inducción	Realizar una inspección de termografía y vibraciones					
Sistema de admisión	Realizar cambio de correas de motor					
Sistema de admisión	Realizar cambio de retenes y juntas de motor					
Cabina equipo	Realizar limpieza externa y del sector.					
OBSERVACIONES GENERALES						
ENTREGA						
FECHA: ...../...../.....		FECHA: ...../...../.....				
OPERARIO RESPONSABLE:		SUPERVISOR:				
FIRMA:		FIRMA:				

*Ilustración 19. Orden de trabajo para guías de mantenimiento*

### Formato Orden de trabajo para reparaciones por fallas.

En caso de que ocurra una falla imprevista en el equipo es necesario emitir una orden de trabajo que especifique los antecedentes, el diagnóstico y el trabajo a realizar, así como también un listado de los insumos que se utilizaron.

ORDEN DE TRABAJO			
OT N° : EQUIPO: TAREA: REPARACION POR FALLA FECHA SOLICITUD:    ...../...../..... FECHA VENCIMIENTO: ...../...../..... OPERARIO:			
FALLA			
ANTECEDENTES:			
DIAGNOSTICO:			
TRABAJO CORRECTIVO:			
ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	FECHA
OBSERVACIONES GENERALES			
ENTREGA			
FECHA: ...../...../.....	FECHA: ...../...../.....		
OPERARIO RESPONSABLE:	SUPERVISOR:		
FIRMA:	FIRMA:		

*Ilustración 20. Orden de trabajo para reparaciones de fallas*

**Formato Orden de trabajo para ensayos y pruebas.**

En caso que sea necesario probar el equipo luego de que se hizo un mantenimiento, recambio de componentes o reparación por falla, es necesario hacer un protocolo de prueba para una verificación de su correcto funcionamiento.

ORDEN DE TRABAJO				
OT N° :				
EQUIPO:				
TAREA: PRUEBA				
FECHA SOLICITUD: ...../...../.....				
FECHA VENCIMIENTO: ...../...../.....				
OPERARIO:				
REVISION PREVIA DE PARAMETROS				
OBSERVACION:		OK: SIN DEFECTO / X:DEFECTO		
NIVEL ACEITE	1/4 <input type="radio"/>	1/2 <input type="radio"/>	3/4 <input type="radio"/>	1 <input type="radio"/>
FILTRO ACEITE				
NIVEL COMBUSTIBLE	1/4 <input type="radio"/>	1/2 <input type="radio"/>	3/4 <input type="radio"/>	1 <input type="radio"/>
FILTRO COMBUSTIBLE				
NIVEL REFRIGERANTE	1/4 <input type="radio"/>	1/2 <input type="radio"/>	3/4 <input type="radio"/>	1 <input type="radio"/>
FILTRO AIRE				
PARAMETROS EN PRUBA				
	P. EN VACIO	P. 50% DE CARGA	P. 75% DE CARGA	P. 100% DE CARGA
VOLTAJE L1				
VOLTAJE L2				
VOLTAJE L3				
CORRIENTE L1				
CORRIENTE L2				
CORRIENTE L3				
RPM MOTOR				
FRECUENCIA				
T° REFRIGERANTE				
T° SALIDA RADIADOR				
T° AIRE ENTRADA				
OBSERVACIONES GENERALES				
ENTREGA				
FECHA: ...../...../.....		FECHA: ...../...../.....		
OPERARIO RESPONSABLE:		SUPERVISOR:		
FIRMA:		FIRMA:		

*Ilustración 21. Orden de trabajo para ensayos y pruebas*

### Esquema de flujo de tareas de mantenimiento.

Para representar el procedimiento de manera resumida se propone el siguiente esquema, en el cual todo inicia con una planificación de tareas por parte del sector que mantenimiento, que se consigue con el conocimiento de la situación de cada equipo generador gracias a que cuentan con una ficha/legajo cronológico que hace más evidente sus requerimientos para su óptimo mantenimiento y se lleva un registro con el Programa Maestro de Mantenimiento.

El grupo de trabajo del sector de mantenimiento debe decidir y asignar ordenes de trabajo según su importancia y urgencia.

Seguidamente es necesario preparar los insumos, repuestos, etc., necesarios para ejecutar la orden de trabajo.

Una vez terminada se debe cargar la orden realizada en la ficha/legajo del equipo y también actualizar la carga de datos del Programa Maestro de Mantenimiento del generador indicando si pudo cumplir con lo asignado o quedo algo pendiente justificando lo último y su fecha de finalización estimada.

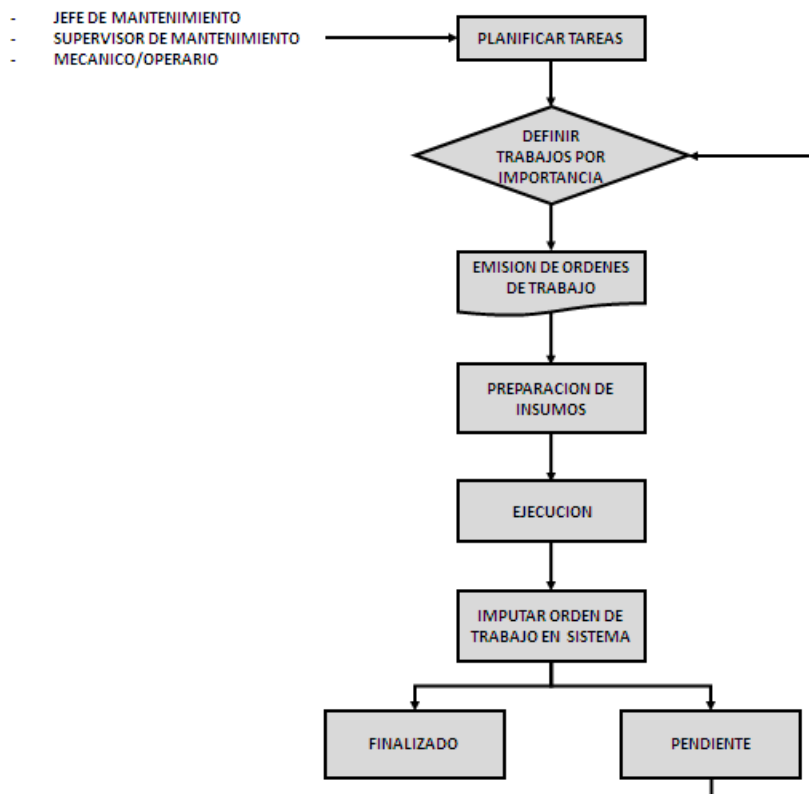


Ilustración 22. Flujo de tareas área mantenimiento

## **IV- Análisis financiero**

A continuación, se tiene por objetivo presentar las mejoras más evidentes que se obtendrían si se llevan a cabo las soluciones propuestas.

No se requiere capital de trabajo ya que la empresa está operando y puede financiar los costos menores de la inversión.

### **Egresos**

#### **Instrumentación para llenado de tanque diario.**

En la actualidad un operario debe medir el vacío del tanque diario a las 00:00 horas de la noche, registrar esa cantidad de combustible, prender la bomba para volver a llenarlo y apagar la bomba una vez que esta el nivel al límite. Esta actividad puede demorar entre 30 min. y 50 min.

Con el sistema de automatización planteado basado en un sensor de ultrasonido se evitarían errores de medición (fundamental para el registro y análisis de datos), la reducción de combustible por pequeñas acciones ilícitas por parte del personal como también reducir el riesgo de derrames de combustible generando pérdidas y evitando contaminación ambiental.

El costo de los componentes para el sistema se detalla a continuación:

<b>ITEM</b>	<b>PRECIO</b>
Relé	\$ 4074,00
Sensor De Distancia Ultrasónico	\$ 6065,00
LCD 16x2	\$ 1700,00
Arduino Uno R3	\$ 4.499,0
Total	\$ 16.338,00

*Tabla 19. Gastos en componentes de instrumentación*

### **Gastos de capacitación**

Capacitación para el jefe de mantenimiento en uso de Microsoft Excel, dictadas de modalidad virtual por la Universidad de Buenos Aires. Donde hay tres niveles nivel I básico, nivel II intermedio y nivel III avanzado. Cada uno tiene una duración de 10 horas y entregan certificado de Centro De Estudiantes De Ciencias Económicas De La Universidad De Buenos Aires. Estos cursos tienen un costo de \$5800,00 cada uno.

<b>ITEM</b>	<b>PRECIO</b>
Excel Básico	\$ 5800,00
Excel Intermedio	\$ 5800,00
Excel Avanzado	\$ 5800,00
Total	\$17.400,00

*Tabla 20. Gastos en capacitación de software*

### **Gasto de implementación de una planilla Excel con menús para mantenimiento**

Se propuso el uso de Excel como primera instancia para llevar un control de las tareas de mantenimiento, de repuestos e insumos. El diseño de la misma tiene una cotización de \$80.000,00.

### **Ingresos**

#### **Reducción de horas de trabajo**

Con el estudio de tiempos se busca mejorar los procedimientos, economizar el esfuerzo humano, la utilización de materiales, reducir errores, estandarizar tiempos de operaciones, minimizar costos por demora por parte de los operadores y hasta disminuir ausentismos.

Este estudio de tiempos acompaña al Programa Maestro de Mantenimiento, ya que este cuenta con un desglose del tiempo que lleva cada tarea, por lo tanto, se puede tener conocimiento de la cantidad de horas al año que serían necesarias para los operarios de la localidad, para el mecánico y el eléctrico que se encuentran en Salta Capital y viajan para realizar tareas de mantenimiento. Actualmente la mayoría de las tareas son realizadas por estos últimos.

La reducción y acotación de horas de trabajo es para el mecánico y el electricista ya que algunas de las tareas que realizan en la actualidad pueden ser ejecutadas por operarios de la localidad llevando a cabo la capacitación de los mismos, lo que también representa una mejora en su disponibilidad para visitar otras localidades.

Según el estudio realizado se podrían reducir las horas un 38%, pasando de trabajar 484 horas al año a 298.5 horas al año. Esto resulta una resta de 185.5 horas al año en una sola central. El precio de la hora común de un mecánico-electricista es \$909.00 por lo que el ahorro sería de \$168.636,36.

#### **Reducción de costos de mantenimiento**

Para los costos anuales de mantenimiento no se tiene disponible información certera por carecer de un registro histórico de gastos por reparación. Se estima un costo de mantenimiento de U\$D 10.000,00 cuando el equipo se sobre calienta y se necesita

cambio de aros y juntas, y cuando se tapan inyectores por combustible sucio. El costo está en dólares porque todos los repuestos de los grupos Scania y Perkins son importados desde Brasil.

Implementando el mantenimiento preventivo se establece como base una reducción inicial de costos del 15%. Cabe destacar que esta reducción es una aproximación pesimista en vista de que realizando planes de mantenimiento preventivo el ahorro acostumbra llegar hasta el 60% una vez que se implementa correctamente. Es decir, que con el paso del tiempo y con la adquisición de las buenas prácticas y mejoras sobre el plan de mantenimiento los costos conducirán a su gradual reducción. Por lo mencionado los costos por central quedarán inicialmente reducidos en un 15% siendo un ahorro de U\$D 1.500,00.

### **Reducción de costos en combustible**

La bomba tarda aproximadamente media hora en llenar el tanque de alimentación de 1000 litros. Se presume un eventual caso en el que el operario se distrae por el horario o por negligencia, y la bomba queda funcionando una hora después de que se llenó podemos estimar una pérdida de 2000 litros de gasoil. Esto no solo trae costos por desperdicio de combustible, sino también en horas hombre para remover la tierra contaminada, enviar esta tierra a los depósitos con tratamiento correspondiente y multas ambientales.

Realizando el estudio de demanda de combustible y su pronóstico se puede realizar una logística de aprovisionamiento ajustada a las necesidades evitando que el combustible se deteriore. Actualmente para realizar el punto de pedido se toma como referencia un promedio de los últimos tres meses. Se observó con el estudio de la demanda una estacionalidad marcada en el consumo y con el método actual habría stock de combustible sobrante en verano que tiene un consumo más bajo y faltante en el periodo de invierno. De acuerdo con datos proporcionados por la empresa, el porcentaje de combustible que se deteriora anualmente en los tanques de almacenamiento y tiene que ser purgado es de un 10% del volumen total del tanque. En el caso de la central de Santa Rosa de los Pastos Grandes representa 1500 litros.

El precio de gasoil es de \$230.00 finales (fuente: YPF) y con las soluciones propuestas se ahorrarían \$805.000,00.

Para llevar a cabo el análisis de los beneficios obtenidos se tomaron todos los montos a valor dólar oficial al 1/8/22, el mismo es \$132,00 (fuente: Banco Nación).

<b>EGRESOS</b>	<b>VALOR 1° AÑO</b>
Instrumentación para llenado de tanque diario	U\$D 123,77
Gastos de capacitación	U\$D 131,81
Gasto de implementación de una planilla Excel con menús para mantenimiento	U\$D 606,06
<b>TOTAL</b>	<b>U\$D 861,651</b>

*Tabla 21. Egresos*

<b>INGRESOS</b>	<b>VALOR 1° AÑO</b>
Reducción de horas de trabajo	USD 1.277,54
Reducción de costos de mantenimiento	USD 1.500,00
Reducción de combustible	USD 6.098,48
<b>TOTAL</b>	<b>USD 7.598,48</b>

*Tabla 22. Ingresos*

Beneficio = Ingresos – Egresos

### **Conclusiones del análisis**

Realizando las mejoras propuestas, los beneficios suman un total de USD 6.736,82, solamente en el primer año y para una sola central, lo que indica que el proyecto es factible.

Además, realizar un mantenimiento preventivo, correctamente elaborado y aplicado, alcanza beneficios que sobrepasan los costos, ellos son: Minimizar paradas imprevistas del equipo, minimizar reparaciones correctivas y disponibilidad al tener mantenimientos programados.

También al tener una asignación de tareas específicas con el plan maestro de mantenimiento para cada operario/oficial colabora a que cada uno este enfocado en mejorar sus tareas individuales.

## **V- Conclusiones finales**

Se ha logrado proponer soluciones a los problemas desarrollados en el trabajo. Las mismas pueden efectuarse con una inversión menor si se la compara con los gastos en los que se puede incurrir si se continúa trabajando de la manera actual.

Realizando esta inversión en mejoras se lograrán impactos positivos en corto, mediano y largo plazo.

Para que se puedan maximizar los beneficios de llevar a cabo estas propuestas es necesaria la capacitación relacionada con los procedimientos y con las soluciones informáticas mencionadas.

El trabajo para realizar el mantenimiento preventivo de los equipos minimizará las fallas lo que se traduce en un ahorro de repuestos, tiempos de reparación y un incremento de la vida útil de los equipos

Por otra parte, contar con un sistema informático que lleve al día un seguimiento de las tareas, stock de repuestos e insumos, un tablero de control que facilite la comprensión de la situación tanto en el pasado como en el presente le brinda la posibilidad a la empresa de mejorar aspectos de calidad del servicio en un futuro fundamentadas en la toma de decisiones haciendo uso de indicadores.

Cabe destacar que para lograr una filosofía de trabajo donde prima la mejora de los procesos es necesaria la participación y compromiso de todos los niveles de la empresa, comenzado por los directivos.

Una prospectiva en el mediano plazo, luego de que la empresa experimente las posibilidades de mejora con las soluciones propuestas y sus impactos positivos sería planear y crear un software integrado personalizado para la misma que involucre a todas las áreas, no tan solo las avocadas al mantenimiento de grupos electrógenos.

## **VI- Bibliografía**

- Hodson, W. K. (s.f.). *Maynard - Manual del Ingeniero Industrial* (Cuarta Edición ed.). Mc. Graw Hill.
- ISO, N. (2005). *ISO-9000:2005* .
- Moubray, J. (1997). *RCM II Mantenimiento Centrado en Confiabilidad*.
- Pinzón, A. (2011). *Diseño de un plan de gestion para el Mantenimiento Centrado en Confiabilidad para el centro de generacion electrica a base de gas de la empresa COPOWER Ltda*. Bucaramanga.
- Pulido, H. G. (2010). *Calidad Total y Productividad*. México, D.F.: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES.
- Rogelio Rea Soto, R. C. (2012). *Metodologia para realizar analisis*. Boletin IIE Tendencia tecnologica.
- Sexto, L. (2014). *Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM)*. Italia.

## **VII- Anexo**

### **Equipo generador eléctrico**

#### **Concepto**

Equipo formado esencialmente por un motor diésel y un alternador que en conjunto aprovechan la capacidad calorífica del combustible transformándola en energía mecánica que luego se traduce en energía eléctrica.

#### **Tipos**

Los generadores eléctricos pueden clasificarse según su tiempo de funcionamiento en:

**Stand by**: sirven para operar en situaciones de emergencia de tiempos cortos relativamente, se pueden usar hasta 200 horas en edificios, casas, negocios. Pueden ser alimentados a gasolina.

**Prime power**: equipos que se utilizan para horas ilimitadas y son la principal fuente de energía. Se utilizan en grandes plantas industriales, minas, etc. Pueden ser alimentados por diésel o gasoil por ser más económico.

**Full power**: el grupo electrógeno es la única fuente de energía. Tiempo de prestación ilimitado, hace la misma función del prime power, pero nunca está fuera de uso ya que hay operaciones que no se pueden detener.

Según el tipo de corriente pueden ser:

- Generadores de corriente continua
- Generadores de corriente alterna

Según la velocidad de giro pueden ser:

- Síncronos
- Asíncronos

Según el tipo de refrigeración pueden ser refrigerados por:

- Aire en circuito abierto
- Aire en circuito cerrado
- Refrigerados por gas (Hidrogeno)

Según el número de fases:

- Generadores monofásicos
- Generadores trifásicos

## **Componentes principales**

El generador eléctrico cuenta con los siguientes componentes principales

### **Motor:**

Entrega la energía mecánica de entrada al generador. El tamaño del motor es directamente proporcional a la potencia de salida máxima que puede suministrar el generador, es decir, que para una determinada potencia habrá un determinado motor para las necesidades requeridas.

### **Alternador:**

Es la parte encargada de producir electricidad a partir de la energía mecánica entregada por el motor. Tiene piezas fijas y móviles dentro de una carcasa, que son el estator y rotor. El estator es la pieza fija que tiene un conjunto de conductores eléctricos enrollados en bobinas sobre un núcleo de hierro. Por otro lado, el rotor es la pieza móvil que partiendo de un movimiento giratorio provoca una diferencia de voltaje entre los devanados del estator dando como resultado corriente alterna.

### **Sistema de combustible:**

En casos de generadores industriales con muchas horas de funcionamiento es preciso instalar un tanque de combustible externo.

### **Regulador de voltaje:**

Regula la salida de voltaje del generador, ya que cuando aumenta la salida del generador, este produce menos corriente continua. En el momento que el generador alcanza su capacidad operativa total, el regulador de voltaje logra un estado de equilibrio y produce solo corriente continua que mantiene la salida del generador.

### **Sistema de enfriamiento y escape:**

La refrigeración puede ser lograda utilizando agua, aceite, are o hidrogeno para unidades grandes. En todos los casos el equipo debe estar colocado en un espacio abierto y ventilado para tener aire fresco.

El sistema de escape emite gases de escape como los motores diésel que contienen sustancias toxicas por lo que debe contar con un escape que las evacue de forma correcta.

### **Sistema de lubricación:**

El motor necesita lubricación para asegurar su vida útil y su óptimo funcionamiento. El aceite lubricante se encuentra en una bomba que debe estar a cierto nivel y que requiere un control y verificación.

### **Batería:**

Por lo general para el arranque del equipo generador se utiliza una batería.

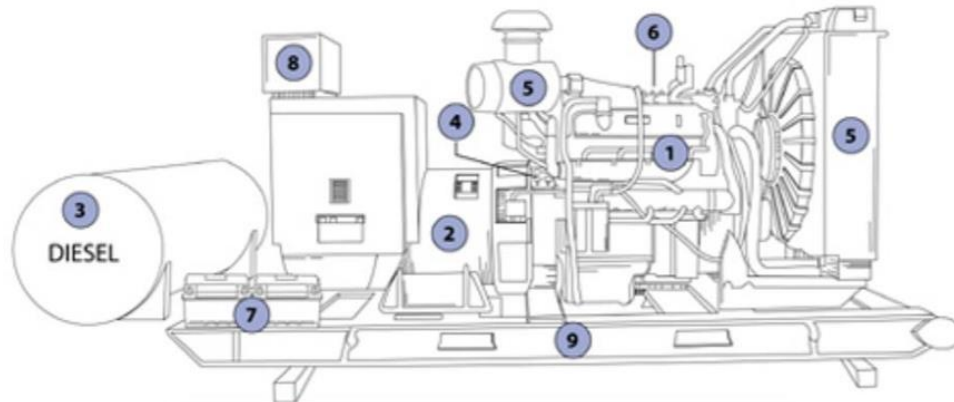
### **Panel de control:**

Es la conexión del generador con el operador, puede tener tomacorrientes y otros controles eléctricos para controlar el funcionamiento y salida del equipo, también para

protegerlo contra fallos de funcionamiento. También dependiendo del modelo posee indicaciones de la presión del aceite, temperatura del refrigerante, voltaje de la batería, medidor de voltaje de salida entre otros.

### **Conjunto principal/marco:**

Es la carcasa y bastidor que sostiene la estructura.



*Ilustración 23. Partes de un equipo típico*

### **Mejora Continua**

La mejora continua es resultado de realizar trabajos de manera ordenada enfocada en mejorar los procesos, se estudian y analizan causas o condicionantes y se proponen planes con mejoras o soluciones, que una vez implementados sirven para medir el grado de mejora que se consiguió al aplicarlos.

El concepto de mejora continua quiere decir que siempre se puede mejorar de alguna manera un proceso.

Este ciclo ininterrumpido y constante permite el progreso y renovación del desarrollo de actividades para poder adaptarse a necesidades cambiantes de proceso y brindar un mejor producto o servicio.

### **Mejoramiento de la calidad**

Mediante este proceso se mejora el desempeño del proceso a niveles de calidad sin precedentes. Consiste en las siguientes etapas:

- Establecer la infraestructura que se necesite para alcanzar la mejora anual de la calidad (espacios, equipos, entrenamiento, procedimientos, políticas).
- Identificar los aspectos específicos a ser mejorados (establecer los proyectos clave de mejora).

- Establecer un equipo de mejora para cada proyecto, con una responsabilidad clara para desarrollar un proyecto exitoso.
- Proporcionar los recursos, la información y la motivación para el equipo.
  
- Diagnosticar las causas.
  
- Estimular el establecimiento de medidas remedio.
  
- Establecer controles para estandarizar y mantener mejoras. (Pulido, 2010)

Juran propuso una estrategia de 10 pasos para implantar la mejora.

1. Despertar la conciencia sobre las oportunidades de mejora.
2. Establecer metas de mejoramiento (necesidad de métrica).
3. Organizarse para alcanzar esas metas.
4. Impartir capacitación.
5. Llevar a cabo proyectos de resolución de problemas.
6. Informar acerca de los progresos.
7. Dar el debido reconocimiento individual.
8. Comunicar resultados.
9. Llevar el recuento del proceso.
10. Mantener el ímpetu haciendo que el mejoramiento anual sea parte integral de los sistemas y procesos habituales de la organización. (Pulido, 2010)

### **Gestión de la calidad y sus principios básicos**

En la introducción de la norma ISO -9000 se identifican ocho principios de la gestión de calidad que puede utilizar la alta dirección para mejorar el desempeño de la empresa. Estos son:

1. Enfoque al cliente: las organizaciones dependen de sus clientes y por lo tanto debería comprender las necesidades actuales y futuras de los clientes, satisfacer los requisitos de los clientes y esforzarse en exceder las expectativas de los clientes. (ISO, 2005)
  
2. Liderazgo: los líderes establecen la unidad de propósito y la orientación de la organización. Ellos deben crear y mantener un ambiente interno en el cual el personal pueda llegar a involucrarse totalmente en el logro de los objetivos de la organización. (ISO, 2005)
  
3. Participación del personal: el personal, a todos los niveles, es la esencia de una organización y su total compromiso posibilita que sus habilidades se usen para el beneficio de la organización. (ISO, 2005)
  
4. Enfoque basado en procesos: un resultado deseado se alcanza más eficientemente cuando las actividades y los recursos relacionados se gestionan como un proceso (ISO, 2005)

5. Enfoque de sistema para la gestión: identificar, entender y gestionar los procesos interrelacionados como un sistema contribuye a la eficacia y eficiencia de una organización en el logro de sus objetivos. (ISO, 2005)
6. Mejora continua: la mejora continua del desempeño global de la organización debería ser un objetivo permanente de esta. (ISO, 2005)
7. Enfoque basado en hechos para la toma de decisiones: las decisiones eficaces se basan en el análisis de los datos y la información. (ISO, 2005)
8. Relaciones mutuamente beneficiosas con el proveedor: una organización y sus proveedores son interdependientes y una relación mutuamente beneficiosa aumenta la capacidad de ambos para crear valor. (ISO, 2005)

Por otra parte, es necesario desarrollar algunas actividades para implementar un sistema de gestión de calidad o mejorar el que ya se tiene:

- a. Determinar las necesidades y expectativas de los clientes y de otras partes interesadas.
- b. Establecer la política y los objetivos de la calidad de la organización.
- c. Determinar los procesos y las responsabilidades necesarias para el logro de los objetivos de la calidad.
- d. Establecer los métodos para medir la eficacia y la eficiencia de cada proceso
- e. Aplicar estas medidas para determinar la eficacia y la eficiencia de cada proceso.
- f. Determinar los medios para provenir inconformidades y eliminar sus causas.
- g. Establecer y aplicar un proceso para la mejora del sistema de gestión de calidad. (Pulido, 2010)

La documentación de un SGC es comunicar por escrito los objetivos y propósitos de la organización sobre la calidad y demostrar si las acciones fueron consistentes con estos. Es importante señalar que la documentación no es un fin, sino una actividad que aporta valor a la operación y efectividad al SGC. la norma ISO-900 precisa que la utilización de la documentación contribuye a:

- a. Lograr la conformidad con los requisitos del cliente y la mejora de la calidad.
- b. Proveer la información apropiada.
- c. La repetitividad y la trazabilidad.
- d. Proporcionar evidencia objetiva.
- e. Evaluar la eficacia y la adecuación continua del SGC. (Pulido, 2010)

Uno de los principios en los que se debe construir un SGC es la mejora continua de procesos y del propio SGC, para así incrementar la probabilidad de aumentar la satisfacción de los clientes y de otras partes interesadas. La norma señala que las siguientes son acciones destinadas a la mejora:

- a. El análisis y la evaluación de la situación existente para identificar áreas para

- la mejora.
- b. El establecimiento de los objetivos para la mejora.
  - c. La búsqueda de posibles soluciones para lograr objetivos.
  - d. La evaluación de dichas soluciones y su selección.
  - e. La implementación de la solución seleccionada.
  - f. La medición, la verificación, el análisis y la evaluación de los resultados de la implementación para determinar si se han alcanzado los objetivos.
  - g. La formalización de los cambios. (Pulido, 2010)

### **Ciclo PHVA**

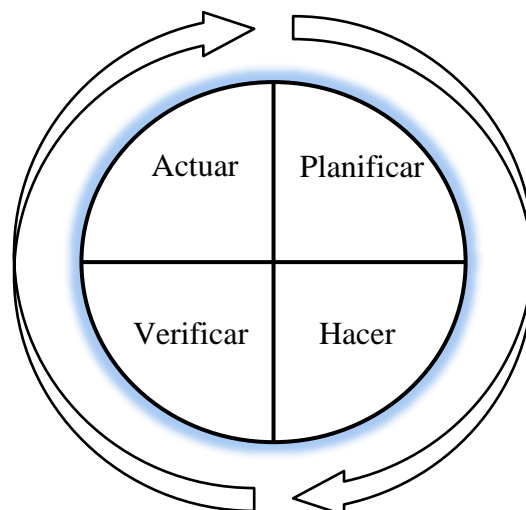
El ciclo PHVA o ciclo de Deming consiste en planificar, hacer, verificar y actuar, estas cuatro actividades sirven para llevar a cabo un proyecto de mejora de la productividad.

**Planificar:** realizar una planificación de los objetivos o actividades que se quiere lograr sobre un proceso, identificando oportunidades o problemas. Se propone un plan de acción teniendo en cuenta actividades, fechas, responsables, lugares, recursos materiales y medios de verificación.

**Hacer:** consiste en ejecutar lo planificado. Se realizan las tareas planificadas teniendo en cuenta parámetros establecidos.

**Verificar:** realizar una comprobación entre lo planificado y lo ejecutado para conocer en qué medida se logró cumplir con el plan propuesto. A medida que se ejecuta el plan de acción se evalúa la eficacia de la actividad propuesta, es decir, si cumple con los resultados esperados en términos de costos, tiempo, alcance, etc.

**Actuar:** llevar a cabo acciones que minimicen o anulen las brechas evidenciadas en la verificación generando planes futuros.



### Ocho pasos para la solución de un problema

Cuando un equipo se reúne con el propósito de ejecutar un proyecto para resolver un problema importante y recurrente, antes de proponer soluciones y aventurar acciones se debe contar con información y seguir un método que incremente la probabilidad de éxito. De esta manera, la planeación, el análisis y la reflexión se harán un hábito y gracias a ello se reducirán las acciones por reacción. En este sentido se propone que los equipos de mejora siempre sigan el ciclo PHVA junto con los ocho pasos que a continuación se describen (Pulido, 2010):

<b>Etapas del ciclo</b>	<b>Paso numero</b>	<b>Nombre del paso</b>	<b>Posibles técnicas a usar</b>
Planear	1	Definir y analizar la magnitud del problema	Pareto, c. de verificación, histograma, c. de control
	2	Buscar todas las posibles causas	Observar el problema, lluvia de ideas, diagrama de Ishikawa
	3	Investigar cuál es la causa más importante	Pareto, estratificación, d. de dispersión, s. de Ishikawa
	4	Considerar las medidas remedio	Por qué .... Necesidad Que ... Objetivo Donde... Lugar Cuanto... tiempo y costo Como ... Plan
Hacer	5	Poner en práctica las medidas remedio	Seguir el plan elaborado en el paso anterior e involucrar a los afectados
Verificar	6	Revisar los resultados obtenidos	Histograma, Pareto, c. de control, h. de verificación
Actuar	7	Prevenir la recurrencia del problema	Estandarización, inspección, supervisión, h. de verificación, cartas de control
	8	Conclusión	Revisar y documentar el procedimiento seguido y planear el trabajo futuro

*Tabla 23. Ciclo PVHA y 8 pasos en la solución de un problema*

### Etapas Para Llevar A Cabo La Mejora Continua

Para poder implementar un proceso de mejora continua es necesario que la empresa pueda identificar oportunidades de mejora. Esta identificación y selección se realiza a partir de información disponible de la organización, como puede ser indicadores de proceso, indicadores económicos, etc.

Priorizar y asignar un orden de prioridad a aquellos problemas detectados que son relevantes porque tiene un impacto en el negocio.

Cuando se decide sobre qué oportunidad de mejora trabajar, se debe definir un

grupo jerarquizado de personas que tengan capacidades para alcanzar la solución que se persigue.

Definir el problema y ejecutar acciones contenedoras: las personas que integran el equipo deben aportar su conocimiento sobre la existencia de algún mal funcionamiento sobre el proceso que abordan para mejorar, sus circunstancias y las consecuencias. Se deben responder preguntas como: ¿qué ocurre? ¿dónde ocurre? ¿cuándo ocurre? ¿cómo se resuelve actualmente? ¿cuál es el impacto económico?

Identificar y priorizar la causa raíz del problema: seleccionar las causas que son controlables y que se puede intervenir sobre ellas para minimizarlas o eliminarlas.

Determinar solución del problema: elaborar una solución idónea que sea capaz de aportar mejores beneficios. Para ello se debe tener en cuenta que tenga un impacto positivo en la oportunidad de mejora, y que sea rentable en términos de tiempos y costos.

Desarrollo de la propuesta de mejora: una vez definidas las soluciones que se aplicaran en el proceso objeto de estudio se determina el plan de acción y la implementación de las mejoras.

Evaluación de la efectividad de las soluciones propuestas: se analiza el cumplimiento de los objetivos y los resultados del proceso mejorado.

### **Introducción al Mantenimiento Basado en la Confiabilidad**

“Desde el punto de vista de la ingeniería hay dos elementos que hacen al manejo de cualquier activo físico. Debe ser mantenido y de tanto en tanto quizás también necesite ser modificado.” (Moubray, 1997)

En su libro Moubray define mantenimiento como: “asegurar que los activos físicos continúen haciendo lo que sus usuarios quieren que haga.” (Moubray, 1997).

También define mantenimiento centrado en la confiabilidad como: “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.” (Moubray, 1997)

“Alcanzar la confiabilidad integral del activo supone siempre, en última instancia la certeza de contar con una elevada confiabilidad humana. Tanto el diseño, la gestión, la operación y mantenimiento de los activos, están determinados por el ser humano. Trabajar por la confiabilidad integralmente es un proceso grupal (preferiblemente de grupos convertidos en equipos) y no es posible esperar resultados alentadores solo por el trabajo de individuos aislados. Es imprescindible la participación de todas las partes interesadas en la determinación de acciones para alcanzar y mantener particulares niveles de confiabilidad.” (Sexto, 2014)

El Mantenimiento Basado en Confiabilidad, RCM es una herramienta metodológica que permite la gestión del mantenimiento bajo nuevos paradigmas. Considera que el mantenimiento debe estar enfocado en preservar altos valores de confiabilidad para el cumplimiento de las funciones de los sistemas, equipos o procesos, en lugar de orientarse a preservar equipos, independientemente de la función que cumplen y de su contexto operativo. (Rogelio Rea Soto, 2012)

El desarrollo y la aplicación del RCM se deriva del estudio de Nowlan y Heap en la aeronáutica comercial, publicados en 1978. Los resultados de sus trabajos permitieron aumentar la confiabilidad de las aeronaves, debido a que presentaban un número de fallas que la industria aeronáutica juzgo elevada. Actualmente, el RCM se ha extendido a la industria militar, nuclear, automotriz, eléctrica y petrolera, entre otras. En la aplicación del RCM, se pueden identificar tres etapas (figura 1): análisis RCM, implantación de estrategias y mejora continua. (Rogelio Rea Soto, 2012)

A lo largo del tiempo han existido propuestas en las que la etapa de análisis de la metodología de aplicación del RCM se ha modificado, tratando de disminuir el esfuerzo necesario para llevarlo a cabo. Cabe mencionar que la aplicación parcial del método podría llevar a resultados incompletos. Para asegurar que la metodología se utilice de manera apropiada, la industria automotriz desarrollo los estándares SAE-JA1011 (SAE-JA1011, 1999) y SAE-JA1012 (SAE-JA1012, 2002). (Rogelio Rea Soto, 2012)

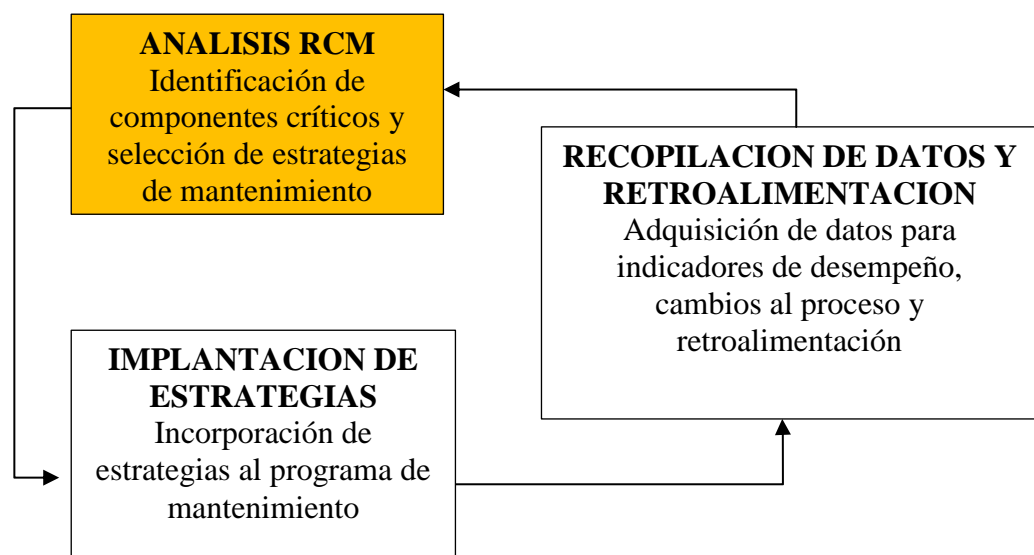
El estándar SAE-JA1011 (SAE-JA1011, 1999) establece los criterios que debe cumplir mi proceso RCM y el SAE-JA1012 (SAE-JA1012, 2002) es la guía para la aplicación del RCM. Ambos estándares y bibliografía clásica en el tema (Moubrav, 1997) establecen que cualquier proceso RCM debe asegurar que se contesten, satisfactoriamente y en un orden determinado, siete preguntas sobre los equipos analizados. Las primeras cinco preguntas se refieren a las funciones que cumplen los equipos, las formas en las que pueden fallar, los motivos físicos de las fallas, así como los efectos y las consecuencias de las mismas. Las últimas dos preguntas del estándar se refieren a la determinación de las estrategias de mantenimiento con base en la importancia de dichas fallas.

El seguimiento puntual de los lineamientos de los SAE-JA1011 y SAE-JA1012 permite realizar mi análisis RCM al contestar las siguientes siete preguntas:

1. ¿Cuáles son las funciones y estándares de desempeño en el contexto operativo actual?
2. ¿De qué forma pueden fallar para que dejen de cumplir con sus funciones? (modos de falla).
3. ¿Cuáles son las causas de cada falla funcional? (mecanismos de falla).
4. ¿Qué sucede cuando se presenta cada mecanismo de falla? (efectos de la falla).
5. ¿Qué puede ocurrir si se presenta cada mecanismo de falla? (consecuencias de la falla).
6. ¿Qué se puede hacer para predecir o prevenir cada mecanismo de falla? (estrategias de mantenimiento proactivas).
7. ¿Qué se debe hacer si no se puede encontrar una acción de mantenimiento

proactiva adecuada? (acciones requeridas cuando no se puede prevenir la falla o cuando la confiabilidad inherente es baja).

En la figura se presenta el esquema de desarrollo propuesto para llevar a cabo un estudio RCM, el cual inicia con la integración de un grupo multidisciplinario de análisis RCM que estará integrado por personal de la instalación que será objeto de estudio y personal con experiencia en la aplicación de la metodología en cuestión. Posteriormente se seleccionan los sistemas que serán analizados en el estudio RCM. Una vez formado el equipo multidisciplinario y seleccionados los sistemas a analizar, se contestan las siete preguntas, identificadas con un recuadro de color amarillo en la figura 2 y cuyos detalles se abordan a continuación. (Rogelio Rea Soto, 2012)



### **Funciones y parámetros de Funcionamiento**

Antes de poder aplicar un proceso para determinar que debe hacerse para que cualquier activo físico continúe haciendo aquello que sus usuarios quieren que haga en su contexto operacional, necesitamos hacer dos cosas:

- Determinar qué es lo que sus usuarios quieren que haga
- Asegurar que es capaz de realizar aquello que sus usuarios quieren que haga.

Por esto el primer paso en el proceso de RCM es definir las funciones de cada activo en su contexto operacional, junto con los parámetros de funcionamiento deseados. Lo que los usuarios esperan que los activos sean capaces de hacer puede ser dividido en dos categorías:

Funciones primarias, que en primera instancia resume el porqué de la adquisición del activo. Esta categoría de funciones cubre temas como velocidad, producción, capacidad de almacenaje o carga, calidad de producto y servicio al cliente.

Funciones secundarias, la cual reconoce que se espera de cada activo que haga más que simplemente cubrir funciones primarias. Los usuarios también tienen expectativas relacionadas con las áreas de seguridad, control, contención, confort, integridad estructural, economía, protección, eficiencia operacional, cumplimiento de regulaciones ambientales y hasta de apariencia del activo. (Moubray, 1997)

### **Fallas funcionales**

Se debe identificar como pueden fallar cada elemento en la realización de sus funciones. Una falla funcional se define como la incapacidad de cualquier activo físico de cumplir una función según un parámetro de funcionamiento aceptable para el usuario. (Pinzón, 2011)

Al realizar el listado de fallas funcionales por el grupo RCM, que está formado por personal de mantenimiento, operación se ponen de acuerdo en los estándares de funcionamiento el cual es el límite entre el funcionamiento requerido por el usuario y la falla del equipo. (Pinzón, 2011)

### **Modos de falla**

Una vez que se ha identificado cada falla funcional, el próximo paso es tratar de identificar todos los hechos que de manera razonablemente posible puedan haber causado cada estado de falla. Estos hechos se denominan modos de falla. Los modos de falla “razonablemente posibles” incluyen aquellos que han ocurrido en equipos iguales o similares operando en el mismo contexto, fallas que actualmente están siendo prevenidas por regímenes de mantenimiento existentes, así como fallas que aún no han ocurrido, pero son consideradas altamente posibles en el contexto en cuestión. (Moubray, 1997)

La mayoría de las listas tradicionales de modos de falla incorporan fallas causadas por el deterioro o desgaste por uso normal. También es importante identificar la causa de falla con suficientes detalles para asegurarse de no desperdiciar tiempo y esfuerzo intentando tratar síntomas en lugar de ser causas reales. Por otro lado es igualmente importante asegurarse de no malgastar el tiempo en el análisis mismo al concentrarse demasiado en los detalles. (Moubray, 1997)

Las causas de falla pueden ser por:

- Falla por diseño
- Defecto de materiales
- Error de proceso
- Ensamble y deterioro en la instalación
- Deficiencia en el mantenimiento
- Operaciones inapropiadas

Los modos de falla pueden ser clasificados en las siguientes categorías: (Pinzón, 2011)

**Capacidad decreciente:** las principales causas de pérdida de capacidad se deben:

Al estar en contacto con el medio ambiente el equipo se deteriora, lo que se refleja en fatiga, corrosión, abrasión, evaporación, degradación de aislantes, erosión.

Falla del lubricante o por degradación del mismo.

La suciedad afecta a la calidad del producto, el equipo puede atascarse o desalinearse.

Los desajustes, solturas mecánicas, fisuras en la soldadura, mal contacto eléctrico.

Errores humanos, cuando ocurren es recomendable enfatizar el que estuvo mal y no quien.

**Aumento del funcionamiento deseado:** cuando el equipo sobrepasa su capacidad presenta desgaste excesivo en sus componentes volviendo el equipo poco confiable o simplemente el equipo deja de funcionar. (Pinzón, 2011)

Los modos de falla que se presentan a continuación corresponden a:

Modelo A: es conocido como la curva de la bañera, comienza con mortalidad infantil, seguida de una frecuencia de fallas que aumentan gradualmente o es constante para terminar con una zona de desgaste. (Pinzón, 2011)

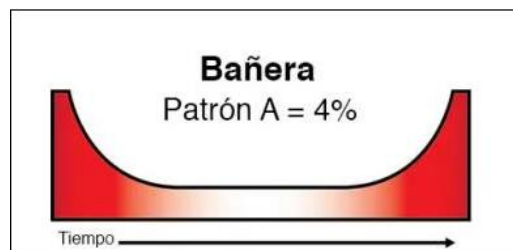


Ilustración 24. Curva de fallas tipo A

Modelo B: muestra una probabilidad de falla constante o ligeramente ascendente y termina con una zona de desgaste. (Pinzón, 2011)

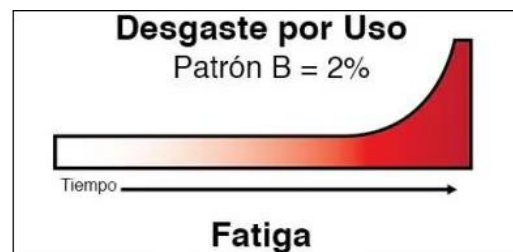


Ilustración 25. Curva de fallas tipo B

Modelo C: comienza con una probabilidad de falla ligeramente ascendente y termina con una zona de desgaste identificable. (Pinzón, 2011)

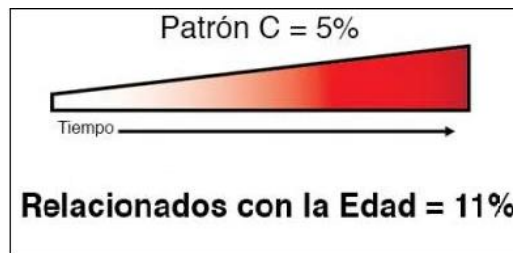


Ilustración 26. Curva de fallas tipo C

Modelo D: muestra la probabilidad de falla baja cuando el equipo es nuevo y termina con un desgaste rápido. (Pinzón, 2011)



Ilustración 27. Curva de fallas tipo D

Modelo E: muestra una probabilidad aleatoria a lo largo de la vida útil. (Pinzón, 2011)

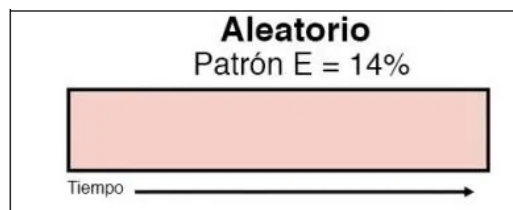


Ilustración 28. Curva de fallas tipo E

Modelo F: comienza con una mortalidad infantil alta, pero desciende y tienen un comportamiento aleatorio de falla. (Pinzón, 2011)

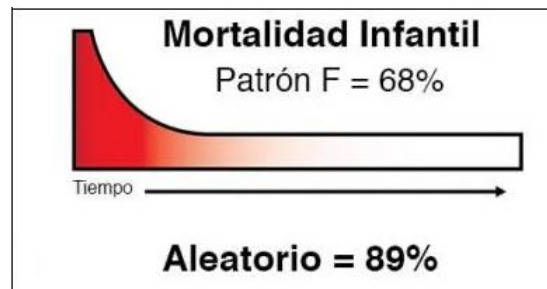


Ilustración 29. Curva de fallas tipo F

### Efectos de falla

El cuarto paso en el proceso de RCM tiene que ver con hacer un listado de los efectos de falla, que describen lo que ocurre con cada modo de falla. Esta descripción debería incluir toda la información necesaria para apoyar la evaluación de las consecuencias de la falla, tal como:

- Que evidencia existe (si la hay) de que la falla ha ocurrido
- De qué modo representa una amenaza para la seguridad o el medio ambiente (si la representa)
- De qué manera afecta a la producción o las operaciones (si las afecta)
- Que daños físicos (si los hay) han sido causados por la falla
- Que debe hacerse para reparar la falla (Moubray, 1997)

### Consecuencias de la Falla

Un análisis detallado de la empresa industrial promedio probablemente muestre entre tres mil y diez mil posibles modos de falla. Cada una de estas fallas afecta a la organización de algún modo, pero en cada caso, los efectos son diferentes. Pueden afectar operaciones. Todas para ser reparadas tomaran tiempo y dinero. (Moubray, 1997)

Son estas consecuencias las que más influyen el intento de prevenir cada falla. En otras palabras, si una falla tiene serias consecuencias, haremos un gran esfuerzo para intentar evitarla. Por otro lado, si no tiene consecuencias o tiene consecuencias leves, quizás decidamos no hacer más mantenimiento de rutina que una simple limpieza y lubricación básica. (Moubray, 1997)

Un punto fuerte del RCM es que reconoce que las consecuencias de las fallas son más importantes que sus características técnicas. De hecho, reconoce que la única razón para hacer cualquier tipo de mantenimiento proactivo no es evitar las fallas *per se* sino evitar o reducir las *consecuencias* de las fallas. El proceso RCM clasifica estas consecuencias en cuatro grupos, de la siguiente manera:

Consecuencias de fallas ocultas: las fallas ocultas no tienen un impacto directo, pero exponen a la organización a fallas múltiples con consecuencias serias y hasta catastróficas.

Consecuencias ambientales y para la seguridad: una falla tiene consecuencias para la seguridad si es posible que cause daño o la muerte a alguna persona. Tiene consecuencias ambientales si infringe alguna normativa o reglamento ambiental tanto corporativo como regional, nacional o internacional.

Consecuencias Operacionales: una falla tiene consecuencias operacionales si afecta la producción (cantidad, calidad del producto, atención al cliente, o costos operacionales además del costo directo de la reparación).

Consecuencias No-Operacionales: las fallas que caen en esta categoría no afectan a la seguridad ni la producción, solo implican el costo directo de la reparación. (Moubray, 1997)

El proceso de evaluación de las consecuencias también cambia el énfasis de la idea de que toda falla es negativa y debe ser prevenida. De esta manera focaliza la atención sobre las actividades de mantenimiento que tienen el mayor efecto sobre el desempeño de la organización, y resta importancia a aquellas que tienen escaso resultado. Las técnicas de manejo de fallas se dividen en dos categorías:

Tareas proactivas: estas tareas se emprenden antes de que ocurra la falla, para prevenir que el ítem llegue al estado de falla. Abarca lo que se conoce tradicionalmente como mantenimiento “predictivo” o “preventivo”, aunque veremos que luego el RCM utiliza los términos reacondicionamiento cíclico, sustitución cíclica y mantenimiento a condición.

Tareas de reacondicionamiento cíclico y sustitución cíclicas: El reacondicionamiento cíclico implica re fabricar un componente o reparar un conjunto antes de un límite de edad específico sin importar su condición en ese momento. De manera parecida, las tareas de sustitución cíclica implican sustituir un componente antes de un límite de edad específico, más allá de su condición en ese momento.

En conjunto de estos dos tipos de tareas son conocidos generalmente como mantenimiento *preventivo*.

Tareas a condición: el crecimiento de nuevos tipos de manejo de falla se debe a la continua necesidad de prevenir ciertos tipos de falla, y la creciente ineficacia de las técnicas clásicas para hacerlo. La mayoría de las nuevas técnicas se basan en el hecho de la mayoría de las fallas dan algún tipo de advertencia de que están por ocurrir. Estas advertencias se denominan *fallas potenciales*, y se definen como condiciones físicas identificables que indican que una falla funcional está por ocurrir o están en el proceso de ocurrir.

Las nuevas técnicas son utilizadas para detectar fallas potenciales y permitir

actuar evitando las posibles consecuencias que surgirían si se transformaran en fallas funcionales. Se llaman tareas a condición porque los componentes se dejan en servicio *a condición* de que continúen alcanzando los parámetros de funcionamiento deseados. (Moubray, 1997)

Acciones a falta de: estas tratan directamente con el estado de falla y son elegidas cuando no es posible identificar una tarea proactiva efectiva. Las acciones a falta de incluyen búsqueda de falla, rediseño y mantenimiento a rotura. Acciones a falta de:

Búsqueda de fallas: las tareas de búsqueda de falla implican revisar periódicamente funciones ocultas para determinar si han fallado (mientras que las tareas basadas en la condición implican revisar si algo está por fallar)

Rediseño: rediseñar implica hacer cambios de una sola vez a las capacidades iniciales del sistema. Esto incluye modificaciones al equipo y también cubre los cambios de una sola vez a los procedimientos.

Ningún mantenimiento programado: como su nombre lo indica, aquí no se hace esfuerzo alguno en tratar de anticipar o prevenir los modos de falla y se deja que la falla simplemente ocurra, para luego repararla. (Moubray, 1997)

### **Aplicación del proceso RCM**

Antes de comenzar a analizar los requerimientos de mantenimiento de los activos físicos de cualquier organización, necesitamos saber de qué activos se trata y decidir cuáles de ellos serán sometidos al proceso de revisión de RCM.

La aplicación exitosa de RCM depende de un meticuloso planeamiento y preparación. Los elementos centrales de planeamiento son:

Decidir cuales activos físicos se beneficiarán más con el proceso RCM, y exactamente de qué manera lo harán.

Evaluar los recursos requeridos para la aplicación del proceso a los activos seleccionados

En los casos en los que los beneficios justificaran la inversión, decidir detalladamente quien realizara y que auditará cada análisis, cuando y donde, y hacer los arreglos para que dichas personas reciban el entrenamiento apropiado.

Asegurar que el contexto operacional de cada activo físico este claramente comprendido.

### Hoja de información

La metodología “RCM se define como un proceso usado para determinar qué es lo que debe hacerse para asegurar que cualquier activo físico continúe haciendo aquello que sus usuarios quieren que haga en su actual contexto operacional” (Moubray, 1997). Esto implica que es necesario detallar el contexto antes de aplicar el proceso.

ANÁLISIS DE MODOS DE FALLA Y CONSECUENCIAS							FECHA	REVISIÓN N°
MAQUINA:		Grupo Electrogenero de Alta potencia SCANIA					MODELO/TIPO:	DC16071A
SISTEMA:							LÍNEA:	500 KVA
FUNCION		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA				EFEECTO DE FALLA
				NIVEL 1		NIVEL 2		
1		A		1		1.1		

*Ilustración 30. Modelo tabla análisis de modo de falla y consecuencias*

### Diagrama de decisión y hoja de decisión

El diagrama de decisión contiene las preguntas que se realizan para tomar decisiones de manera ordenada y estratégica, para completar llenar la hoja de decisión.

La hoja de decisión está dividida en 16 columnas. Las primeras 3 (F, FF y FM) indican el modo de fallo que se analiza en esta línea. Se utilizará la hoja de información con la hoja de decisión. (Pinzón, 2011)

Esta hoja de decisión permite saber: que mantenimiento de rutina será realizado, con qué frecuencia y quien lo hará; que fallas son lo suficiente serias para justificar el diseño; casos en los que se toma la decisión de dejar que las fallas ocurran.

HOJA DE DECISIÓN		MAQUINA	Grupo Electrogenero de Alta potencia SCANIA										HOJA	REV N°	REV POR:	
													2	1		
		SISTEMA	Sistema V 8, 50 Hz, 1500 rpm										LÍNEA	500 KVA		
													RESPONSABLE			
REFERENCIA DE INFORMACION	EVALUACION DE CONSECUENCIAS	H	S	E	O	H1	H2	H3	Tareas "a flata de"			TAREA PROPUESTA	FRECUENCIA	RESPONSABLE	COMENTARIO	
						S1	S2	S3	O1	O2	O3					H4
1	A															

*Ilustración 31. Modelo hoja de decisión*

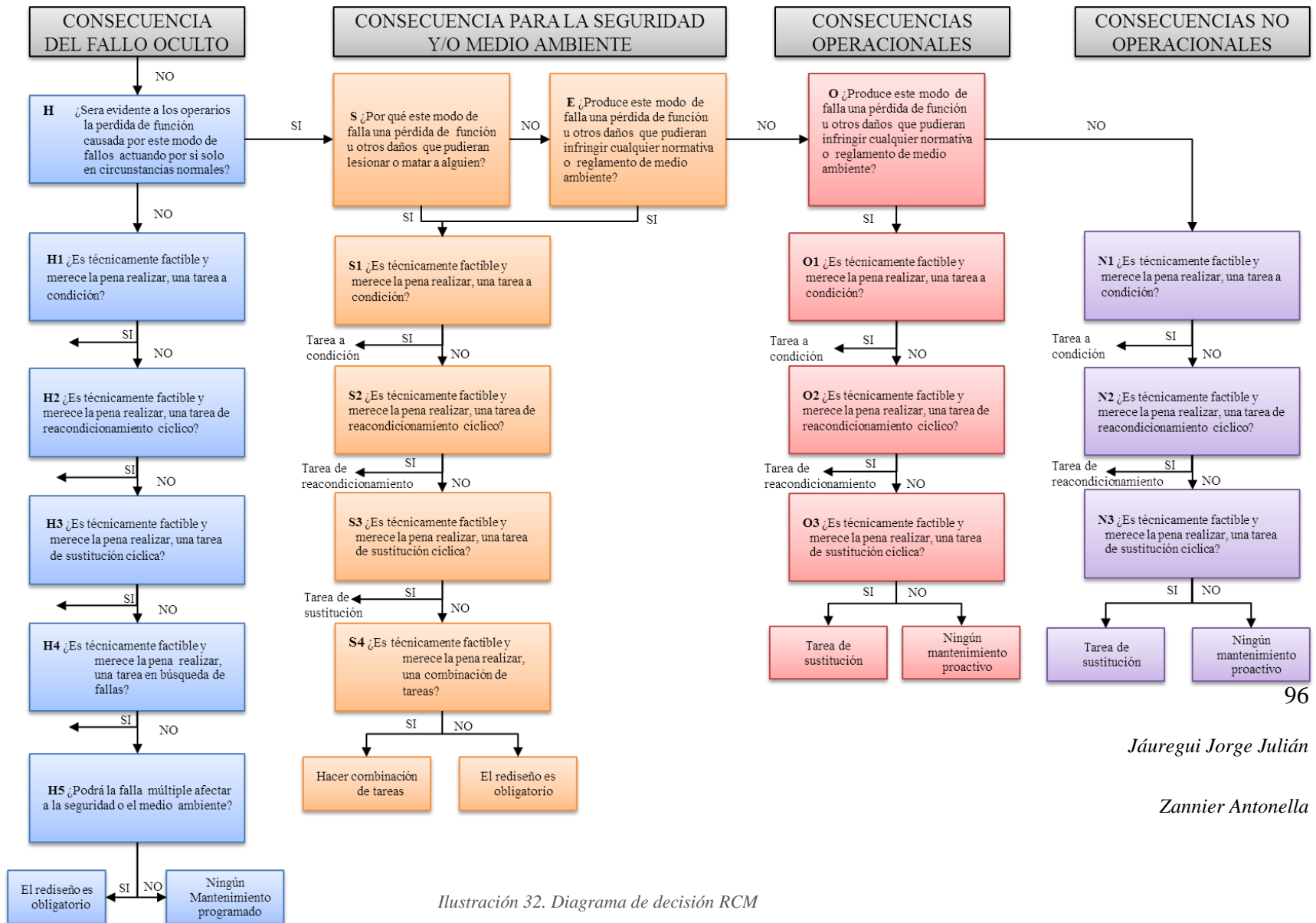
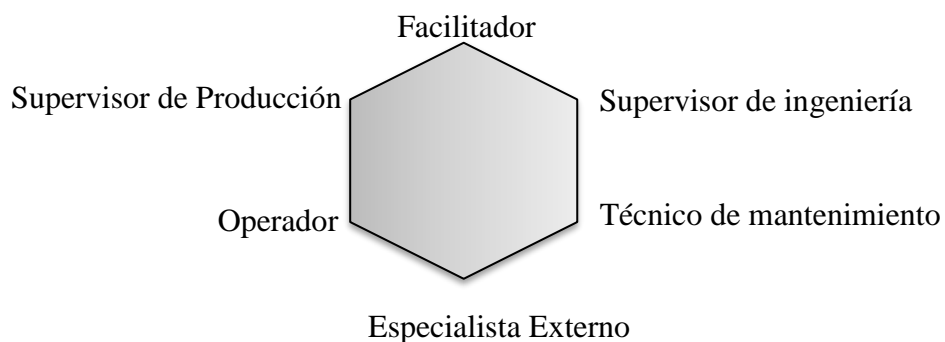


Ilustración 32. Diagrama de decisión RCM

### **Grupo de trabajo**

Cuando se quiere poner en práctica el procedimiento para aplicar la metodología RCM, en ocasiones los operadores de mantenimiento no pueden responder por si mismos las siete preguntas. Es por este motivo que se tienen que realizar equipos de trabajo que tengan entre sus integrantes operarios de mantenimiento y otra persona que se desempeñe en tareas operativas.

Los integrantes del grupo de trabajo deben tener un amplio conocimiento sobre los equipos generadores como así también haber sido capacitados en RCM.



En la práctica, los lugares de cada grupo no tienen que completarse exactamente por el mismo personal que el que muestra la figura. (Moubray, 1997)

### **Facilitadores**

Los grupos de revisión RCM trabajan bajo la guía de especialistas en RCM, llamados facilitadores. Son los integrantes más importantes del proceso de revisión RCM. Su rol es asegurar que:

El análisis RCM se lleve a cabo en el nivel correcto, que los límites del sistema sean claramente definidos, que ningún ítem importante sea pasado por alto, y que los resultados del análisis sean debidamente registrados.

RCM sea claramente comprendido y correctamente aplicado por parte de los miembros del grupo.

El análisis progrese razonablemente rápido y termine a tiempo. (Moubray, 1997)

El objetivo de cada grupo es usar el proceso RCM para determinar los requisitos

de mantenimiento de un activo específico o una parte del proceso en particular. Bajo la conducción de un Facilitador, el grupo analiza el contexto en el cual está operando el activo, y luego completa la Hoja de Información (la transcripción la realiza el Facilitador, de modo que los miembros del grupo no tienen que llevar ninguna clase de papel si no lo desean). Luego usan el Diagrama de Decisión de RCM para decidir cómo tratar cada uno de los modos de falla indicados en la hoja de información. Sus conclusiones se registran en las Hoja de Decisión de RCM. (Moubray, 1997)

### **Resultados del RCM**

Un análisis RCM da tres resultados tangibles:

Planes de mantenimiento a ser realizados por el departamento de mantenimiento.

Procedimientos de operación revisados, para los operadores del activo.

Una lista de cambios que deben hacerse al diseño del activo físico, o la manera en que es operado, para lidiar con situaciones en las que el mismo no puede proporcionar el funcionamiento deseado con su configuración actual.

Dos resultados menos tangibles son que los participantes del proceso aprenden mucho acerca de cómo funciona el activo físico y que suele tender a funcionar mejor como equipo.

Por otra parte, el RCM también logra:

Mayor seguridad e integridad ambiental: esto significa que actúa para minimizar o eliminar todos los riesgos identificables relacionados con la seguridad de los equipos y el ambiente.

Mejor funcionamiento operacional (cantidad, calidad de producto y servicio al cliente): asegura que solo se elegirán las formas de mantenimiento más efectivas para cada activo físico.

Mayor costo-eficiencia del mantenimiento: RCM continuamente focaliza su atención en las actividades de mantenimiento que tienen mayor efecto en el desempeño de la planta.

Mayor vida útil de componentes costosos: debido al cuidadoso énfasis en el uso de técnicas de mantenimiento a condición.

Una base de datos global: una revisión de RCM finaliza con un registro global y extensivamente documentado de los requerimientos de mantenimiento de todos los activos físicos utilizados por la organización.

Mayor motivación del personal: esto lleva a un mayor entendimiento general del activo en su contexto operacional, junto con un “sentido de pertenencia” más amplio de los problemas de mantenimiento y sus soluciones.

Mejor trabajo en equipo: RCM provee un lenguaje técnico que es fácil de entender para cualquier persona que tenga alguna relación con el mantenimiento. Esto da al personal de mantenimiento y de operaciones un mejor entendimiento de lo que el mantenimiento puede (y de lo que no puede) lograr, y que debe hacerse para lograrlo.



### PVHA - Reparación de fallas en grupos electrógenos sin planificación

**P1**

#### Definición del Problema

Empresa: Todo Obras SRL  
 Fecha: 01/01/2020

#### Grupo de Mejora

Miembro	Nombre y Apellido	Cargo
Miembro 1	Jáuregui Romano Jorge	
Miembro 2	ZannierAntonella	
Miembro 3		

#### Descripción del Problema

La empresa Todo Obras cuenta con equipos generadores de energía eléctrica del tipo full prime. Este equipo como toda máquina necesitan de un mantenimiento periódico realizado por operadores capacitados, ya que se trata de equipos de gran envergadura y muy costosos. Actualmente no se cuenta con un programa de mantenimiento que se anticipe a posibles fallas y lleve un registro histórico de datos lo que impide emplear herramientas de análisis que permitan conocer objetivamente el impacto y el origen de los problemas.

#### Definición del Objetivo

Objetivo:	Implementar un plan de mantenimiento
Indicador:	Numero de órdenes de mantenimiento realizadas
Unidad de Medida:	Cantidad
Valor inicial	0
Valor deseado	
Plazo	5 meses

**P2**

#### Identificación de Causas

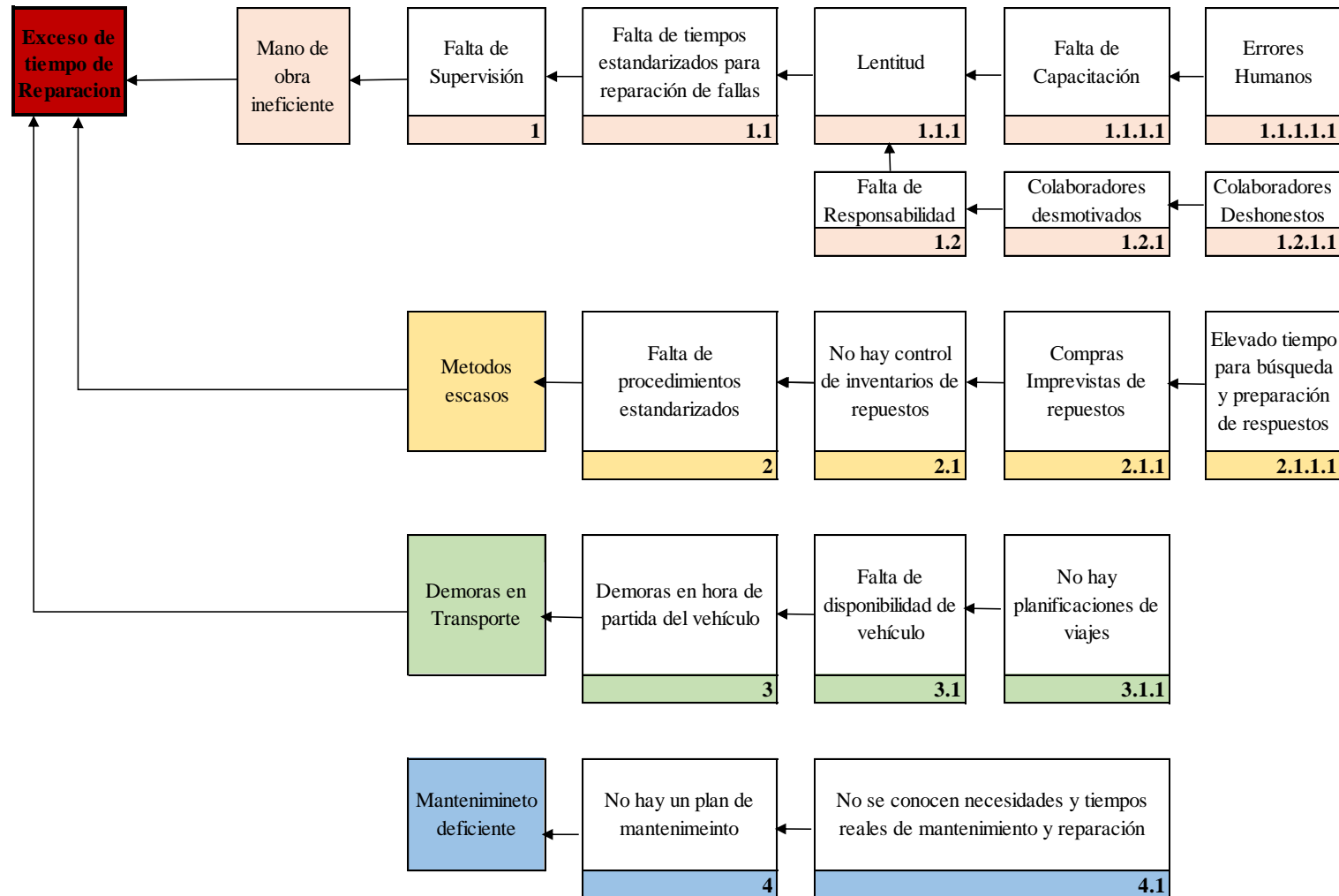
Empresa: Todo Obras SRL  
 Fecha: 01/01/2020

#### Diagnostico Situacional

Al no contar con un plan de mantenimiento que defina fechas y tiempo, se ha podido observar que los operadores demoran más de lo necesario en realizar una tarea específica, provocando costos por ineficiencia. Cuando se daña un equipo en el interior y se pone en conocimiento a la casa central en Salta Capital, la coordinación de los grupos de trabajo presenta problemas de desempeño ya que no se tiene previsto con anticipación transporte, repuestos, personal, y plazos de trabajo.

P3

Analisis Causa Raiz



<b>P4 Medidas Remedio - Plan de Acción - 5W</b>						
<b>Ítem</b>	<b>Tema (Causa raíz) ¿POR QUÉ?</b>	<b>Acción ¿QUÉ?</b>	<b>Observaciones ¿CÓMO? ¿DÓNDE?</b>	<b>Responsable ¿QUIÉN?</b>	<b>Inicio ¿CUÁNDO?</b>	<b>Fin ¿CUÁNDO?</b>
<b>1.1</b>	Falta de tiempos estandarizados para reparación de fallas	Desarrollar un estudio de tiempos para reparación de fallas más comunes	En las instalaciones de la empresa en Salta Capital con los técnicos mecánicos y eléctricos			
<b>2.1</b>	No hay control de inventarios de repuestos	Desarrollar una base de datos con repuestos disponibles en almacén	Con un software informático, inicialmente un Excel			
<b>4.1</b>	No se conocen necesidades ni tiempos reales de mantenimiento y reparación	Desarrollar un FMEA	El resultado de utilizar la herramienta FMEA será tomar conocimiento de las acciones de mejora como base para desarrollar planes de mantenimiento, frecuencia y su programa de ejecución			
<b>4</b>	No hay un plan de mantenimiento	Elaborar un plan de mantenimiento				

**P5**

**Análisis de modos de falla y sus efectos**

<b>ANALISIS DE MODOS DE FALLA Y CONSECUENCIAS</b>							
<b>MAQUINA:</b>		<b>Grupo Electrónico de Alta potencia SCANIA</b>					
FUNKION	FALLA FUNKION AL	MODO DE FALLA		EFECTO DE FALLA	TAREA PROPUESTA	TIPO DE TAREA	
		NIVEL 1	NIVEL 2				
1	El motor no arranca	1	Falta de combustible  1.1 Desabastecimiento de combustible  1.2 Manguera pinchada	No existirá torque en el árbol de levas  Posibilidad que el motor se acelere por la presencia de aire en el circuito	Se deberá purgar el circuito de combustible una vez que tenga combustible el tanque  se deberá purgar el circuito de combustible una vez que tenga combustible el tanque	Basado en condición  Basado en condición	

				1.3	Filtro de combustible sucio	No hay circulación de combustible a bomba inyectora o inyector de bomba	Se deberá cambiar el filtro y purgar el circuito de combustible de bomba inyectora	Preventivo
				1.4	Mal funcionamiento de la bomba de combustible	No se efectúa una correcta pulverización de combustible en el ciclo de encendido	Cambiar bomba e inyectores	Preventivo
				1.5	Inyectores sucios	Impide el paso y disminuye la calidad del combustible	Control de funcionamiento del mismo	Preventivo
		2	El motor de arranque no funciona	2.1	No gira el burro de arranque	No funciona	Control de los carbones de arranque; control de automático, bend y bujes	Basado en condición
				2.2	Mal conexión de la batería	Falso contacto en el borne de batería provocando chispazo y un daño en el mismo	Cambiar bornes positivo y negativo y cambio de batería si	Basado en condición

							levanta temperatura	
				2.3	Falla el alternador	Alternador no carga la batería	Control de alternador, regulador de voltaje	Basado en condición
				2.4	Obstrucción de la toma de aire por suciedad	No generará una combustión completa del motor	Limpiar la toma de aire	Preventivo
				2.5	Cortocircuito del pre calentador de arranque	No generará la suficiente energía necesaria para el arranque	controlar conexiones del pre calentador	Al ocurrir el fallo
		3	No tiene refrigerante	3.1	Bajo nivel de refrigerante	Alarma activada, se produce el corte de funcionamiento del motor	controlar si existe alguna perdida de refrigerante	Preventivo
				3.2	Fallo en sistema de medición		Controlar sensores de agua	Correctivo
				3.3	Líquido refrigerante sucio	Atascamiento en el sistema de refrigeración	Cambio de Líquido Refrigerante	Preventivo
E		4		4.1	Obstrucción de la rejilla del radiador	Sobrecalentamiento, vibraciones	Limpeza de radiador	Preventivo

<b>El motor sobrecalienta</b>	4	Suciedad del radiador	4.2	Filtro de aire sucio	Mala combustión	Cambiar filtros de aire	Preventivo
			4.3	Falta de aire por mal montaje	Sobrecalentamiento, vibraciones	Verificar el montaje	Basado en condición
	5	Fallas en el sistema de lubricación	5.1	Falla en la bomba de aceite	El motor no tiene una correcta lubricación	Verificar el funcionamiento	Preventivo
			5.2	Falla en el purificador de aceite	El aceite que logra brindar será de una calidad inferior	Reemplazar el filtro de aceite	Preventivo
			5.3	Perdida de aceite en conexiones	Disminución del caudal de aceite necesario	Cambio de retenes y juntas	Preventivo
			5.4	Falla de lubricación en turbocompresor	Aumento de temperatura en el turbocompresor	controlar presión turbocompresor	Basado en condición
			5.5	Falla en el enfriador de aceite	No logra enfriar correctamente el pistón del motor	Verificar el enfriador de aceite	Basado en condición
	6	Falla en la Bomba de agua	6.1	Contaminación por m aterias finas y gruesas	Atascamiento de la bomba	Purgado y limpieza de filtros	Preventivo
			6.2	Falta de aceite	Calentamiento del refrigerante	Agregar aceite correspondiente	Basado en condición

				6.3	Rotura de las tubos	Perdida de caudal del refrigerante	Cambio de mangueras	Basado en condición
				6.4	Falta de Liquido	Utilización de la bomba en vacío	Agregar Líquido Refrigerante	Basado en condición
		7	Fallo del Intercooler	7.1	Perdida de aire en el intercooler	Mal acondicionamiento de la cámara de combustión	Limpieza de toma de aire	Preventivo
	El motor se apaga	8	Falla eléctrica	8.1	Mala aislación	Cortocircuito y/o sobrecalentamiento	cambiar circuito eléctrico y mejorar la aislación	Basado en condición
8.2				Falla interruptor principal	Corte general del sistema	controlar la llave térmica en el tablero principal	Basado en condición	
8.3				Mal funcionamiento del mando de parada	Parada inesperada del motor	controlar el botón de encendido y el ajuste de las borneras	Basado en condición	
8.4				Falla de la caja de fusibles y relés del motor	Mal contacto del sistema, parada inesperada	controlar que no esté sulfatados los contactos y el fusible con	Basado en condición	

						amperaje correcto			
			8.5	Desconexión del alternador	No existe torque en el rotor	controlar la conexión de la bornera del alternador	Basado en condición		
			8.6	Batería descargada	Al no haber energía, no funciona el sistema	cambiar la batería o controlar el alternador	Preventivo		
		9		Falla Mecánica	9.1	Rotura de correas	Sin las correas, no se transmite fuerza mecánica	Cambio de correas	Preventivo
					9.2	Rotura del árbol de levas	Sin el árbol de levas, el rotor dejaría de funcionar	Desarme del motor y cambio de árbol de levas	Correctivo

**V6**

**EVALUACION DE RESULTADOS**

**OBJETIVO:** Implementar 513 planes de mantenimiento en un año de los cuales cada uno de ellos corresponde a:

**COMIENZO:** 1/1/2020

**FIN:** 31/12/2020

PLAN DE MANTENIMIENTO	CANTIDAD ESPERADA
Inspecciones. visuales	366
Tareas de revisión cada 170 horas	52
Mantenimiento cada 250 horas	36
Sistema lubricación -Realizar cambio de filtro y de aceite	22
Sistema combustible-Realizar cambio de filtro de combustible	14
Sistema enfriamiento-cambio filtro de aire	11
Tareas de mantenimiento cada 1200 horas	7
Tareas de mantenimiento cada 3200 horas	2
Realizar mantenimiento o cambio de la bomba de agua y bomba de combustible	2
Overhaul	1

PLAN DE MANTENIMIENTO	CANTIDAD REALIZADA
Inspecciones visuales	
Tareas de revisión cada 170 horas	
Mantenimiento cada 250 horas	
Sistema lubricación -Realizar cambio de filtro y de aceite	
Sistema combustible-Realizar cambio de filtro de combustible	
Sistema enfriamiento-cambio filtro de aire	
Tareas de mantenimiento cada 1200 horas	
Tareas de mantenimiento cada 3200 horas	
Realizar mantenimiento o cambio de la bomba de agua y bomba de combustible	
Overhaul	

**A7**

**ANALISIS DE DESVIOS**

Fecha	Plan de mantenimiento	Esperado	Real	Desvío
31/12/2020	Inspecciones visuales	366		
	Tareas de revisión cada 170 horas	52		
	Mantenimiento cada 250 horas	36		
	Sistema lubricación -Realizar cambio de filtro y de aceite	22		
	Sistema combustible-Realizar cambio de filtro de combustible	14		
	Sistema enfriamiento-cambio filtro de aire	11		
	Tareas de mantenimiento cada 1200 horas	7		
	Tareas de mantenimiento cada 3200 horas	2		
	Realizar mantenimiento o cambio de la bomba de agua y bomba de combustible	2		
	Overhaul	1		

Fecha evaluación	Hecho/Problema	Causa Raíz	Acción	Responsable	Fecha Límite

ASPECTOS  
POSITIVOS

Proponiendo estas mejoras se puede:

- lograr una cultura en la empresa orientada a la mejora continua
- conocer el modo de falla de los equipos
- trabajar con objetivos y resultados medibles

ASPECTOS  
NEGATIVOS

Entre los aspectos negativos que dificultan la implementación del ciclo PHVA:

- No se tiene registros históricos de fallas y de tareas de mantenimiento para su análisis
- Falta de tiempo para implementar las mejoras antes de la exposición del informe

FUTURAS  
LINEAS

En un corto plazo sería óptimo

- Contar con un registro detallado de las fallas luego de aplicar el plan maestro de mantenimiento para conocer los desvíos, su causa raíz y el grado en el cual se pudo mejorar efectivamente.
- Capacitar al personal en aspectos de mejora continua
- Implementar un software diseñado a medida para el mantenimiento de todos los grupos electrógenos de la empresa que brindan servicio en el interior de la provincia de Salta.

**Pronostico de Demanda**

**Aplicación de Distintos Métodos de Suavización de una Serie Temporal**

Periodo	Año	Mes	D.R.	P.R.	D.R./P.R.	M.E.	P.R. Ajustado x M.E.	Error	Error Absoluto
1	2015	sep-15	5.120	4.980,71	1,0279661	1,197	5.962,04	-842,04	842,04
2		oct-15	5.207	5.033,35	1,0344996	1,1988	6.034,23	-827,23	827,23
3		nov-15	5.178	5.085,99	1,0180901	1,1054	5.621,92	-443,92	443,92
4		dic-15	5.214	5.138,64	1,0146661	1,0851	5.575,84	-361,84	361,84
5	2016	ene-16	5.083	5.191,28	0,9791422	1,0488	5.444,45	-361,45	361,45
6		feb-16	4.606	5.243,92	0,8783503	0,969	5.081,48	-475,48	475,48
7		mar-16	5.114	5.296,56	0,9655317	1,0578	5.602,55	-488,55	488,55
8		abr-16	5.200	5.349,21	0,9721069	1,11	5.937,74	-737,74	737,74
9		may-16	5.602	5.401,85	1,0370524	1,3226	7.144,27	1.542,27	1542,27
10		jun-16	5.852	5.454,49	1,0728774	1,2158	6.631,46	-779,46	779,46
11		jul-16	5.807	5.507,13	1,0544506	1,2514	6.891,44	1.084,44	1084,44
12		ago-16	6.063	5.559,78	1,0905116	1,3001	7.228,20	1.165,20	1165,20
13		sep-16	5.840	5.612,42	1,0405497	1,197	6.718,21	-878,21	878,21
14		oct-16	6.031	5.665,06	1,0645958	1,1988	6.791,56	-760,56	760,56
15		nov-16	6.006	5.717,70	1,0504218	1,1054	6.320,19	-314,19	314,19
16		dic-16	5.841	5.770,35	1,0122444	1,0851	6.261,29	-420,29	420,29
17	2017	ene-17	5.677	5.822,99	0,974929	1,0488	6.106,96	-429,96	429,96
18		feb-17	5.221	5.875,63	0,8885855	0,969	5.693,62	-472,62	472,62
19		mar-17	5.813	5.928,27	0,9805554	1,0578	6.270,75	-457,75	457,75
20		abr-17	6.524	5.980,92	1,090803	1,11	6.638,95	-114,95	114,95
21		may-17	8.656	6.033,56	1,4346428	1,3226	7.979,74	676,26	676,26
22		jun-17	6.805	6.086,20	1,1181032	1,2158	7.399,47	-594,47	594,47
23		jul-17	8.077	6.138,84	1,3157204	1,2514	7.681,94	395,06	395,06
24		ago-17	8.856	6.191,48	1,4303516	1,3001	8.049,48	806,52	806,52
25		sep-17	8.159	6.244,13	1,3066678	1,197	7.474,38	684,62	684,62
26		oct-17	8.615	6.296,77	1,3681618	1,1988	7.548,88	1.066,12	1066,12
27		nov-17	7.613	6.349,41	1,1990086	1,1054	7.018,47	594,53	594,53
28		dic-17	7.307	6.402,05	1,1413523	1,0851	6.946,75	360,25	360,25
29	2018	ene-18	7.108	6.454,70	1,1012136	1,0488	6.769,48	338,52	338,52
30		feb-18	6.823	6.507,34	1,0485084	0,969	6.305,76	517,24	517,24

31		mar-18	7.518	6.559,98	1,1460398	1,0578	6.938,95	579,05	579,05
32		abr-18	7.789	6.612,62	1,1778985	1,11	7.340,16	448,84	448,84
33		may-18	9.621	6.665,27	1,4434531	1,3226	8.815,21	805,79	805,79
34		jun-18	10.211	6.717,91	1,519967	1,2158	8.167,49	2.043,51	2043,51
35		jul-18	10.076	6.770,55	1,4882096	1,2514	8.472,44	1.603,56	1603,56
36		ago-18	10.481	6.823,19	1,5360841	1,3001	8.870,76	1.610,24	1610,24
37		sep-18	9.715	6.875,84	1,412919	1,197	8.230,55	1.484,45	1484,45
38		oct-18	9.202	6.928,48	1,3281415	1,1988	8.306,20	895,80	895,80
39		nov-18	8.056	6.981,12	1,1539694	1,1054	7.716,74	339,26	339,26
40		dic-18	8.244	7.033,76	1,172061	1,0851	7.632,20	611,80	611,80
41	2019	ene-19	8.077	7.086,41	1,1397879	1,0488	7.432,00	645,00	645,00
42		feb-19	7.572	7.139,05	1,0606455	0,969	6.917,90	654,10	654,10
43		mar-19	8.191	7.191,69	1,1389533	1,0578	7.607,16	583,84	583,84
44		abr-19	8.688	7.244,33	1,1992822	1,11	8.041,37	646,63	646,63
45		may-19	10.034	7.296,98	1,3750902	1,3226	9.650,69	383,31	383,31
46		jun-19	8.468	7.349,62	1,1521687	1,2158	8.935,51	-467,51	467,51
47		jul-19	8.491	7.402,26	1,147082	1,2514	9.262,93	-771,93	771,93
48		ago-19	8.524	7.454,90	1,1434086	1,3001	9.692,04	-	1168,04
49		sep-19		7.507,55	0	1,197	8.986,72		
50		oct-19		7.560,19	0	1,1988	9.063,53		
51		nov-19		7.612,83	0	1,1054	8.415,01		
52		dic-19		7.665,47	0	1,0851	8.317,66		
53	2020	ene-20		7.718,12	0	1,0488	8.094,51		
54		feb-20		7.770,76	0	0,969	7.530,04		
55		mar-20		7.823,40	0	1,0578	8.275,36		
56		abr-20		7.876,04	0	1,11	8.742,59		
57		may-20		7.928,68	0	1,3226	10.486,16		
58		jun-20		7.981,33	0	1,2158	9.703,53		
59		jul-20		8.033,97	0	1,2514	10.053,43		
60		ago-20		8.086,61	0	1,3001	10.513,32		
61		sep-20		8.139,25	0	1,197	9.742,90		
62		oct-20		8.191,90	0	1,1988	9.820,85		
63		nov-20		8.244,54	0	1,1054	9.113,29		
64		dic-20		8.297,18	0	1,0851	9.003,11		
								58,63	723,63
								EPP (P.R.)	DAM (P.R.)

SC = 3,8890123

### Consumo y Punto de Pedido

Mes	Pronostico 2020	Días en el mes	Consumo diario promedio (litros)
Septiembre	8986,72	30	299,56
Octubre	9063,53	31	292,37
Noviembre	8415,01	30	280,50
Diciembre	8317,66	31	268,31
Enero	8094,51	31	261,11
Febrero	7530,04	29	259,66
Marzo	8275,36	31	266,95
Abril	8742,59	30	291,42
Mayo	10486,16	31	338,26
Junio	9703,53	30	323,45
Julio	10053,43	31	324,30
Agosto	10513,32	31	339,14
Septiembre	9742,90	30	324,76
Octubre	9820,85	31	316,80
Noviembre	9113,29	30	303,78
Diciembre	9003,11	31	290,42

Stock

inicial: 15000 litros

Días desde que se hace la orden de compra hasta que llega a la central = 15 días

Stock de reserva para 3 días de consumo= 1000 litros.

