

Tesis de Maestría

Trabajo de diploma en opción del título de Master en Dirección Empresarial



Grupo de Estudios de Gerencia Organizacional

Título: Mantenimiento preventivo planificado a grupos electrógenos de emergencia: Caso gerencia de grupos electrógenos CIMEX Cienfuegos

Autor: Ing. Rafael Rodríguez Lorenzo

Tutor: Dra. Ana Lilia Castillo Coto

Cienfuegos, enero de 2009



DECLARATORIA

Hago constar que la presente investigación fue realizada en la Universidad de Cienfuegos “Carlos Rafael Rodríguez”, como parte de la culminación del Programa de Maestría en Dirección del Grupo de Estudios de Gerencia Organizacional, autorizando a que la misma sea utilizada total o parcialmente por dicha institución para los fines que se estimen convenientes y que además no será publicada ni presentada en eventos sin la aprobación de la Universidad.

Firma del Autor

Los abajo firmantes certificamos que el trabajo ha sido revisado según el acuerdo del Consejo de Dirección de nuestro centro y que cumple los requisitos que debe tener un trabajo de esta envergadura referidos a la temática señalada.

Firma del Tutor

Dpto. Información Científico Técnica
Nombres y Apellidos. Firma

Resumen

El trabajo titulado “Mantenimiento preventivo planificado a grupos electrógenos de emergencia: Caso Gerencia de Grupos Electrógenos CIMEX Cienfuegos”, realizado en la Gerencia de Grupos Electrógenos CIMEX Cienfuegos, resume una investigación efectuada desde el año 2007 al 2008, con el objetivo de validar un procedimiento para el establecimiento del mantenimiento preventivo planificado a grupos de origen japonés. La investigación busca cómo establecer el procedimiento, apoyándose en la estructura organizacional de la gerencia, de manera que se optimicen los recursos disponibles. El sustento teórico mostró que una adecuada gestión de mantenimiento en el marco del desarrollo tecnológico creciente y una política de personal orientada hacia la calidad, mejoran la productividad y hacen más eficiente la gestión general de la empresa. Los resultados muestran una propuesta integradora con enfoque sistémico, basada en el paradigma del mantenimiento, con un modelo holístico, dirigido hacia la dimensión de eficacia donde las variables a evaluar contemplan, la planificación y organización del proceso.

INDICE

Resumen	1
Indice	2
Introducción	4
Capítulo No. 1: Consideraciones generales sobre el mantenimiento y la generación distribuida	8
1.1. Concepciones generales sobre mantenimiento	8
1.2. Marco histórico	9
1.3. Proceso de mantenimiento	12
1.3.1. Tarea de mantenimiento	14
1.4. Sistemas de mantenimiento	15
1.4.1. Mantenimiento preventivo	17
1.4.1.1. Características del mantenimiento preventivo	17
1.4.1.2. Ventajas del mantenimiento preventivo	18
1.4.1.3. Desventajas del mantenimiento preventivo	18
1.5. La generación distribuida	21
1.5.1. Tecnologías de generación distribuida	23
1.5.2. Aplicaciones de la generación distribuida	24
1.5.3. Beneficios y problemas de la generación distribuida	24
1.6. Generadores eléctricos	25
1.6.1. Generadores sincrónicos	26
1.6.2. Clasificación de los generadores sincrónicos	27
1.7. Generadores de emergencia	27
1.7.1. Tamaño de los generadores	28
1.7.2. Conexión de generadores a un sistema de potencia	28
1.8. Grupos electrógenos de emergencia (GEE)	29
1.8.1. Tamaño de grupos electrógenos de emergencia	30
1.8.2. Utilidad de los grupos electrógenos de emergencia	31
1.8.3. Necesidad del MPP a los grupos electrógenos de emergencia	31
1.8.4. Los grupos electrógenos de emergencia en Cuba	32
1.9. Conclusiones del capítulo No. 1	33
Capítulo No. 2: Propuesta metodológica de procedimiento para el mantenimiento preventivo planificado a los GEE	35
2.1. Métodos	35
2.1.1. Análisis	35
2.1.2. Síntesis	35
2.1.3. Criterio de expertos	36
2.2. Técnicas aplicadas en el estudio	37
2.2.1. Delphi	37
2.3. Selección de la muestra	37
2.4. Reflexiones integradoras que determinan el procedimiento	38
2.4.1. Variables a estudiar	38
2.5. Propuesta para el establecimiento de un procedimiento de MPP a los GEE	39
2.6. Estrategia diseñada	42
2.7. Recursos Humanos	42
2.8. Recursos Materiales	43
2.9. Pasos a cumplir para la implementación del procedimiento	43
2.10. Descripción de los pasos a cumplir para implementar el MPP	44
2.10.1. 1er Paso: Análisis de equipos existentes	44
2.10.2. 2do Paso: Selección de equipos a incluir en el MPP	47

2.10.3. 3er Paso: Elaboración del programa de prueba del MPP.....	48
2.10.4. 4to Paso: Programa de aplicación prioritaria del MPP	48
2.10.5. 5to Paso: Selección del personal encargado del MPP	49
2.10.6. 6to Paso: Aprobación de la organización.....	50
2.11. Procedimiento general de las rutinas de MPP	50
2.11.1. Frecuencia del MPP.....	55
2.11.2. Instructivo de uso de los formatos para rutinas de MPP.....	56
2.11.3. Proceso de utilización de rutinas de MPP.....	60
2.11.4. Rutinas de MPP para GEE	64
2.12. Consideraciones y análisis de los resultados del criterio de expertos.....	67
2.12.1. Análisis de los resultados obtenidos en la aplicación del método de criterio de expertos. Técnica Delphi	67
2.13. Conclusiones del capítulo No. 2	68
Capítulo No. 3: Validación del procedimiento en el radio de acción de la Gerencia de Grupos Electrógenos CIMEX Cienfuegos	70
3.1. Condiciones que validan el procedimiento	70
3.2. Caracterización de la Gerencia de Grupos Electrógenos CIMEX Cienfuegos	71
3.2.1. Identidad cultural e historia	71
3.2.2. Visión	72
3.2.3. Estructura organizativa.....	72
3.2.4. Composición de la plantilla	72
3.2.5. Análisis del comportamiento del mercado	73
3.3. Aplicación del procedimiento de MPP a los GEE en la Gerencia de Grupos Electrógenos CIMEX Cienfuegos	73
3.3.1. 1er Paso: Análisis de equipos existentes	74
3.3.2. 2do Paso: Selección de equipos a incluir en el MPP	77
3.3.3. 3er Paso: Elaboración del programa de prueba del MPP	80
3.3.4. 4to Paso: Programa de aplicación prioritaria del MPP	81
3.3.5. 5to Paso: Selección del personal encargado del MPP	81
3.3.6. 6to Paso: Aprobación de la organización	82
3.4. Informe de los resultados obtenidos con el procedimiento operativo	83
3.4.1. Comportamiento de la actividad durante los años 2007-2008	83
3.4.2. Análisis económico	84
3.4.2.1. Ingresos por venta de servicios y reparación	86
3.4.2.2. Costos de servicio y reparación.....	87
3.4.2.3. Gastos totales.....	87
3.4.2.4. Utilidades	88
3.5. Comportamiento de los usuarios de los GEE	89
3.5.1. Fallas mas frecuentes	89
3.5.2. Estrategia para la atención de las fallas	90
3.6. Reposición y frecuencia de intervenciones.....	92
3.6.1. Política de reposición.....	92
3.6.2. Establecimiento de las frecuencias	92
3.7. Conclusiones del capítulo No. 3	94
Conclusiones	96
Recomendaciones.....	97
Referencias bibliográficas.....	98
Bibliografía consultada	99
Anexos	
Glosario	

Introducción

En el mundo moderno, el desarrollo de un país se mide - entre otros parámetros - por el nivel de electrificación que posee, debido a que la electricidad es la principal fuente de energía para la realización de la inmensa mayoría de las actividades productivas, económicas, administrativas y de servicios. Una interrupción, por breve que sea, provoca considerables trastornos y pérdidas en la producción industrial, el transporte, las telecomunicaciones, el sector financiero y en la defensa del país. Esta es la causa por la cual en el mundo entero se utilizan cada vez más los Grupos Electrónicos de Emergencia (GEE) como solución a las fallas producidas en el Sistema Eléctrico.

Cuba revisa y trabaja proyectos del Programa de la Revolución Energética, como es el emplazamiento de grupos electrónicos, a cargo de diferentes grupos empresariales, que favorezcan el ahorro y la disponibilidad energética del país. En la provincia de Cienfuegos, la Gerencia de Grupos Electrónicos CIMEX (GGE), se responsabiliza con el mantenimiento y reparación de los equipos fabricados en Japón, independiente de la marca y potencia. Es determinante la optimización de los recursos disponibles para esta actividad, lo que motiva realizar una investigación con el fin de concebir un procedimiento para establecer el mantenimiento preventivo a estos equipos.

La diversidad en el diseño tecnológico y su explotación individual determinará un comportamiento diferente en las necesidades de mantenimiento de cada uno de estos GEE y de sus elementos, por lo que se hace necesario realizar un completo estudio de los que recibirán el servicio con el fin de destacar fallas o inconvenientes que estos presentan y poder así ponerlos en condiciones óptimas para asignarles a cada uno un plan específico de mantenimiento. Esto nos permitirá, no sólo prevenir futuras fallas, sino también evitar detener la producción o servicio de la entidad usuaria del GEE, en caso de que no funcione adecuadamente.

El mantenimiento surgió al empezar a producirse continuamente, de ahí que fue visto como un mal necesario, una función subordinada a la producción cuya finalidad era reparar desperfectos en forma rápida y barata.

Este concepto ha cambiado, ya no es visto como un gasto innecesario dentro de la industria; ahora se tiene conciencia de que el mantenimiento produce un bien real, que puede resumirse en la fiabilidad vista como la capacidad de producir con calidad, seguridad y rentabilidad. Debido a que el ingreso siempre provino de la venta de un producto o servicio, está visión primaria llevó a la empresa a centrar sus esfuerzos de mejora y con ello los recursos en la función de producción.

Las cosas se hicieron más difíciles con la mayor complejidad de la maquinaria, nuevas técnicas de mantenimiento y un nuevo enfoque de la organización y de las responsabilidades del mismo.

Por esto es de gran importancia la programación de inspecciones, tanto de funcionamiento como de seguridad, reparaciones, limpieza, ajustes, análisis, calibración, lubricación, que deben llevarse a cabo en forma periódica con base a un plan establecido y no a una demanda del operario o usuario.

Cabe anotar las nuevas expectativas del mantenimiento dentro de las cuáles están, una mayor importancia en todos los aspectos de seguridad y respeto al medio ambiente, un conocimiento del lazo entre el mantenimiento y la calidad del producto y una optimización y actualización de todos los equipos productivos.

Problema Científico:

¿Cómo establecer un procedimiento para el mantenimiento preventivo a los GEE de origen japonés en la provincia Cienfuegos, apoyándose en la estructura organizacional de la Gerencia de Grupos Electrónicos CIMEX, de manera que permita la optimización de los recursos disponibles?

Este problema motiva, diversas reflexiones desde la práctica, que permiten valorar las condiciones reales en que se realizan las acciones de mantenimiento y genera diversas interrogantes:

- ¿Cuáles son las diferentes tendencias de la actividad de mantenimiento?
- ¿Cuáles son los elementos necesarios a establecer en el procedimiento para el mantenimiento preventivo a los GEE de acuerdo a los estándares internacionales y las características del entorno empresarial cubano?
- ¿Cuáles son los resultados de la aplicación del procedimiento para el mantenimiento preventivo a los GEE, de origen japonés en la Gerencia de Grupos Electrónicos CIMEX Cienfuegos?

Es a partir de estas interrogantes, que se dan los primeros pasos de la investigación, que tiene como objeto de estudio validar un procedimiento para el establecimiento del mantenimiento preventivo a los GEE de origen japonés en la provincia de Cienfuegos, durante el período 2007-2008.

Justificación

Las relaciones y dinámicas de la humanidad en los actuales tiempos, caracterizada entre otros aspectos por la globalización de los mercados, en donde la integración comercial y financiera de la economía mundial exige repensar los procesos y procedimientos en las organizaciones, implica la formulación e implementación de nuevas prácticas administrativas y operativas en donde se aprovechen racionalmente los recursos disponibles para funcionar y se consolide un mejoramiento continuo de las labores realizadas, respondiendo con ello en parte a las exigencias mundiales de eficiencia, eficacia y calidad.

Es en este sentido que la Gerencia de Grupos Electrógenos CIMEX, de Cienfuegos con el propósito de mejorar la efectividad de sus procesos, considera la necesidad de formular un “***Procedimiento para el mantenimiento preventivo planificado a los grupos electrógenos de emergencia***” (***MPP***), con base en el análisis técnico de los mismos, destinado a identificar, valorar y corregir los daños y consecuencias que determinadas acciones puedan causar sobre el buen funcionamiento del equipo. Para ello es necesario un análisis detallado y claro de todas las partes que los conforman, de igual manera permitirá programar mantenimientos preventivos de manera oportuna.

El **MPP** otorgará ventajas a la gestión de la gerencia de grupos electrógenos, entre ellas: garantizará el perfeccionamiento de sus procesos, ampliará el conocimiento del funcionamiento técnico y mecánico, permitiendo evaluar suficiencias y proporcionará beneficios económicos, entre otros. En consecuencia la formulación y ejecución del **PMP** contribuirá al desarrollo y consolidación de la gerencia hacia parámetros de calidad.

Objetivo general

Validar un procedimiento para el establecimiento del mantenimiento preventivo planificado a los GEE de origen japonés en la provincia de Cienfuegos durante el período 2007-2008.

Objetivos específicos

1. Analizar críticamente las diferentes tendencias de la actividad de mantenimiento y generación distribuida.

2. Desarrollar un procedimiento para el establecimiento del mantenimiento preventivo a los GEE de acuerdo a los estándares internacionales y las características del entorno empresarial cubano.
3. Validar el procedimiento en el radio de acción de la Gerencia de Grupos Electrógenos CIMEX Cienfuegos.

Tareas de la Investigación

1. Investigación bibliográfica
2. Elaboración del marco teórico
3. Descripción a detalle del objeto de estudio.
4. Determinación del alcance del servicio de mantenimiento.
5. Elaboración de un procedimiento para el servicio de mantenimiento.
 - Hacer un censo de la maquinaria
 - Clasificar los equipos en sus respectivas áreas
 - Actualizar el inventario.
 - Elaborar las tarjetas maestras de los equipos
 - Hacer una relación de requerimientos
 - Redactar instructivos
 - Formular y programar las rutinas de mantenimiento
 - Elaborar el tablero de control de las actividades del programa de mantenimiento preventivo, rutina semanal y diaria.
6. Validación del procedimiento en el radio de acción de la Gerencia de Grupos Electrógenos CIMEX Cienfuegos.
7. Determinación de los parámetros de control operativo para la mejora del procedimiento.

Capítulo No.1: Consideraciones generales sobre el mantenimiento y la generación distribuida

Una de las formas de alcanzar las condiciones óptimas en el funcionamiento de los equipos, es a través del establecimiento e implantación de Programas de Mantenimiento, que garanticen la disponibilidad, confiabilidad y eficiencia en su más alto nivel.

Al revisar la literatura científica sobre programas de mantenimiento, es evidente cuanto se ha escrito y la diversidad de criterios sobre el tema.

Entre los expertos consultados, Chirinos Lesbia y Palencia, establecen la necesidad de fomentar un mantenimiento en el aspecto operacional de los distintos tipos de maquinarias (1). De igual manera proponen pautas para la conservación más adecuada de los equipos e instalaciones, basadas en la rutina de lubricación y de inspección de cada equipo, así como la lista de las partes más críticas.

Esta información es necesaria para poder aplicar el mantenimiento que necesitan para funcionar durante más tiempo sin que se presenten fallas graves o deterioros prematuros.

Briceño, Colina y Espinosa, afirman que es de vital importancia que en toda empresa se establezcan mecanismos para conservar y mantener los equipos dentro de las condiciones necesarias para evitar paradas o fallas incipientes, todo esto, representa un elemento clave para maximizar la calidad y minimizar los costos. Destacan que el mantenimiento en los equipos e instalaciones permite alargar la vida útil en los mismos. (2).

Estos elementos llevan a reafirmar la importancia y vitalidad del mantenimiento.

1.1. Concepciones generales sobre mantenimiento

Diferentes autores como Martin, exponen que la idea general del mantenimiento está cambiando debido al aumento de la mecanización, lo que hace aparezca mayor complejidad de la maquinaria, nuevas técnicas de mantenimiento y un nuevo enfoque de la organización y de las responsabilidades. (3)

El mantenimiento también está reaccionando ante nuevas expectativas. Estas incluyen una mayor importancia a los aspectos de seguridad y del medio ambiente, un conocimiento creciente de la conexión existente entre el mantenimiento y la calidad del producto, y un aumento de la presión ejercida para conseguir una alta disponibilidad de la maquinaria al mismo tiempo que se contienen los costes.

Los cambios están poniendo a prueba el límite, las actitudes y conocimientos del personal en todas las ramas de la industria. El personal de mantenimiento desde el ingeniero al gerente, tiene que adoptar nuevas formas de pensar y actuar. Al mismo tiempo se hacen resaltantes las limitaciones de los sistemas actuales de mantenimiento, a pesar del uso de ordenadores.

Frente a esta avalancha de cambios, el personal encargado del mantenimiento está buscando un nuevo camino. Quiere evitar a toda costa equivocarse cuando se toma alguna acción de mejora. Se trata de encontrar un marco de trabajo estratégico que sintetice los nuevos avances en un modelo coherente, de forma que se puedan evaluar racionalmente y aplicar aquellos que sean de mayor valía.

1.2. Marco histórico

Históricamente, el mantenimiento ha evolucionado a través de tres generaciones. (4)

- **Primera Generación**

Cubre el periodo hasta la Segunda Guerra Mundial. La industria no estaba muy mecanizada, por lo que los periodos de paradas no importaban mucho. La maquinaria era sencilla y en la mayoría de los casos diseñada para un propósito determinado. Esto hacía que fuera fiable y fácil de reparar. Como resultado, no se necesitaban sistemas de mantenimiento complicados, y la necesidad de personal calificado era menor.

- **Segunda Generación**

Los tiempos de la guerra aumentaron la necesidad de productos de toda clase, mientras que la mano de obra industrial bajó de forma considerable, situación que llevó a la necesidad de un aumento de la mecanización. Hacia el año 1950 se habían construido máquinas de todo tipo y cada vez más complejas. La industria había comenzado a depender de ellas.

Al aumentar la dependencia, el tiempo improductivo de una máquina se hizo más evidente, lo que llevó a la idea de que los fallos de la maquinaria se podían y debían prevenir. Como resultado surge el concepto de mantenimiento preventivo, que en el año 1960, se basaba primordialmente en la revisión completa del material a intervalos fijos.

El costo del mantenimiento comenzó a elevarse en relación a otros costes de funcionamiento. Como resultado, comenzaron a implantarse sistemas de control y planificación del mantenimiento. Lo que ayudó a poner el mantenimiento bajo control, estableciéndose como parte de la práctica del mismo.

- **Tercera Generación**

A mediados de los años setenta, el proceso de cambio en la industria cobró velocidades altas bajo títulos de nuevas expectativas, investigaciones y técnicas.

Nuevas Expectativas: El crecimiento continuo de la mecanización significa que los períodos improductivos tienen un efecto importante en la producción, costo total y servicio al cliente, lo que se hace evidente con el movimiento mundial hacia los sistemas de producción ("justo a tiempo") en el que los reducidos niveles de stock en curso hacen que pequeñas averías puedan causar el paro de toda una planta. Consideraciones que trajeron fuertes demandas en la función del mantenimiento.

Una automatización más extensa significa que hay una relación más estrecha entre la condición de la maquinaria y la calidad del producto. Al mismo tiempo, se están elevando continuamente los estándares de calidad. Esto crea mayores demandas en la función del mantenimiento.

Otra característica en el aumento de la mecanización está dada, en que, cada vez son más serias las consecuencias de los fallos de una planta para la seguridad y el medio ambiente. Al mismo tiempo los estándares están mejorando, en respuesta a un mayor interés del personal gerente, sindicatos, medios de información y gobiernos, lo que ejerce influencias sobre el mantenimiento.

Finalmente, el coste del mantenimiento siguió en aumento, en términos absolutos y en proporción a los gastos totales. Para algunas industrias, es el segundo gasto operativo de coste más alto y en algunos casos incluso el primero. Como resultado, en solo treinta años lo que antes no suponía casi ningún gasto, se ha convertido en la prioridad de control de coste más importante.

Investigaciones: La nueva investigación está cambiando las creencias básicas acerca del mantenimiento. En particular hay una menor conexión entre el tiempo que lleva una máquina funcionando y sus posibilidades de falla.

Técnicas: Explosión en los nuevos conceptos y técnicas del mantenimiento, que incluyen:

- Técnicas "Condition Monitoring"
- Sistemas expertos
- Técnicas de gestión de riesgos
- Modos de fallos y análisis de los efectos
- Fiabilidad y mantenibilidad

El problema al que hace frente el personal del mantenimiento en la actualidad, no es sólo el aprender cuales son esas nuevas técnicas, sino, ser capaz de decidir cuales son útiles y cuáles no lo son, para garantizar niveles de calidad.

El desarrollo del mantenimiento ha estado condicionado por el desarrollo social, tecnológico, económico y de protección al medio ambiente. Importantes cambios han venido ocurriendo en cuanto al papel del mantenimiento en las empresas y en la forma de enfocar y poner en práctica las actividades correspondientes para resolver los problemas que se presentan, los cuales son cada día más complejos y diversos. Esto ha condicionado que se hayan desarrollado nuevas políticas en esta esfera, y por tanto se amplía la gama de posibilidades de actuación de las empresas.

En la figura. no. 1 se muestra como han evolucionado, tanto el concepto como los requerimientos del mantenimiento.

Figura No. 1: Evolución del mantenimiento



Fuente: Knezevic J. (8)

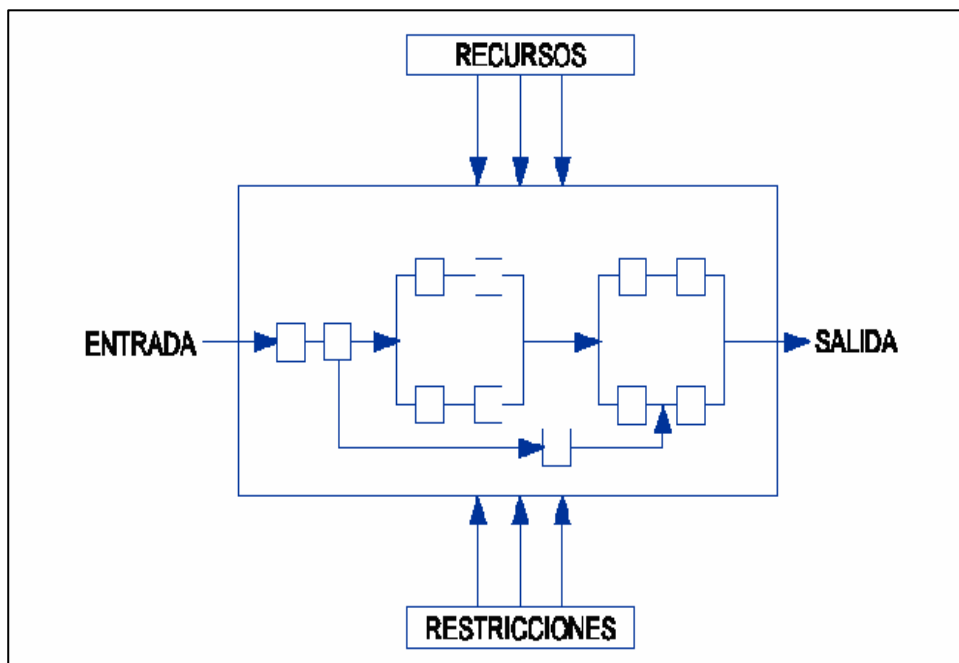
1.3. Proceso de mantenimiento

Los usuarios desean, por razones obvias, que sus sistemas se mantengan en estado de funcionamiento durante todo el tiempo posible. Para lograrlo, es necesario «ayudar» al sistema a mantener su funcionalidad durante la operación, realizando las tareas apropiadas. Esta es una de las diferencias principales entre un elemento creado por la naturaleza y un elemento creado por el

hombre, ya que el primero es capaz, en la mayoría de los casos, de «ayudarse» a sí mismo, mientras que el segundo necesita una ayuda «externa».

Algunas de estas tareas son exigidas o sugeridas por los diseñadores o fabricantes. Sin embargo, a pesar de todas las tareas realizadas, no puede posponerse indefinidamente el momento en que el sistema deja de ser funcional. A partir de ahí, es necesario realizar otras tareas para que recupere su funcionalidad lo que conduce al concepto de mantenimiento. figura no. 2.

Figura No. 2: Proceso de mantenimiento



Fuente: Knezevic J. (8)

Los diccionarios definen el término “mantenimiento” como la causa para continuar o para mantener en un estado existente. Esta definición pone de manifiesto que el mantenimiento significa la preservación de algo. (5)

García Palencia y Álvaro González, definen el mantenimiento, como el conjunto de actividades dirigidas a conservar las características de diseño de los equipos, para evitar fallas imprevistas, prolongar su ciclo de vida útil y mantener su óptima operación. (6)

Otros expertos, afirman que es mantener a un equipo o sistema en sus condiciones normales de operación o de restitución de sus condiciones específicas de funcionamiento. La función

mantenimiento debe expresarse como un sistema organizado que permita el mejor aprovechamiento del medio productivo. (7)

Knezevic, lo observa como el conjunto de actividades que deben realizarse para mantener la funcionalidad del elemento o sistema. (8)

Bernardo, considera que es el conjunto de actividades y procesos estratégicos realizados para conservar y restablecer estructuras, sistemas, equipos y dispositivos a una condición que le permita cumplir con las funciones requeridas dentro de un marco económico óptimo y de acuerdo a las técnicas de procedimientos de seguridad establecida.(9)

Después de revisar varias definiciones se concuerda que el mantenimiento es el conjunto de recursos (capital, equipos, recursos humanos, tecnología e información) que unidos buscan mejorar la eficiencia de un sistema de producción, disminuyendo los paros, aumentando la fiabilidad del equipo, garantizando una elevada seguridad y reduciendo al máximo los costos.

Si a este concepto le añadimos las principales problemáticas y perspectivas de esta actividad se puede afirmar que:

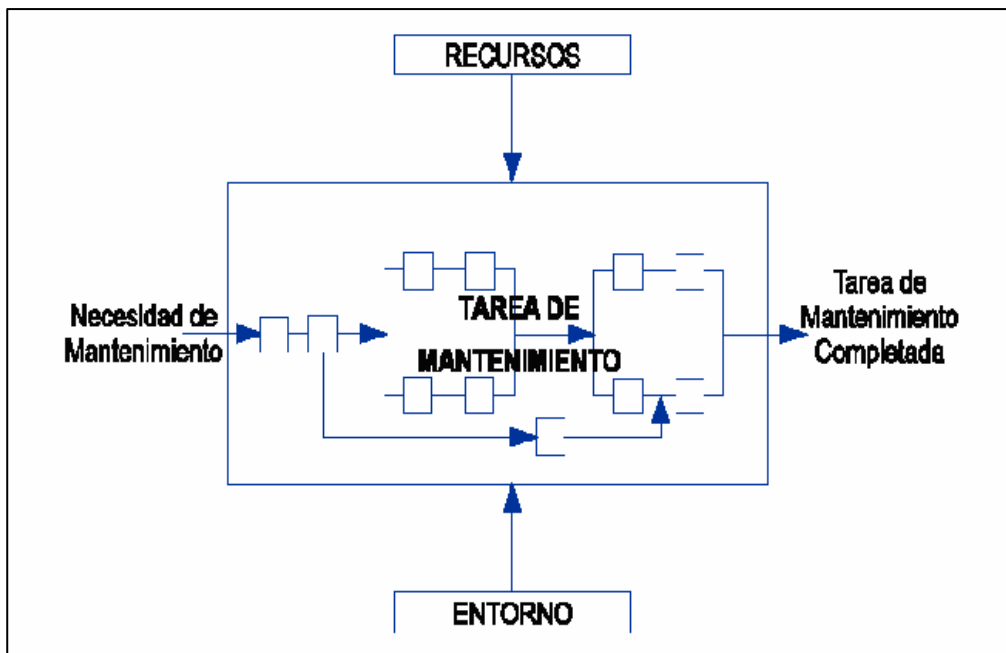
1. Los costos directos se están incrementando paulatinamente, por lo que es necesario comenzar a tomar medidas para reducirlos.
2. El departamento de mantenimiento tiene cada día más responsabilidad para incrementar la disponibilidad y vida útil de los equipos, producir con calidad, mejorar las condiciones de seguridad y proteger al medio ambiente.
3. Se enfatiza en la reducción de las plantillas productivas.
4. Se introducen constantemente los adelantos científico-técnicos en los equipos que se fabrican, haciéndolos más fiables pero más complejos. Esto hace que inevitablemente se tengan que introducir en el mantenimiento nuevas técnicas y medios para la detección oportuna de los fallos y el diagnóstico de los equipos, lo que repercute positivamente en la eficacia del mantenimiento.

Es indiscutible que el esfuerzo que hay que realizar para hacer una gestión de mantenimiento eficiente es significativo además de los beneficios a obtener. El alcance de las ventajas estará en dependencia de las características de cada empresa y de la voluntad de los directivos para llevar adelante la tarea.

1.3.1. Tarea de mantenimiento

Una tarea de mantenimiento, conocida también como rutina, es el conjunto de actividades que se realizan para mantener la funcionalidad del elemento o sistema. De esta forma, la entrada para el proceso de mantenimiento está representada por la necesidad de ejecución de una tarea específica a fin de que se conserve la funcionalidad del elemento o sistema, mientras que la salida es la propia realización de la tarea de mantenimiento, ver figura no. 3.

Figura No. 3: Tarea de mantenimiento.



Fuente: Knezevic J. (8)

Cada tarea específica requiere recursos para lograr sus objetivos, llamados recursos para la tarea de mantenimiento. Las tareas se realizan en un entorno específico, por ejemplo, bajo lluvia, en condiciones de guerra, radiación solar, humedad, temperatura y situaciones similares que pueden tener un impacto significativo en la seguridad, precisión y facilidad de los objetivos.

Las tareas de mantenimiento vienen especificadas en un manual de usuario, que se entregan al adquirir un equipo, al comienzo de la operación del sistema. El número de actividades, componentes, orden, número, tipo y cantidad de recursos requeridos, dependen principalmente de las decisiones adoptadas durante la fase de diseño del elemento o sistema. (8)

El orden de magnitud del tiempo requerido para la recuperación de la funcionalidad de equipos y sistemas (5 minutos, 5 horas ó 2 días) sólo se puede decidir al principio del proceso de diseño, mediante decisiones relacionadas con la complejidad de la tarea de mantenimiento, la accesibilidad de los elementos, la seguridad de la recuperación, la capacidad de prueba, la localización física del elemento; lo mismo ocurre con las decisiones relacionadas con los requisitos de los recursos de apoyo al mantenimiento (instalaciones, repuestos, herramientas, personal, etc.)

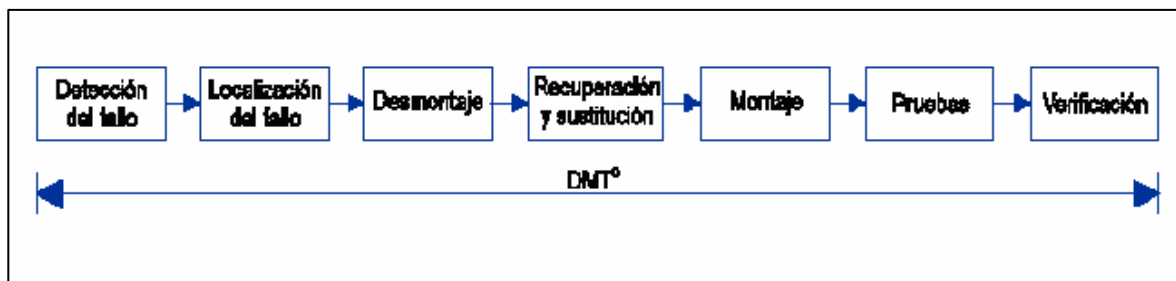
1.4. *Sistemas de mantenimiento*

El mantenimiento ha experimentado una evolución con el de cursar del tiempo. En la primera etapa el mantenimiento sólo se dedicaba a realizar trabajos de reparación. Luego se fueron introduciendo nuevos conceptos: mantener, prevenir, predecir, y hoy se habla de mejora continua. En correspondencia con esto es que se han definido los diferentes tipos de mantenimiento que se le aplican a equipos, máquinas e instalaciones. (10)

- Mantenimiento Correctivo.
- Mantenimiento Preventivo.
- Mantenimiento Predictivo.
- Mantenimiento Productivo Total.

1. Mantenimiento Correctivo: Se trabaja fundamentalmente cuando se ha producido la rotura del equipo y por lo general no se realiza análisis alguno sobre dicha rotura. Este sistema presupone disponer de una gran cantidad de personal y de piezas de repuesto debido a la inseguridad en el funcionamiento de los equipos. Es un sistema donde la organización del mantenimiento trabaja detrás de la avería. Ver figura no. 4.

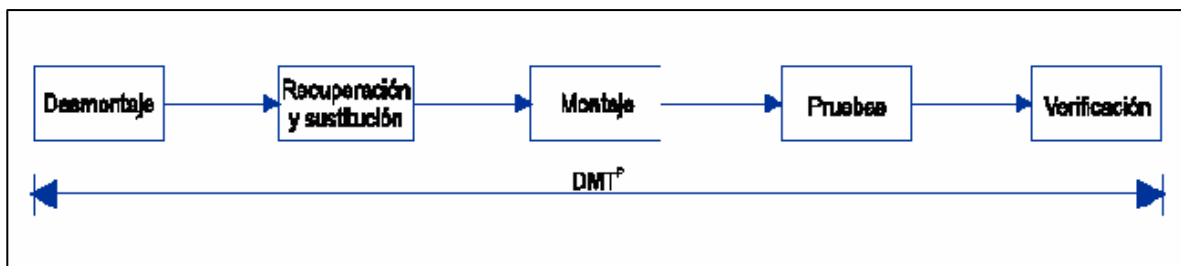
Figura No. 4: Representación gráfica de una tarea del mantenimiento correctivo



Fuente: Knezevic J. (8)

2. **Mantenimiento Preventivo:** Trata de eliminar las deficiencias básicas del sistema correctivo. En este caso se intenta reducir el número de averías, personal de mantenimiento, piezas de repuesto, tiempo, etc. cambiando determinados elementos de forma periódica antes de que ocurra la avería, y aunque supera muchos inconvenientes del sistema anterior este sigue presentando elevados costos. Ver figura no. 5.

Figura No. 5: Representación gráfica de una tarea del mantenimiento preventivo



Fuente: Knezevic J. (8)

3. **Mantenimiento Predictivo:** Basa su esencia en averiguar el verdadero estado técnico de los diferentes elementos que componen al equipo, máquina o instalación sin necesidad de realizar grandes desarmes, previéndose cuando va a ocurrir la rotura y por lo tanto logrando el máximo aprovechamiento de la vida útil de los mismos. Este sistema permite reducir considerablemente los costos del mantenimiento.

4. **Mantenimiento Productivo Total:** Es un nuevo concepto del mantenimiento, una nueva filosofía basada en lograr la calidad total. Con esto se logra disminuir los costos de esta actividad, reducir los stocks de piezas, sensibilizar al personal y aumentar la productividad de los equipos.

En este caso, la investigación se enfoca al mantenimiento preventivo, por ser está, la posibilidad que se ajusta a las condiciones reales del entorno empresarial, sin dejar de reconocer los valores y la supremacía del mantenimiento predictivo y productivo total.

1.4.1. Mantenimiento preventivo

1.4.1.1. Características del mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo permite sustituir las paradas ocasionadas por averías, y por tanto no previstas, por paradas planificadas con antelación. El horizonte de planificación de dicho

mantenimiento es muy amplio y permite que la disminución de la capacidad productiva que ocasiona sea tenida en cuenta, tanto en los planes a largo plazo como en los de corto plazo. (11,12, 13, 14)

Las actividades del mantenimiento preventivo están orientadas hacia la renovación de la fiabilidad del artículo y comprende todas las intervenciones programadas por mantenimiento durante toda la vida del mismo, adelantándose a la avería mediante una adecuada planificación, corrigiendo los puntos más vulnerables en el momento oportuno.

Es decir, el **mantenimiento preventivo** consiste en realizar ciertas intervenciones, de carácter profiláctico, según una programación realizada anteriormente, con el fin de reducir los fallos eventuales.

Como toda avería tiene un carácter fortuito, es casi imposible que se realicen los cambios de piezas y componentes justo antes del momento de la avería. Esta incertidumbre se compensa con la reposición anticipada a la avería, causando conscientemente el desaprovechamiento de la vida útil de las piezas sustituidas.

Este tipo de mantenimiento tiene como objetivos básicos evitar las roturas imprevistas, disminuir los gastos de la reparación e incrementar la vida útil del artículo. Este mantenimiento será más eficaz cuanto mayor sea la proporción de averías evitadas y más eficientes cuanto más reduzca la proporción de las operaciones preventivas innecesarias.

1. 4.1. 2. Ventajas del mantenimiento preventivo

1. Reduce en gran medida la aparición del fallo eventual.
2. Disminuyen las pérdidas por estadía.
3. Evita, hasta cierto punto las grandes reparaciones, muy costosas en general, predominando las averías que normalmente son debido a causas simples.
4. Aumenta la disponibilidad, seguridad en el funcionamiento y vida útil del artículo.
5. Minimiza los costos de las reparaciones.
6. Permite preparar con tiempo las reparaciones, planificando de antemano la demanda de repuestos, herramientas y fuerza de trabajo.

1.4.1.3. Desventajas del mantenimiento preventivo

1. Requiere de modelos de optimización para mejorar su programación.
2. Cuando la acción es cambiar se pierde vida útil del elemento.
3. Tiene mucha frecuencia de ejecución.
4. Para su perfeccionamiento tiene que apoyarse en la fiabilidad, por lo que se requiere entre 2 y 3 años de operación para recopilar la información necesaria.
5. Se corre el riesgo de brindar submantenimiento (cuando se determinan inadecuadamente los tiempos medios entre averías y la programación preventiva se retrasa con respecto a las averías, tomando este lugar el mantenimiento correctivo, por lo que se neutralizan las ventajas del preventivo, es decir, se realizan menos mantenimientos que los necesarios) o sobremantenimiento (cuando se interrumpe la operación normal del artículo para realizar un mantenimiento, es decir, se hacen más mantenimientos que los necesarios). Aquí la vida útil se desaprovecha y aumentan los gastos del mantenimiento.

Este tipo de mantenimiento puede organizarse de dos formas: (15)

1. Mantenimiento preventivo-planificado.
2. Mantenimiento preventivo-planificado con diagnóstico intercalado.

• **El mantenimiento preventivo-planificado:** Es la forma concreta de aplicar los regímenes de mantenimiento. La esencia del mismo radica en que luego de realizar una determinada labor (recorrido, tiempo de trabajo, etc.), el artículo deja de trabajar para realizarle un tipo de mantenimiento dado, de acuerdo con un plan confeccionado previamente. El conjunto de operaciones incluidas en cada tipo de mantenimiento deben ser ejecutadas obligatoriamente. El objetivo de este sistema es asegurar el estado técnico adecuado del artículo, empleando los recursos humanos y materiales mínimos. En la medida que el artículo envejece la complejidad de los mantenimientos se incrementa hasta completar el ciclo, repitiéndose luego varias veces hasta llegar a la reparación general.

Muchas empresas, asumen las recomendaciones que ofrece el fabricante sobre los tiempos óptimos para realizar este mantenimiento. En los manuales de operación y mantenimiento se señalan los tipos de mantenimiento y las operaciones a realizar (cambios, ajustes, regulaciones y otras actividades preventivas) de acuerdo con el trabajo realizado, agrupado todo esto en la llamada carta de mantenimiento, documento que rige esta actividad.

Este tipo de mantenimiento, visto tradicionalmente, plantea que un equipo nuevo tiene la mínima intensidad de averías, que luego por desgaste o envejecimiento en general, aumenta hasta que la probabilidad de fallo alcance su valor límite permitido.

Estadísticamente se puede determinar el momento oportuno para la suspensión de la operación del artículo basado en un estudio de fiabilidad, para aplicar el mantenimiento preventivo durante un tiempo determinado, asignándole al artículo renovado una intensidad de fallo similar que cuando nuevo, reiniciándose la explotación del mismo.

Se puede argumentar hasta aquí, que este tipo de mantenimiento consiste en proceder periódicamente a ejecutar el sistema establecido a todos los equipos, independientemente del tiempo que lleven funcionando sin fallos. Esto tiene el defecto de imponer las mismas condiciones de mantenimiento a todos los equipos, incluidos aquellos que, por haberse averiado recientemente, se encuentran prácticamente como nuevos, es decir, sin tener en cuenta el verdadero estado técnico de los mismos. Por tal motivo es lógico pensar en establecer las verdaderas necesidades para ejecutar el mantenimiento preventivo a los equipos que arriben al plazo señalado.

Si al llegar el momento de ejecutar el mantenimiento preventivo, se conociera exactamente cuales equipos o partes de ellos, están en buen estado para continuar su explotación, sin que aparezca el fallo, y cuales están en mal estado, con probabilidades de averiarse, podría someterse a todos los defectuosos al mantenimiento preventivo.

- **El mantenimiento preventivo-planificado con diagnóstico intercalado:** Permite conocer el verdadero estado técnico de cada uno de los equipos a lo largo del período de explotación, y a partir de aquí, recomendar a cuales se les debe realizar dicho mantenimiento y cuales pueden seguir en la explotación. Esto permite evitar al máximo la ocurrencia de averías inoportunas y no hacer ningún mantenimiento preventivo innecesario.

Esta variante de mantenimiento preventivo debe organizarse según las condiciones reales de cada empresa (parámetros a medir, medios de diagnóstico, personal, etc.), para ser utilizado como control del estado técnico y como control de los trabajos ejecutados. Visto desde esta perspectiva, este tipo de mantenimiento se basa en el conocimiento del comportamiento de los equipos, y podría interpretarse como un intento de anticiparse a las averías que suelen producirse cuando el tiempo de funcionamiento se acerca su valor límite.

Algunas empresas utilizan en gran medida otras dos formas de mantenimiento preventivo; el mantenimiento paliativo y el mantenimiento basado en la oportunidad.

El mantenimiento paliativo consiste en que cuando se produce un fallo en circunstancias muy inoportunas, se pospone provisionalmente el mantenimiento y solo se ejecutan algunas operaciones muy sencillas, rápidas y compatibles con los medios disponibles de inmediato para poder seguir utilizando el equipo, aunque no sea en los regímenes de operación más convenientes, y por supuesto con menor seguridad y fiabilidad, hasta que las circunstancias permitan brindarle el mantenimiento debido, siendo característico aplicarlo en los equipos indispensables de las empresas de producción continua. Con esta variante de mantenimiento preventivo se evita la aparición de males mayores, así como la reducción del costo total derivado de la aparición del fallo.

El mantenimiento preventivo basado en la oportunidad consiste en realizar el mantenimiento cuando surja una oportunidad para hacerlo. En un sistema saturado de trabajo puede ser contraproducente realizar determinadas acciones de mantenimiento preventivo, tan costosas algunas veces como la avería que se trata de evitar. En tales casos, puede ser muy conveniente realizar dicho mantenimiento cuando aparezca la mejor oportunidad, por ejemplo, durante una parada forzosa del equipo debido a la avería de otro equipo de la misma línea productiva. Para implementar este tipo de mantenimiento es necesario estudiar, en primer lugar, las circunstancias concretas de cada caso y adaptarse a ellas, y luego establecer reglas de decisión que, no solo permitan sino fomenten la aplicación de las medidas en cuestión cuando resulten potencialmente ventajosas, y excluyan esta aplicación cuando resulte potencialmente contraproducente.

Para la aplicación de este mantenimiento es aconsejable, por una parte, intentar aprovechar lo más sistemáticamente posible sus ventajas potenciales, y por otra, evitar que proliferen sus aplicaciones de forma incontrolada.

Argumentadas las dos vías para organizar el mantenimiento preventivo, es de interés asumir el **mantenimiento preventivo-planificado**, por considerarlo la forma concreta de aplicar los regímenes de mantenimiento, acorde a las condiciones reales imperantes en el entorno empresarial que se desarrollará la investigación.

1.5. La generación distribuida

La generación distribuida, (GD) es un tema, que se trata en la actualidad con gran énfasis, como la vía que utilizan varios países para solucionar sus requerimientos de disponibilidad de energía eléctrica. Representa un cambio en el paradigma de la generación de energía eléctrica centralizada. Cuba hoy no está ajena a esa línea, convirtiéndola en una de las prioridades del estado, aunque es un concepto que tiene su origen en los inicios de la generación eléctrica. (17)

La industria eléctrica se fundamentó en sus inicios en la generación en el sitio del consumo. Después, como parte del crecimiento demográfico y de la demanda de bienes y servicios, evolucionó hacia el esquema de generación centralizada, precisamente porque la central eléctrica se encontraba en el centro geométrico del consumo, mientras que los consumidores crecían a su alrededor. Sin embargo, se tenían restricciones tecnológicas con los generadores eléctricos de corriente continua y su transporte máximo por la baja tensión. (18,20)

Con el tiempo, la generación eléctrica se estructuró como se conoce hoy, con corriente alterna y transformadores, lo que permite llevar la energía eléctrica prácticamente a cualquier punto alejado del centro de generación. Bajo este escenario, se perdió el concepto de generación centralizada, ya que las grandes centrales se encuentran en lugares distantes de las zonas de consumo, pero cerca del suministro del combustible y el agua.

En los años setenta, factores energéticos (crisis petrolera), ecológicos (cambio climático) y de demanda eléctrica (alta tasa de crecimiento) a nivel mundial, plantearon la necesidad de alternativas tecnológicas para asegurar, el suministro oportuno y de calidad de la energía eléctrica y el ahorro y el uso eficiente de los recursos naturales.

Una de estas alternativas tecnológicas es generar la energía eléctrica lo más cerca posible al lugar del consumo, precisamente como se hacía en los albores de la industria eléctrica, incorporando ahora las ventajas de la tecnología moderna y el respaldo eléctrico de la red del sistema eléctrico, para compensar cualquier requerimiento adicional de consumo o exportación de energía eléctrica. A esta modalidad de generación eléctrica se le conoce como, generación dispersa, o más comúnmente, generación distribuida. (18,19, 20,21)

Diversos autores han tratado de explicar en que consiste la generación distribuida.

- Generación en pequeña escala instalada cerca del lugar de consumo.
- Producción de electricidad con instalaciones que son suficientemente pequeñas en relación con las grandes centrales de generación, de forma que se puedan conectar casi en cualquier punto de un sistema eléctrico.
- Es la generación conectada directamente en las redes de distribución.
- Es la generación de energía eléctrica mediante instalaciones mucho más pequeñas que las centrales convencionales y situadas en las proximidades de las cargas.
- Son sistemas de generación eléctrica o de almacenamiento, que están situados dentro o cerca de los centros de carga.
- Es la producción de electricidad por generadores colocados, o bien en el sistema eléctrico de la empresa, en el sitio del cliente, o en lugares aislados.
- Es la generación de energía eléctrica a pequeña escala cercana a la carga, mediante el empleo de tecnologías eficientes, destacando a la cogeneración.

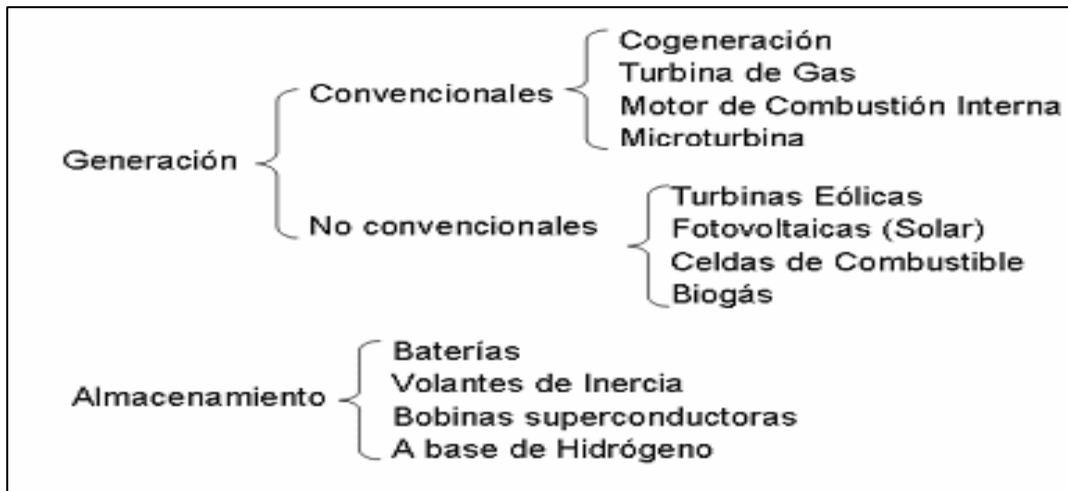
Se puede decir entonces que la GD es: la generación o el almacenamiento de energía eléctrica a pequeña escala, lo más cercana al centro de carga, con la opción de interactuar (importar o exportar) con la red eléctrica y, en algunos casos, considerando la máxima eficiencia energética. (17, 18, 19, 21, 22, 23, 24)

1.5.1. Tecnologías de generación distribuida

El éxito de la difusión y fomento de la generación distribuida radica en la existencia de tecnologías de punta que permiten, para potencias pequeñas, generar energía eléctrica en forma eficiente, confiable y de calidad.

Estas tecnologías se pueden dividir en las de generación y las de almacenamiento (figura no. 6).

Figura No. 6: Tecnologías de Generación Distribuida



Fuente: Elaboración propia

Las tecnologías de generación se dividen, en convencionales y no convencionales.

- **Convencionales:** Incluyen a las turbinas de gas, motores de combustión interna y microturbinas.
- **No convencionales:** Se refieren a las energías renovables, como la minihidráulica, geotérmica y biomasa, las turbinas eólicas, celdas de combustibles y celdas fotovoltaicas.

Las tecnologías de almacenamiento comprenden a las baterías de acumuladores, los volantes de inercia, las bobinas superconductoras, imanes y almacenamiento a base de hidrógeno. (17, 18, 19, 21, 22, 23, 24)

1.5.2. Aplicaciones de la generación distribuida

La aplicación de una u otra tecnología en la generación distribuida depende de los requerimientos particulares del usuario.

Los arreglos tecnológicos más usuales para su utilización, se citan a continuación:(19, 23)

- **Carga base:** Se utiliza para generar energía eléctrica en forma continua; opera en paralelo con la red de distribución; puede tomar o exportar parte de la energía, y usa la red para respaldo y mantenimiento

- **Proporcionar carga pico:** Se utiliza para suministrar la energía eléctrica en períodos picos, con lo que disminuye la demanda máxima del consumidor, ya que el costo de la energía en este período es el más alto.
- **Generación aislada o remota:** Se usa el arreglo para generar energía eléctrica en el modo de autoabastecimiento, debido a que no es viable a partir de la red eléctrica (sistema aislado o falta de capacidad del suministrador).
- **Soporte a la red de distribución:** A veces en forma eventual o bien periódicamente, la empresa eléctrica requiere reforzar su red eléctrica instalando pequeñas plantas, incluida la subestación de potencia, debido a altas demandas en diversas épocas del año, o por fallas en la red.
- **Almacenamiento de energía:** Se puede tomar en consideración esta alternativa cuando es viable el costo de la tecnología a emplear, las interrupciones son frecuentes o se cuenta con fuentes de energía renovables.

1.5.3. Beneficios y problemas de la generación distribuida

El auge de los sistemas de generación distribuida (GD) se debe a los beneficios inherentes a la aplicación de esta tecnología, tanto para el usuario como para la red eléctrica. A continuación se listan algunos de los beneficios: (18, 24)

a) Beneficios para el usuario:

- Incremento en la confiabilidad.
- Aumento en la calidad de la energía.
- Reducción del número de interrupciones.
- Uso eficiente de la energía.
- Menor costo de la energía (cuando se utilizan los vapores de desecho, o por el costo de la energía eléctrica en horas pico).
- Uso de energías renovables.
- Facilidad de adaptación a las condiciones del sitio.
- Disminución de emisiones contaminantes.

b) Beneficios para el suministrador:

- Reducción de pérdidas en transmisión y distribución.
- Abasto en zonas remotas.
- Libera capacidad del sistema.
- Proporciona mayor control de energía reactiva.
- Mayor regulación de tensión.
- Disminución de inversión.
- Reducción del índice de fallas.

c) Problemas de la generación distribuida: (19, 25)

- Enfrenta barreras tecnológicas (investigación de alto costo).
- Las redes actuales llevan el flujo en una dirección y la generación distribuida requiere sistemas enmallados/anillo para mover los flujos en dos direcciones.

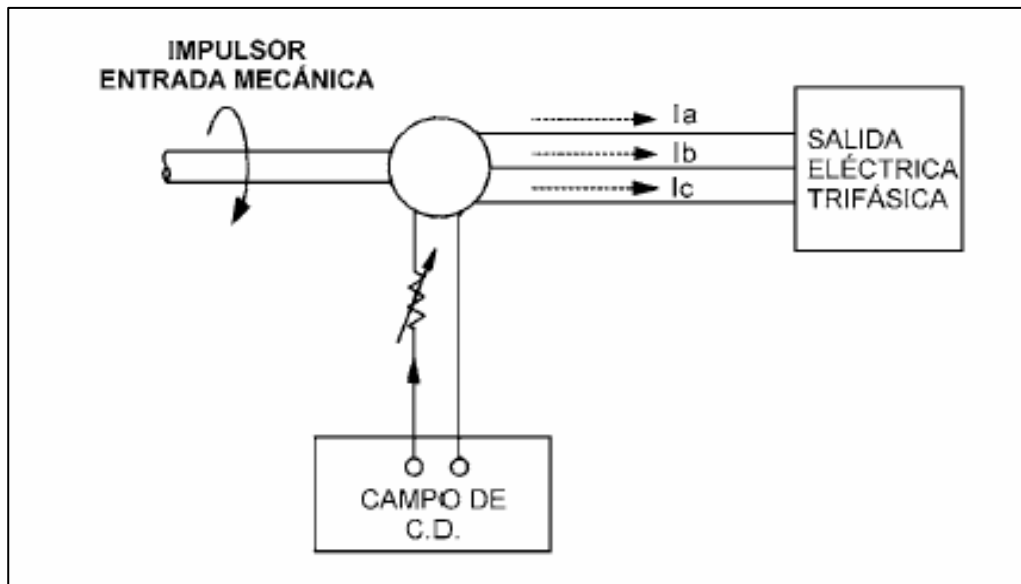
1.6. Generadores eléctricos

El generador eléctrico genera energía eléctrica a partir de energía mecánica, el cual es el objetivo que se quiere conseguir cuando la planta es construida. Existen tres tipos de generadores eléctricos: sincrónicos de corriente alterna (ca), inducción de ca y de corriente directa (cd). Los generadores sincrónicos son los de mayor uso debido a su sistema de excitación, en cambio, los generadores de cd han sido reemplazados casi por completo por rectificadores estáticos. (26, 27)

1.6.1. Generadores sincrónicos

Un generador sincrónico convierte energía termomecánica en energía eléctrica. La potencia mecánica gira el eje del generador en el cual el campo de corriente directa está instalado, la figura no. 7 ilustra una máquina simple. (26, 27, 28, 29)

Figura No. 7: Generador sincrónico



Fuente: Melgar M. (26)

El principio fundamental de operación de los generadores sincrónicos, es que el movimiento relativo entre un conductor y un campo magnético induce un voltaje en el conductor. Una fuente externa de energía cd o excitador se aplica a través de unos anillos colectores en el rotor; la fuerza del flujo, y por lo tanto, el voltaje inducido en la armadura se regulan mediante la corriente directa y el voltaje suministrado al campo. La corriente alterna se produce en la armadura. (27, 28)

En la práctica de la ingeniería eléctrica moderna se usa sobre todo la corriente alterna trifásica, con el alternador trifásico, que es la máquina dinamoeléctrica que se emplea normalmente para generar potencia eléctrica. (28)

Los generadores de corriente alterna de baja velocidad se fabrican hasta con 100 polos, para mejorar su eficiencia y para lograr con más facilidad la frecuencia deseada. Los alternadores accionados por turbinas de alta velocidad, sin embargo, son a menudo máquinas de dos polos. (27)

1.6.2. Clasificación de los generadores sincrónicos (32)

Por la posición de su eje:

1. Tipo horizontal:

- Plantas hidroeléctricas de baja capacidad.
- Plantas termoeléctricas.

- Plantas de gas.
- Plantas de combustión interna.

2. Tipo vertical:

- Plantas generadoras de alta capacidad y baja velocidad.
- Generadores de planta hidroeléctrica de alta capacidad, baja velocidad.

Por su máquina motriz:

1. Generador para turbina de vapor.
2. Generador para motor diesel.
3. Generador para turbina de gas.
4. Generador para turbina hidráulica de baja velocidad y gran capacidad.

1.7. Generadores de emergencia

Cuando la energía se interrumpe por períodos extendidos debido al hielo, a los huracanes, a los terremotos, a los tornados y a otras catástrofes naturales, un generador de reserva de emergencia puede ser muy beneficioso. (32)

Existen dos tipos de generadores de emergencia:

- **Generadores espera permanentes:** Instalados como parte del sistema eléctrico, poseen un interruptor automático que previene al generador de energía de retroalimentación a las líneas para uso general y protege el generador contra daño cuando se restaura la energía. Cuando la instalación se completa, la empresa eléctrica local debe ser notificada de ello.
- **Generadores portátiles:** Utilizados típicamente cuando solo algunos circuitos eléctricos vitales son necesarios. Los circuitos seleccionados para las luces en el área general de un edificio, de un TV, de un horno, de un refrigerador y de bombas del agua son algunos de los artículos considerados generalmente.

1.7.1. Tamaño de los generadores

La clasificación en cuanto a tamaño de los generadores encontrada en algunas referencias bibliográficas se muestra a continuación. (33, 34)

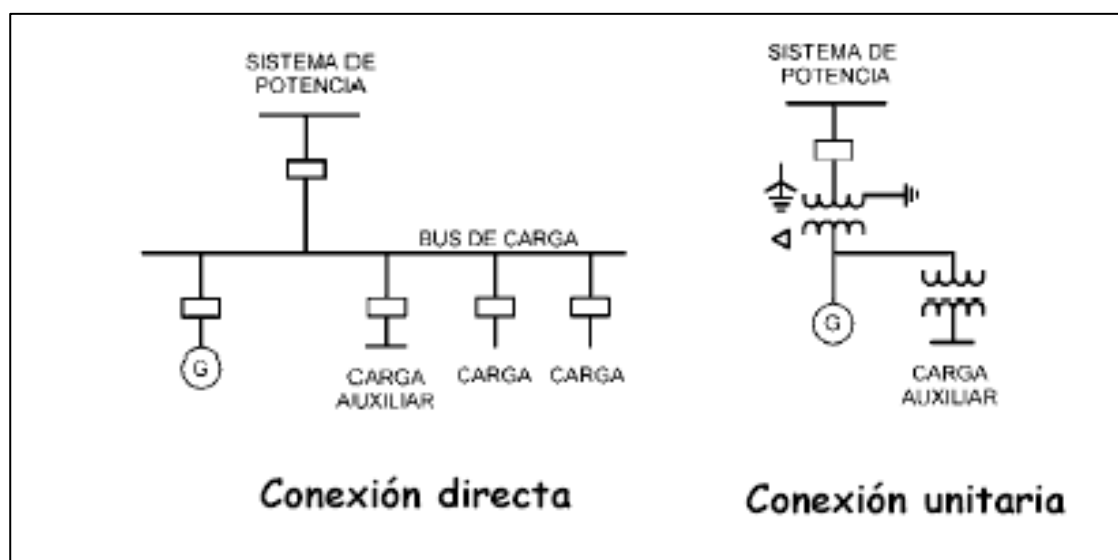
- Generadores grandes (en el rango de 100-350 MW).
- Generadores de tamaño mediano (menos de 100 MW).
- Generadores pequeños (generadores de inducción y los sincrónicos de menos de 500 kVA).

1.7.2. Conexión de generadores a un sistema de potencia

Existen dos métodos básicos principales usados para conectar un generador al sistema de potencia.

- **Conexión directa:** La figura no. 8 muestra el diagrama monolineal para una conexión directa de un generador a un sistema de potencia. Los generadores son conectados directamente a la barra de carga sin transformación de tensión. Este tipo de conexión es un método recientemente usado para la conexión de generadores de tamaño pequeño.
- **Conexión unitaria:** La figura no. 8 también muestra el diagrama monolineal para un generador en conexión unitaria. El generador es conectado al sistema de potencia a través de un transformador elevador. La carga auxiliar del generador es suministrada desde un transformador reductor conectado a los terminales del generador. La mayoría de los generadores grandes son conectados al sistema de potencia de esta manera, usando un transformador elevador principal con conexión estrella-delta. Al tener la generación conectada a un sistema delta, las corrientes de falla a tierra pueden ser considerablemente reducidas.

Figura No. 8: Conexiones de generadores



Fuente: Melgar M. (26)

1.8. Grupos electrógenos de emergencia (GEE)

Los grupos electrógenos de emergencia (en lo adelante GEE) son equipos electromecánicos proyectados como unidades autónomas para suministrar energía eléctrica como unidades generadoras permanentes, de soporte temporal o de soporte en emergencia para suplir al suministro normal durante cortes eventuales o programados. (35)

Se utilizan para dos servicios principales:

- a) **Grupos de servicio de base:** Son los utilizados para la producción de energía eléctrica para uso múltiple (fuerza motriz, luz, calefacción etc.), en zonas donde no existe otro tipo de fuente de producción.
- b) **Grupos de servicio de emergencia:** Son empleados para cubrir las necesidades en aquellos casos en que una interrupción de energía de la red puede provocar serios problemas a las personas, daños materiales o daños financieros (hospitales, instalaciones industriales de ciclo continuo, etc) o para enfrentar los picos de consumo eléctrico.

Los GEE básicamente están formados por un conjunto integrado que contiene un motor térmico primario (turbina de gas, motor Otto o Diesel), un generador eléctrico (generalmente de corriente

alterna) acoplado en el mismo eje y los correspondientes elementos auxiliares y sistemas complementarios, como los distintos indicadores de estado, tableros de maniobra, tanques, radiadores, circuitos de lubricación, combustible, agua y eventualmente aire comprimido; excitatrices, cargadores de baterías, equipos de control de tensión y frecuencia, automatismos de transferencia, protecciones contra sobrecargas, cortocircuitos, etcétera. (36)

El GE diesel básico consta de un motor diesel acoplado con precisión a un generador sincrónico, ambos componentes se montan sobre un bastidor de acero que también soporta al tablero de control y protección.

En los grupos más modernos, también se disponen microprocesadores, rutinas de autodiagnóstico, sistemas de comunicación de datos, contactos libres de tensión, etcétera. Esto brinda una mayor flexibilidad operativa y permite realizar un control remoto del grupo. (36)

1.8.1. Tamaño de grupos electrógenos de emergencia

Los grupos electrógenos pequeños se fabrican en forma de un bloque integrado, de manera que todos sus componentes queden contenidos en un módulo con manijas que lo hacen fácilmente transportable por el hombre.

Los equipos medianos se pueden montar sobre remolques, trineos o en los casos mayores, dentro de contenedores que pueden instalarse a la intemperie; pudiendo en estos casos transportarse mediante equipos mecánicos.

En cambio, los GEE grandes generalmente son equipos estacionarios que deben instalarse en locales específicamente habilitados para tal fin, para aislar los ruidos y las vibraciones que producen. Para ello debe proveerse un adecuado aislamiento acústico, instalando amortiguadores de vibraciones y disponiendo de cimientos separados de los cimientos y muros del edificio. (36)

1.8.2. Utilidad de los grupos electrógenos de emergencia

Los GEE están destinados a una gran variedad de empleos, desempeñando la función de proveedor de energía de reserva, suplementaria o de emergencia; para diversas instalaciones de servicios auxiliares (esenciales y no esenciales), alumbrado de emergencia (de seguridad, de escape o de

reserva), bancos, estadios deportivos, plantas industriales, hospitales, etcétera; así como en viviendas rurales aisladas de la red pública de suministro eléctrico.

En las zonas industriales aisladas, los grupos electrógenos de corriente alterna se utilizan normalmente como fuente principal de energía eléctrica. Pero también se utilizan, tanto en la industria como en el sector de servicios, como fuente de energía de emergencia.

Grandes grupos electrógenos son utilizados para variados fines: los de posición móvil, por ejemplo como motor de trenes o barcos, y los de posición estacionaria para la generación de electricidad. (36)

1.8.3. Necesidad del MPP a los grupos electrógenos de emergencia

Investigaciones han demostrado que el estado técnico de los equipos, incluso en idénticas condiciones de trabajo, varía en rangos muy amplios. Esto está determinado por la heterogeneidad de la producción y la influencia de diferentes factores de explotación, del servicio técnico y otros. Se demuestra la necesidad de las normativas medias de periodicidad y el volumen de los mantenimientos. (37, 38)

El surgimiento de los fallos y desperfectos de los GEE tienen un carácter fortuito. Para mantener su buen estado técnico es preciso controlar su funcionamiento de forma sistemática. La necesidad de este control está determinada también por el hecho de que, sin el, la mayor parte de los desperfectos se detectan cuando ya su acción es muy significativa. Sin la aplicación de los métodos de diagnóstico técnico frecuente y el empleo de equipos de medición correspondientes sería imposible detectar pequeños desperfectos que provocan un aumento considerable de los costos de explotación. Métodos basados en la observación y la experiencia son adecuados solamente para detectar irregularidades evidentes al ojo y oído expertos, como síntomas de reducción de la potencia, el aumento del consumo de combustible u otros. (35,39)

Un MPP, adaptado a los requerimientos de la explotación de los GEE propicia: (40)

1. Elevación de la fiabilidad y la seguridad de su funcionamiento durante la explotación, gracias a la detección oportuna de los desperfectos y a la prevención de los fallos de sus mecanismos, sistemas o piezas.
2. Reducción de los gastos laborales para ejecutar el mantenimiento, gracias a la disminución del volumen de reparaciones eventuales.

3. Disminución del consumo de materiales de explotación (combustibles, lubricantes, agua, líquidos técnicos, etc.) gracias a la posibilidad de descubrir y eliminar todos los defectos difíciles de detectar en los sistemas que influyen en dichos consumos.
4. Elevación de la calidad y, consecuentemente, la reducción de los costos de explotación.
5. Mayor utilización de la capacidad de trabajo, debido a un abastecimiento más exacto de información, planificación y organización de las diferentes actividades del servicio técnico.

1.8.4. Los grupos electrógenos de emergencia en Cuba

En múltiples localidades del país, se aplica la generación distribuida a través de la instalación de GEE de diferentes marcas: Himoina, Guascor-1, Mercedes Benz, Denyo, Volvo, Scania, MTU-1, MTU-2, MAN; que han dado solución al déficit energético que existía en los horarios picos y ha provocado que el sistema eléctrico se halla descentralizado, o sea, que en el sistema fluye la potencia en cualquier sentido.

Estos han contribuido sustancialmente a aumentar la calidad de la energía, y contar de forma ininterrumpida con energía eléctrica, con adecuados parámetros que la definen acorde a las necesidades, voltaje, corriente y frecuencia entre otros.

La responsabilidad de la instalación, mantenimiento y reparación de estos equipos, acorde a la tecnología y país de procedencia está a cargo de un grupo de organismos estatales. La corporación CIMEX, a través de las Gerencias de Grupos Electrógenos, en las sucursales provinciales asume los equipos de procedencia japonesa entre los que se destaca la marca Denyo.

1.9. Conclusiones del capítulo No. 1

Se define el mantenimiento como el conjunto de recursos (capital, equipos, recursos humanos, tecnología e información) que unidos, buscan mejorar la eficiencia de un sistema de producción, disminuyendo los paros, aumentando la fiabilidad del equipo, garantizando una elevada seguridad y reduciendo al máximo los costos.

El mantenimiento evoluciona, tanto técnica como de manera organizativa, lo que impone la necesidad de la actividad de mantenimiento, para lograr la máxima fiabilidad y seguridad en el funcionamiento de las instalaciones con el mínimo costo posible. Garantiza que los equipos trabajen el mayor tiempo

posible de forma correcta y eficiente, controlando dentro del entorno la calidad total para lograr un objetivo: la máxima productividad.

De acuerdo a sus características y al entorno en que se desarrolla una empresa puede garantizar la máxima disponibilidad de los equipos a través de cuatro sistemas de mantenimiento: correctivo, preventivo, predictivo o productivo total. La empresa que no tiene ningún proyecto o no se arriesga a realizarlo no tendrá futuro.

El mantenimiento preventivo es abundante en acciones que evitan el surgimiento del fallo y con una periodicidad calculada por el método de probabilidad de trabajo sin fallos. Permite realizar todas las acciones posibles con una frecuencia de ejecución relativamente alta y centrando sus actividades en inspecciones, revisiones, engrases, verificaciones geométricas, ajustes y reglajes.

La generación distribuida, es un tema que se trata en la actualidad con gran énfasis, como vía que utilizan varios países para solucionar sus requerimientos de disponibilidad de energía eléctrica. En Cuba una de sus expresiones es el emplazamiento de los grupos electrógenos de emergencia (GEE) equipos electromecánicos proyectados como unidades autónomas para suministrar energía eléctrica.

La aplicación de un mantenimiento preventivo planificado (MPP) a los grupos electrógenos de emergencia (GEE) posibilita la elevación de la fiabilidad y la seguridad de su funcionamiento, reducción de los gastos laborales, disminución del consumo de materiales de explotación, elevación de la calidad y mayor utilización de la capacidad de trabajo.

Una adecuada gestión de mantenimiento en el marco de un desarrollo tecnológico creciente y de una política de personal orientada hacia la calidad, ayudan a mejorar la productividad y hacer más eficiente la gestión general de la empresa. La gestión de mantenimiento debe obligatoriamente adaptar las políticas y estrategias de mantenimiento a fin de obtener los máximos resultados.

El creciente aumento de la competencia, en un mercado donde el producto es cada día mejor y más económico, exige que las empresas revisen sus métodos de dirección y mantenimiento, a fin de optimizarlos.

Capítulo No. 2: Propuesta metodológica de procedimiento para el mantenimiento preventivo planificado a los GEE

En este capítulo se determinaron las acciones a tomar para conducir la estrategia y establecer el procedimiento para el mantenimiento preventivo planificado (MPP) de los GEE de origen japonés, a cargo de la Gerencia de Grupos Electrogenos CIMEX, en la provincia de Cienfuegos, durante el período 2007-2008, de manera que ayude a desarrollar la investigación.

Al considerar el grado de relación que tiene la planificación del mantenimiento preventivo, los aspectos organizativos y funcionales, frecuencias y rutinas, con el comportamiento funcional y operativo de los GEE se está en presencia de una investigación de corte correlacional y analítica. (42)

Para definir el procedimiento se analizó críticamente el material bibliográfico sobre el tema y las diferentes tendencias de la actividad de mantenimiento, lo que facilitó elaborar y recopilar la información pertinente y asumir el MPP, como el procedimiento más adecuado a las características del entorno empresarial cubano. (4, 9, 10, 14, 35, 37,41)

2.1. Métodos

2.1.1. Análisis

Es utilizado durante toda la investigación lo que hizo posible revisar la bibliografía disponible sobre el tema para ubicar niveles de comportamiento, estandarización y alcance del mantenimiento y sus diferentes tipos.

2.1.2. Síntesis

Ligado al análisis ha permitido precisar el procedimiento más adecuado para mejorar la efectividad de los procesos, con base en el análisis técnico, destinado a identificar, valorar y corregir los daños y consecuencias que determinadas acciones puedan causar sobre el buen funcionamiento de los GEE.

2.1.3. Criterio de expertos

Utilizado para validar y conocer criterios sobre el tema a estudiar. La selección de los mismos abarcó 18 expertos con un promedio de 5 años de experiencia en la actividad de dirección, instalación, mantenimiento y reparación de GEE.

En la selección se tuvo en cuenta la competencia sobre el tema, medida a partir del coeficiente K (coeficiente de competencia de experto) mediante la siguiente expresión:

$$K = \frac{1}{2} K_c + K_a$$

Donde:

K_c = Coeficiente de conocimiento del experto sobre el tema

K_a = Coeficiente de argumentación del experto sobre el tema

Al analizar y precisar la información recogida, se obtuvo que el coeficiente de competencia (k) de los expertos es del orden de los (0,95) y se establece que cuando K se encuentra entre los valores de 0.8 y 1 ($0.8 < K = 1$) es confiable la selección realizada.

El resultado de 0,95 corrobora que el coeficiente de competencia de los expertos es alto, por lo que se procedió a la selección de los 18 expertos, que en este caso estuvieron representados por la dirección y especialistas principales de las gerencias de GEE CIMEX, de las 14 provincias y la División Nacional de GEE CIMEX.

Los cuestionarios elaborados se tramitaron a través del correo electrónico, como variante común en la actualidad para evitar efectos de "líderes". Las respuestas a las preguntas planteadas se mantuvieron en absoluta confidencialidad de forma tal que el resultado fuera exitoso.

Con estos elementos se construyó un esquema que permitió establecer la propuesta de procedimiento para el MPP a los GEE. Las tendencias de la actividad de mantenimiento y los criterios de expertos consolidaron criterios ajustados al entorno empresarial.

Adquiere especial connotación la interacción con las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) por las posibilidades y facilidades que brindan al manejar la información mediante paquetes de software, diseñados a la medida. Se tienen en cuenta valores éticos y legales que permiten establecer el procedimiento.

2.2. Técnicas aplicadas en el estudio

2.2.1. Delphi

Técnica utilizada para establecer estimaciones a través de tres rondas sucesivas de cuestionarios anónimos, con el objetivo de conseguir un consenso, con la máxima autonomía por parte de los participantes. Permitió extraer la información de los expertos que conformaron un grupo heterogéneo, analizar las convergencias de opiniones en torno al problema que aborda la investigación, facilitar a los expertos entrevistados emitir sus opiniones sin conocer lo que otros colegas pudieran opinar y llegar a un consenso. (43)

Los pasos lógicos seguidos por la técnica Delphi, estuvieron centrados en la concepción central del problema, considerando la necesidad de una propuesta para validar un procedimiento de MPP a los GEE, de origen japonés en la provincia de Cienfuegos.

El cuestionario aplicado a los expertos en su primera y segunda rondas aparecen indicados en los (Anexos – A y B). El cuestionario fue explicado a cada experto de manera individual aunque se envió por e-mail, enfatizando en la responsabilidad que asumían al emitir sus criterios y la importancia para validar la investigación.

2.3 Selección de la muestra

La investigación se realizó en la Gerencia de Grupos Electrogenos CIMEX, en la provincia de Cienfuegos, durante el período 2007-2008, por considerarlo en particular, como el entorno empresarial de interés.

El estudio abarco la población de los 219 GEE, de origen japonés, definidos ha atender por la Gerencia de Grupos Electrógenos CIMEX, de Cienfuegos.

2.4. Reflexiones integradoras que determinan el procedimiento

Tomando en consideración los criterios expuestos se realiza la propuesta de las variables a tener en cuenta para establecer el procedimiento del MPP.

2.4.1. Variables a estudiar

- Planificación del MPP.
- Aspectos organización y funcionales el MPP.
- Frecuencias del MPP.
- Rutinas para desarrollar el MPP.

Tabla No. 1: Conceptualización de las variables

Variables	Conceptualización
Planificación del MPP.	Etapas del procedimiento de mantenimiento donde se realiza la planificación y organización del proceso para garantizar la calidad del trabajo. La planeación se hace considerando tiempo- espacio y recursos. En este caso el espacio juega un papel determinante pues se trata de un servicio itinerante que consta de intervenciones previstas y de solución de averías. El mantenimiento es más eficaz, en la medida en que los equipos estén en mejor disponibilidad técnica, es decir, mientras menos trabajen los mecánicos es que mejor han hecho su trabajo.
Aspectos organización y funcionales el MPP.	Aspectos de la disposición de recursos materiales y humanos, condiciones estructurales, y funcionales en la que se sustenta el procedimiento para el MPP. Se consideran los recorridos a diseñar, distribuciones espaciales y transportación. El tiempo está considerado en tres dimensiones de partida, el que media entre una intervención y la otra, el que se consume haciendo la intervención y el de traslados.

Frecuencias del MPP.	Periodicidad con que es atendido un GEE con un servicio de mantenimiento. Los fabricantes proponen esquemas de frecuencia de intervenciones determinadas por: condiciones de humedad, temperatura, cimentación, calificación de operarios de explotación y mantenimiento, combustibles, lubricantes, soluciones de limpieza y otros. Esta frecuencia debe ser revisada y reestablecida según sean las condiciones reales medias de la organización en su conjunto.
Rutinas para desarrollar el MPP.	Serie de actividades o tareas de mantenimiento obligatorias a realizar en un período determinado. Se hacen considerando las recomendaciones de los fabricantes los niveles de calificación de los operarios, las marcas de equipos que se explotan.

Fuente: Elaboración propia

2.5. Propuesta para el establecimiento de un procedimiento de MPP a los GEE

Para garantizar mayor comprensión la investigación se dividió en 3 etapas:

Etapas I: Caracterización para el establecimiento de un procedimiento de MPP

Etapas II: Fundamentación del procedimiento para el establecimiento del MPP.

Etapas III: Validación del establecimiento del MPP.

Etapas I: Caracterización para el establecimiento de un procedimiento de MPP

La solución idónea para hacer eficiente la gestión del mantenimiento no puede ser consecuencia de un análisis precipitado, de incorporar elementos al proceso donde muchas veces no se valora si es efectivo o no. La solución tiene que venir de un análisis general del problema, partiendo del objetivo real, acorde al escenario en que se mueve.

Es imprescindible tener en cuenta una perspectiva integradora, buscando soluciones que aborden los diferentes aspectos, enfocados a la organización, recursos humanos, tecnología y sistema de

información y de todos los involucrados para efectuar una implementación que defina las estrategias, los recursos humanos, materiales y sistemas de procedimientos.

El procedimiento descrito en esta investigación toma como referente experiencias aplicadas al MPP de equipos industriales con un enfoque de gestión de mantenimiento eficiente. (1, 2, 11, 41)

Una vez revisada la bibliografía sobre el tema y elaborado el marco teórico, la metodología que se utiliza para establecer el procedimiento toma como base los niveles de comportamiento, estandarización y alcance del mantenimiento en la actualidad, centrado en el **mantenimiento preventivo planificado (MPP)** al producir un efecto positivo en cuanto a:

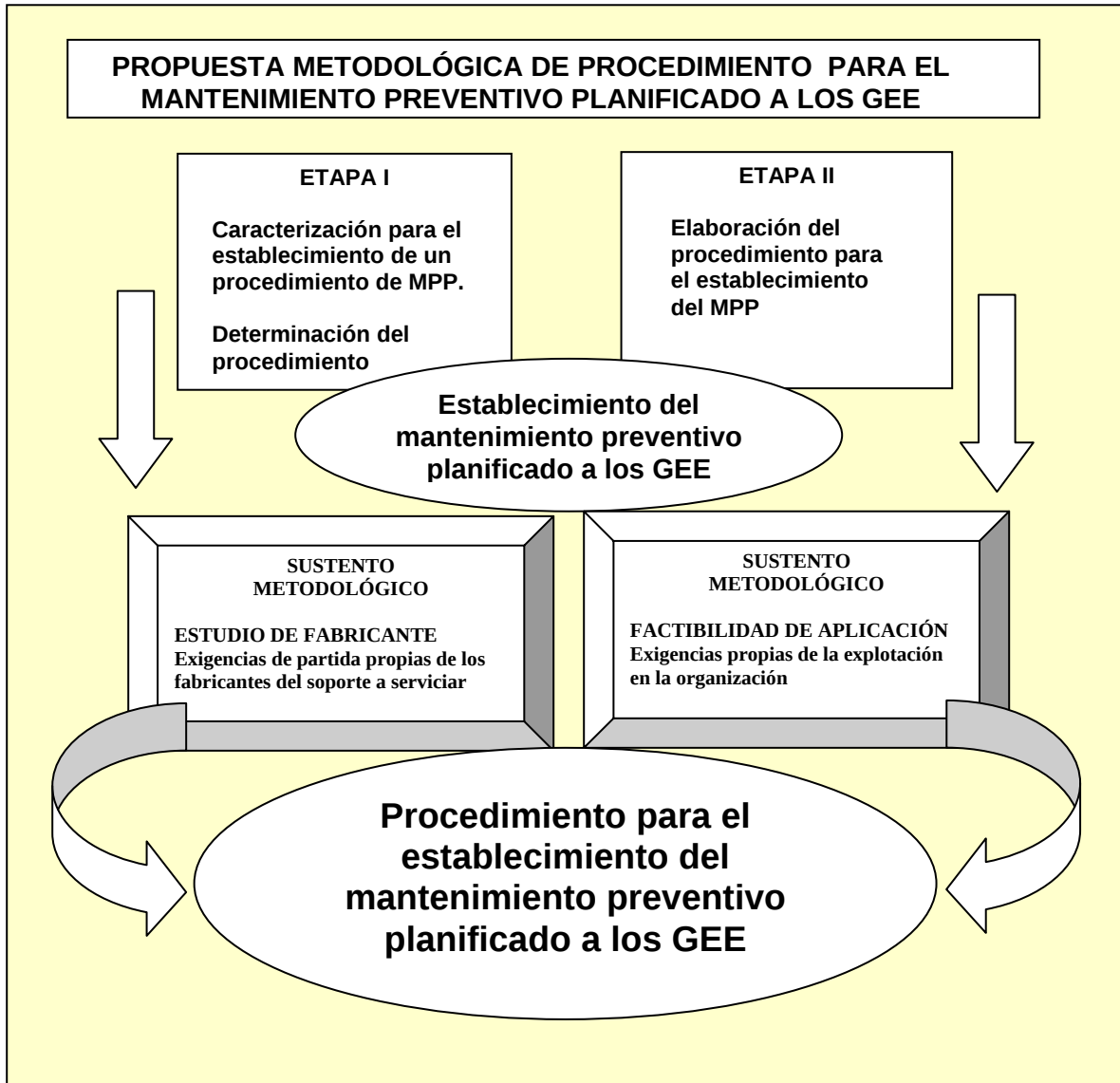
- Reducción en gran medida de la aparición del fallo eventual.
- Disminución de las pérdidas por estadía.
- Reducción de la frecuencia de grandes reparaciones muy costosas por lo general.
- Aumento de la disponibilidad, seguridad en el funcionamiento y vida útil de los equipos.
- Minimizar los costos de reparaciones.
- Permitir la planificación y organización de los mantenimientos y reparaciones.
- Reducción de la demanda de repuestos, herramientas y fuerza de trabajo.

Etapas II: Elaboración del procedimiento para el establecimiento del MPP

El elemento medular para la elaboración del procedimiento, lo constituyó la aplicación de la metodología para llegar al establecimiento del MPP, mediante una previa caracterización que identificó comportamiento, estandarización y alcance del mantenimiento.

Los pasos establecidos se corresponden con los hallazgos de la etapa anterior y tienen como propósito encausar el establecimiento del MPP, para ello anteriormente se debe determinar la estrategia a seguir y los recursos humanos y materiales indispensables. (Ver figura no. 11)

Figura No. 11: Metodología para el establecimiento de un procedimiento de MPP



Fuente: Elaboración propia

Etapas III: Validación del establecimiento del MPP.

La validación al procedimiento se explica de manera explícita en el capítulo 3, ajustado al Sistema Integral de Control de Grupos Electrónicos (SICGE), creado por especialistas de la Gerencia de Grupos Electrónicos CIMEX, de Cienfuegos.

2.6. Estrategia diseñada

La estrategia diseñada, una vez aplicado el método de expertos y analizadas las consideraciones expuestas, que se suman a criterios establecidos y estandarizados a nivel internacional, según refleja toda la bibliografía consultada y los argumentos de los fabricantes, expuestos en manuales de explotación y catálogos, sumadas a las exigencias propias de la organización, incluye diferentes aspectos, desde el punto de vista funcional, que se describen a continuación:

1. Inventario de planta y levantamiento de todos los GEE.
2. Codificación y registro de ficha técnica.
3. Priorizar equipos identificados categorizados en críticos y no críticos. (considerado como un paso importante, porque que continúan etapas intensivas en el uso de recursos que suelen ser escasos y priorizar asegura resultados a corto plazo, que avalan el desarrollo del proceso).
4. Evaluar las consecuencias.
5. Determinar las estrategias de mantenimiento más adecuadas.

2.7. Recursos Humanos

Definidas las estrategias se determina quien debe realizar el proceso partiendo de la estructura organizativa global con sus niveles y metodologías de decisión establecidos. Se precisa el personal especializado y los perfiles requeridos, además de las competencias y aptitudes necesarias por puesto.

Es importante establecer procedimientos adecuados para la selección de personal calificado previendo de antemano, un programa de capacitación continua, que permita el alcance de las competencias y aptitudes requeridas, en los perfiles de los cargos establecidos y los sistemas de evaluación de desempeño.

2.8. Recursos Materiales

Definir los recursos materiales necesarios para cumplir las estrategias, especificar los equipos, herramientas, repuestos y materiales necesarios para las tareas a desarrollar, clasificados por:

- Criticidad
- Reemplazabilidad
- Accesibilidad
- Tiempo de reposición
- Costo de reposición
- Variabilidad de la demanda

Con esta información se definen los modelos adecuados de reposición y las políticas de gestión de stocks a desarrollar.

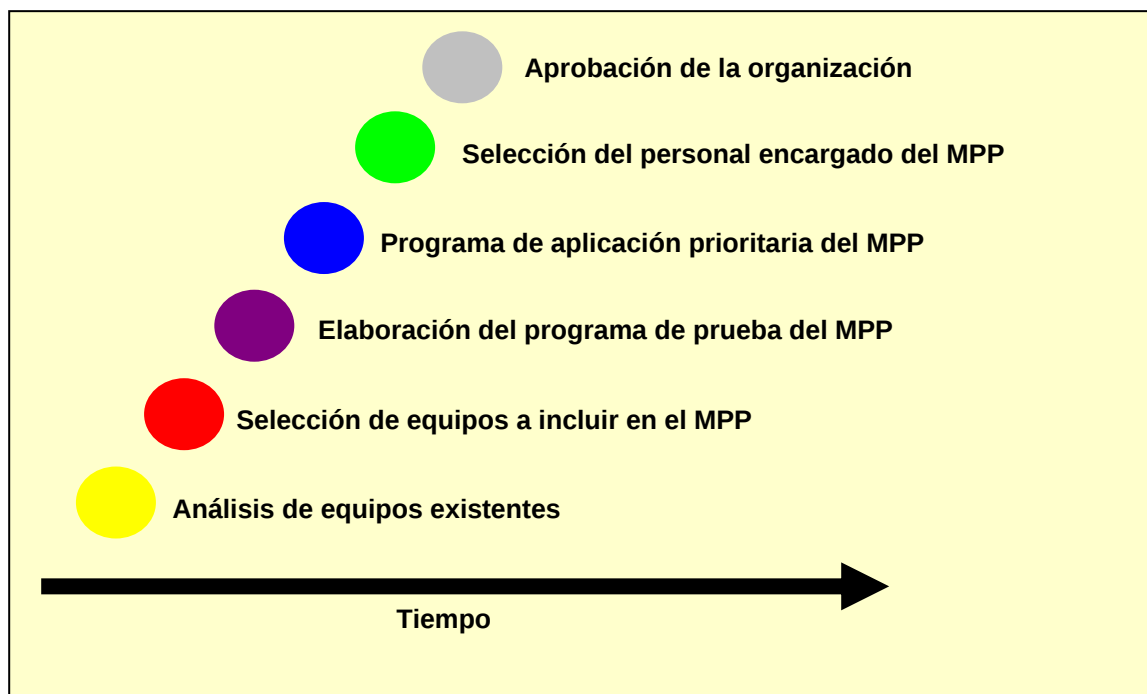
2.9. Pasos a cumplir para la implementación del procedimiento

Las tareas en este proceso, serán desarrolladas por el responsable del área técnica, apoyado en el personal asistente de ser necesario. Para lograr que el sistema se desarrolle, tenga coherencia y organicidad, se debe trazar un programa definido de trabajo, con contenido y plazos establecidos a cumplir.

Este programa debe ser conocido y aprobado por la dirección, quien, a su vez, lo hará conocer a todas las dependencias.

Según muestra la figura no. 12, seis son los pasos a considerar para la implementación del procedimiento.

Figura No. 12 Pasos a cumplir para implementar el procedimiento de MPP



Fuente: Creación propia

2.10. Descripción de los pasos a cumplir para implementar el MPP

2.10.1. 1er Paso: Análisis de equipos existentes

Determinar los equipos a aplicar el mantenimiento, revisando fuentes de información disponible (manuales, catálogos, etc.), tanto documental como por medio de los conocimientos del personal especializado y usuarios, con el objeto de determinar, localizar, analizar y categorizar los puntos críticos de importancia de cada GEE, en donde se aplicará el MPP. (Tabla no. 2)

Tabla No. 2: Levantamiento de equipos

Municipio	Centro	Organismo	Montador	Mantenedor	Marca	Potencia [kVA]	Estado			Marca Motor
							B	R	M	
Cienfuegos	Gerencia TRD	MINFAR	MINFAR	MINFAR	DENYO	15			x	ISUZU
Abreus	BANDEC Abreus	BCC	BANDEC	M PROPIOS	DENYO	6	x			KUBOTA
Aguada	BANDEC Aguada	BCC	BANDEC	M PROPIOS	DENYO	6	x			KUBOTA
Cienfuegos	BANDEC Cienfuegos	BCC	BANDEC	M PROPIOS	DENYO	6	x			KUBOTA

Fuente: Elaboración propia

Partiendo de la idea del desconocimiento total del GEE, debe confeccionarse un registro que incluya todos los componentes, determinando los que ante una avería limitarían el funcionamiento. Los costos totales del MPP se controlan desde el origen del proyecto, con el objetivo de su posterior evaluación.

Se acudirá a los planos, manuales operativos y de mantenimiento, catálogos de proveedores y, una fuente muy importante, el mismo personal de la instalación, que generalmente, constituyen un "registro" muy rico de informaciones sobre el historial de cada equipo. El recurrir al personal, por otra parte, constituye una actitud interesante, con el propósito de incentivar su adhesión a la aplicación del MPP.

De éste análisis surgirá un listado de todos los componentes a los que se aplicará el sistema, los que serán calificados según el criterio de:

Puntos muy críticos: Componentes con primera prioridad de atención, dado que su fallo puede comprometer el funcionamiento del equipo, de manera más seria.

Puntos críticos: Componentes con segunda prioridad de atención, dado que su fallo o rotura puede afectar el funcionamiento del equipo, aunque en menor grado.

Puntos importantes: Componentes a los que se podría aplicar el MPP, en la medida que no incremente el costo y atención del sistema.

Puntos secundarios: Componentes que, producida una parada, no pueden afectar para nada la seguridad, la producción o servicio, por lo que no se aplicarán inspecciones y revisiones de modo semejante a los puntos anteriormente detallados.

Se encontraran realidades muy diferentes y se notará que existen GEE que requieren poca atención y otros que por el contrario se encuentran en muy mal estado, demandando atención priorizada. Las acciones realizadas permitirán determinar los cambios necesarios en cada equipo para ponerlo en condiciones óptimas y posteriormente aplicarles un plan de mantenimiento. (Tabla no. 3)

Tabla No. 3: Clasificación del estado de los elementos del equipo.

Equipo	Punto	Descripción	Observaciones
GEE Gerencia TRD	Muy crítico	Recambio de AVR	Se encuentra en malas condiciones, con elementos quemados debido a la finalización de su vida útil. Esto provoca la pérdida de voltaje y frecuencia en la generación eléctrica, impidiendo la utilización del GEE. El recambio de dicho AVR se considera de vital importancia. Existe el agravante de no existir stock del mismo en el territorio, pero se contactó con División de Grupos Electrónicos CIMEX., informando que existe en sus almacenes. Su costo oscila en los 2000-2500 CUC la unidad.
	Crítico	Recambio del radiador	Con amplio deterioro producto a la corrosión. Ha sido reparado en tres ocasiones, pero en corto periodo vuelve a presentar una nueva avería. Al igual que el AVR, ha llegado al final de su vida útil, lo cual implica repetidas pérdidas y reposición de agua refrigerante, generando grandes retrasos en la prestación del servicio. Es posible su sustitución por uno de un GEE de similar marca dado de baja técnica por otras causas, aunque es recomendable comenzar a gestionar el suministro de uno nuevo. El costo de este elemento se comporta sobre los 490.00 CUC.
	Importante	Recambio del reservorio de agua de enfriamiento	La zona entre el límite superior del nivel del reservorio y la tapa se encuentra rajada. No existe pérdida de nivel por el momento, pero es de prever un progresivo deterioro. Existe como pieza de repuesto en nuestro almacén, a un costo de 2.85 CUC la unidad.
	Secundario	Recambio del bombillo de iluminación del panel de control	Pérdida de su función por haber llegado al final de su vida útil. Existe en almacén. Su costo es de 1.65 CUC.

Fuente: Elaboración propia

2.10.2. 2do Paso: Selección de equipos a incluir en el MPP

Se confeccionará un listado de puntos muy críticos, los que a su vez, se ordenarán en forma prioritaria en cuanto a la atención que les prestará el sistema; lo mismo se hará con los puntos críticos, importantes y secundarios.

En la medida que se realizan los procedimientos descritos a cada GEE, se recoge información en cuanto a: planos, manuales, planillas, registros de producción, registros de mantenimiento, etc., lo que permitirá detallar particularidades y admitirá elaborar un programa de inspecciones y revisiones adecuado a cada caso.

Para esto se debe elaborar una completa gama de planillas de mantenimiento, reparación, stock de piezas y una para el inventario general de los equipos. Estas planillas se confeccionarán de modo claro y preciso para minimizar el margen de error. La información contenida en cada planilla, estará en relación particular de cada equipo, detallando toda la información necesaria.

Elementos indispensables para el análisis:

- Datos del fabricante del objeto y si hubo mejoras en series posteriores.
- Manuales
- Planos
- Experiencia acumulada ya sea escrita o bien transmitida oralmente por el personal usuario del objeto.
- Sugerencias de mejoras aportadas por los mismos, anotadas y estudiadas detenidamente.

Como primera medida se deben catalogar y codificar los equipos como medida de distinción. Con los datos que aporta el catalogo, se genera un código que permite identificar cada GEE, factible en el proceso de control sistemático e individual del mantenimiento. (Tabla no. 4)

Tabla No.4: Catalogación de los equipos

No. GE	Centro ubicación	Origen	Marca	Potencia KVA	Tipo	Generación	Marca motor	Voltaje	No de Serie
1285	Gerencia TRD	Japón	DENYO	10	IA	M	Kubota	220/127	563823
1286	BANDEC Abreus	Japón	DENYO	6	IM	M	Kubota	220/127	973540
1287	BANDEC Aguada	Japón	DENYO	60	IA	T	Hino	220/127	295663
1288	BANDEC Cfgos	Japón	DENYO	45	IM	T	Isuzu	220/127	548230

Fuente: Elaboración propia

2.10.3. 3er Paso: Elaboración del programa de prueba del MPP

Para la elaboración del programa de prueba del sistema, se seleccionará un equipo que no presente grandes problemas, considerando su buen estado general. Es conveniente lograr la participación del operador directo del equipo y confeccionar una orden de trabajo donde quedan detalladas las acciones a realizar, los medios y recursos a utilizar. (Anexo C)

Todos los puntos de la inspección, paso a paso para cada ítem se detallan a través de una ficha adjunta de registro y programación para comenzar el MPP.

2.10.4. 4to Paso: Programa de aplicación prioritaria del MPP

Verificado que el plan de mantenimiento es fiable y cumple con los requerimientos establecidos, en cuanto a la concreción de los objetivos en tiempo y forma, conjuntamente con la capacitación de los especialistas y técnicos encargados, se organizará un programa de aplicación y desarrollo definitivo para ejecutar el MPP.

El programa debe establecer el momento en que comenzaran las inspecciones y revisiones en cada punto crítico. Se deben considerar acciones a seguir en forma escalonada y el llenado de las planillas, respetando el plan de prioridades, teniendo en cuenta la capacidad de la organización para atender el MPP.

Llegado este paso es determinante precisar que ha fallado, para pulir los defectos posibles en el diagrama de mantenimiento que está entrando en la etapa de implementación. De existir errores, estos pueden influir en el costo económico.

2.10.5. 5to Paso: Selección del personal encargado del MPP

La gerencia determinará los recursos humanos cuya función abarcará estas responsabilidades:

- Organizar el MPP en todos sus detalles.
- Desarrollar su aplicación.
- Diseñar cada uno de los sistemas componentes del MPP (inspecciones, revisiones, costos, métodos, etc.)
- Diseñar el organigrama y establecer los perfiles de cada función.
- Seleccionar y entrenar el personal.
- Establecer los métodos y procedimientos que se habrán de aplicar como norma de procedimiento a cada tarea.
- Costear todas las actividades del MPP.
- Controlar la marcha de todo el sistema.

La competencia del personal contratado es hoy una concepción relevante a considerar e implica mayor integración entre estrategia, sistema de trabajo y cultura organizacional; junto al manejo de la información y el conocimiento, proporciona potencialidad. En este caso la gestión del desempeño por competencias, está enfocada principalmente hacia el desarrollo de los técnicos que complementan

los procedimientos para el mantenimiento. Las posiciones que integran cada función de mantenimiento, se van cubriendo en forma paulatina, en la medida que se van necesitando, (inspecciones, revisiones, programas, registro de historial, expedición de órdenes, etc.) cualquiera sea la dimensión de MPP.

2.10.6. 6to Paso: Aprobación de la organización

La aprobación de la organización es ejecutada por la dirección de la gerencia, antes de iniciar la aplicación del sistema, lo que asegura su aplicación sin objeciones posteriores, a la vez que le otorga los fondos requeridos.

Llegado el caso que la aprobación no se de, se deberá analizar, puesto que dependiendo de cual es la razón, existe la posibilidad de corregir el/los puntos en cuestión. De no ser así se procederá a la pronta implementación del plan según lo estipulado oportunamente.

Definida la estrategia de trabajo será necesario establecer las tácticas con las cuales el personal que presta los servicios de mantenimiento realizará las labores correspondientes en cada instalación.

2.11. Procedimiento general de las rutinas de MPP

Debido a la importancia del MPP en la prolongación de la vida útil de los GEE y de su funcionamiento adecuado, se determinan diez pasos, a considerar en la rutina de mantenimiento. Estos pasos generales son los que constituyen la base del mantenimiento a cada equipo; su aplicabilidad es determinada por las características específicas de cada uno:

1. Inspección de condiciones ambientales
2. Limpieza integral externa
3. Inspección externa del equipo *
4. Limpieza integral interna
5. Inspección interna *
6. Lubricación y engrase *
7. Reemplazo de ciertas partes
8. Ajuste y calibración *
9. Pruebas funcionales completas *

** Acciones que involucran posible verificación funcional.*

1. Inspección de las condiciones ambientales en las que se encuentra el equipo.

Observar las condiciones del ambiente en las que se encuentra el GEE, ya sea en funcionamiento o en almacenamiento. Los aspectos que se recomienda evaluar son: humedad, exposición a vibraciones mecánicas, presencia de polvo, seguridad de la instalación y temperatura.

Cualquier anomalía o no cumplimiento de estas condiciones con lo establecido¹, debe ser notificado como observación en la rutina, o inmediatamente dependiendo de la situación, y siguiendo el procedimiento especificado por el jefe del departamento de mantenimiento.

- **Humedad:** La humedad del ambiente en el que trabaja el GEE, no debe ser mayor a la que especifica el fabricante. Si no se cuenta con esta información, o con los medios adecuados de medición, se puede evaluar por sus efectos, por ejemplo oxidación de la carcasa, levantamiento de pintura de paredes o del equipo, etc.
NOTA: Este aspecto está relacionado con la inspección visual del GEE.
- **Vibraciones mecánicas:** Las vibraciones mecánicas pueden ser causa de falta de calibración mecánica o electrónica de algunos equipos, sobre todo los que necesitan determinada precisión en los procedimientos que realizan.
- **Polvo:** Tanto los equipos electrónicos, como los eléctricos y mecánicos, se ven afectados en su funcionamiento y en la duración de su vida útil, por la presencia de polvo en su sistema. Revise que no haya una presencia excesiva de polvo en el ambiente, visualizando los alrededores del equipo, en el equipo mismo, o la existencia de zonas cercanas donde se produzca el mismo.
- **Seguridad de la instalación:** Una instalación de un GEE insegura, ofrece un peligro potencial tanto al equipo mismo, como a las personas, ya sean estos operadores o público en general. Revise que la instalación del equipo ofrezca seguridad, ya sea que esté montado sobre una superficie fija o móvil. Si utiliza fijadores, verifique que estos estén en buenas condiciones y si el equipo posee puertas con apertura horizontal, revise la nivelación del mismo.

¹ Lo establecido, se refiere a especificaciones del fabricante o cualquier otra recomendación que ha sido aceptada como norma para el departamento.

Además, verifique que la instalación eléctrica se encuentre protegida con medios de desconexión apropiados y de instalación mecánica segura que no permita la producción de cortocircuitos o falsos contactos por movimientos mecánicos normales. Esto implicará las pizarras de protección y distribución más cercanas.

- **Temperatura:** La luz solar directa o la temperatura excesiva pueden dañar el GEE, o alterar su funcionamiento. Verifique cual es la temperatura permitida por el fabricante, si este dato no está disponible, corrobore que el equipo no esté en exposición directa al sol (a menos que se trate de un equipo de uso de intemperie), y que la temperatura no sea mayor a la del ambiente. Es importante que las instalaciones permitan disipar el calor proveniente del GEE, este requiere circulación libre de aire por el mismo, y que no existan otros equipos o condiciones que eleven la temperatura ambiental en la que se encuentran.

NOTA: Para cada equipo deberán evaluarse la aplicabilidad de las condiciones.

2. Limpieza integral externa.

Eliminar cualquier vestigio de suciedad, desechos, polvo, moho, hongos, etc., en las partes externas que componen al GEE, mediante los métodos adecuados según corresponda, podría incluir limpieza de superficie externa utilizando limpiador de superficies líquido, lija, etc.

NOTA: Para esta tarea el técnico deberá utilizar los medios de protección necesarios (Por ejemplo: guantes, mascarilla, etc.)

3. Inspección externa del equipo.

Examinar o reconocer atentamente en el GEE, sin necesidad de quitar partes, tapas, etc, elementos o accesorios que se encuentran a la vista., tales como mangueras, chasis, baterías, aspas del ventilador, correas, conductores eléctricos, puerto de combustible, panel de control, drenajes, etc., para detectar signos de corrosión, impactos físicos, desgastes, vibración, sobrecalentamiento, fatiga, roturas, fugas, elementos faltantes, o cualquier signo que obligue a sustituir las partes afectadas o a tomar alguna acción pertinente al MPP o correctivo.

Esta actividad podría conllevar de ser necesario, la puesta en funcionamiento de un equipo o de una parte de éste, para comprobar los signos mencionados en el párrafo anterior.

Actividades involucradas:

a) Revisión del aspecto físico general del GEE y sus componentes, para detectar posibles impactos físicos, maltratos, corrosión en la carcasa o levantamiento de pintura, cualquier otro daño físico. Esto incluye viñetas y señalizaciones, falta de componentes o accesorios, etc.

b) Revisión de componentes mecánicos, para determinar falta de lubricación, desgaste de piezas, sobrecalentamiento, fugas, roturas, etc.

c) Revisión de componentes eléctricos. Esto incluye: conductores eléctricos: revisar que estos se encuentren íntegros, sin dobleces ni roturas, o cualquier signo de deterioro de aislamiento, y que sus conectores y terminales no se encuentren dañados.

4. Limpieza integral interna.

Eliminar cualquier vestigio de suciedad, desechos, polvo, moho, hongos, sulfatación, corrosión, etc., en las partes internas que componen al GEE, mediante los métodos adecuados según corresponda.

Esto podría incluir:

- Limpieza de superficie interna utilizando limpiador de superficies líquido, lija, etc.
- Limpieza de tarjetas electrónicas, contactos eléctricos, bornes, conectores, utilizando limpiador de contactos eléctricos, aspirador, brocha, etc.

5. Inspección interna.

Examinar o reconocer atentamente las partes internas del GEE y sus componentes, para detectar signos de corrosión, impactos físicos, desgastes, vibración, sobrecalentamiento, fatiga, roturas, fugas, partes faltantes, o cualquier signo que obligue a sustituir las partes afectadas o a tomar alguna acción pertinente al MPP o correctivo.

Esta actividad podría conllevar, de ser necesario, la puesta en funcionamiento de un equipo o de una parte de éste, para comprobar los signos mencionados en el párrafo anterior.

Actividades involucradas:

- Revisión general del aspecto físico de la parte interna del GEE y sus componentes, para detectar posibles impactos físicos, maltratos, corrosión en la carcasa o levantamiento de pintura, cualquier otro daño físico.
- Revisión de componentes mecánicos, para determinar falta de lubricación, desgaste de piezas, sobrecalentamiento, fugas, roturas, etc.
- Revisión de componentes eléctricos, para determinar falta o deterioro del aislamiento, de los cables internos, conectores etc., que no hayan sido verificados en la revisión externa del equipo, revisando cuando sea necesario, el adecuado funcionamiento de estos con la ayuda de los instrumentos adecuados (multímetro, megger).
- Revisión de componentes electrónicos, tanto tarjetas como circuitos integrados, inspeccionando de manera visual y táctil si es necesario, el posible sobrecalentamiento de estos. Visualizar su estado físico y comprobar su funcionamiento con un sistema de medición que permita verificarlo con adecuada exactitud.

6. Lubricación y engrase.

Lubricar y/o engrasar ya sea en forma directa o a través de un depósito, motores, bisagras, puntos de apoyo, rodamientos, y cualquier otro mecanismo que lo necesite. Puede ser realizado en el momento de la inspección, y deben utilizarse los lubricantes recomendados por el fabricante o sus equivalentes.

7. Reemplazo de ciertas partes.

La mayoría de los GEE tienen partes diseñadas para gastarse durante su funcionamiento, de modo que prevengan el desgaste en otras partes o sistemas del mismo. Ejemplo de estos son, los dispositivos protectores, filtros, etc. El reemplazo de estas partes es un paso esencial del MPP, y puede ser realizado en el momento de la inspección.

8. Ajuste y calibración.

En el MPP es necesario ajustar y calibrar los equipos, ya sea ésta una calibración o ajuste mecánico, eléctrico, o electrónico. Para esto deberá tomarse en cuenta lo observado anteriormente en la inspección externa e interna del GEE, y de ser necesario poner en funcionamiento el mismo y realizar mediciones de los parámetros más importantes, de modo que esté acorde a normas técnicas establecidas, especificaciones del fabricante, o cualquier otra referencia para detectar cualquier falta de ajuste y calibración.

Luego de esto debe realizarse la calibración o ajuste que se estime necesaria, poner en funcionamiento el equipo y realizar la medición de los parámetros correspondientes, estas dos actividades serán necesarias hasta lograr que el GEE no presente signos de desajuste o falta de calibración.

9. Pruebas funcionales completas

Además de las pruebas de funcionamiento realizadas en otras partes de la rutina, es importante poner en funcionamiento el GEE en conjunto con el operador, en todos los modos de funcionamiento que éste posea, lo cual además de detectar posibles fallas en el equipo, promueve una mejor comunicación entre el técnico y el operador, con la consecuente determinación de fallas en el proceso de operación por parte del operador o del mismo técnico.

2.11.1. Frecuencia del MPP

La decisión de incluir un GEE en el programa de MPP, es delicada y de suma importancia para garantizar la estabilidad de los servicios básicos a la población y la vida útil del equipo.

Rutinas con frecuencia demasiado larga podrían:

- a) Reducir la vida útil del GEE.
- b) No ser efectivas económicamente.

Rutinas con frecuencia demasiado corta podrían afectar:

- a) La confiabilidad del GEE.
- b) La precisión del mismo
- c) La seguridad que este brinda al operador y al organismo que lo usa.

Un dispositivo debe estar sujeto a inspecciones, mantenimiento o verificación de su funcionamiento, solo si existe una buena razón que la sustente:

- a) Reducción del riesgo de dañar a personas, producción o servicio determinado.
- b) Minimizar el tiempo fuera de funcionamiento.
- c) Evitar reparaciones excesivamente costosas al proveer mantenimiento a intervalos periódicos.
- d) Producir un ahorro al prolongar la vida útil de un GEE, de modo que el gasto en mantenimiento durante su vida útil sea menor que la adquisición de uno nuevo.
- e) Corregir problemas de operación menores, antes que ellos resulten en fallas mayores del sistema o resultados imprecisos.
- f) Cumplir con códigos, estándares, y regulaciones, o las recomendaciones rigurosas de los fabricantes.

Mediante esta investigación, se estandarizan y establecen frecuencias para realizar el mantenimiento, teniendo en cuenta las recomendaciones del fabricante y las experiencias técnicas en la explotación de estos equipos; estas deben ser evaluadas por sus usuarios, tomando en cuenta situaciones específicas, tales como equipos con tiempo y frecuencia de uso diferente, incidencia de fallas frecuentes, condiciones de trabajo, edad, etc., con el objetivo de cumplir con las razones expuestas anteriormente.

2.11.2. Instructivo de uso de los formatos para rutinas de MPP

Existen dos tipos básicos de rutinas a seguir: rutina para el M-1 a desarrollar con una frecuencia mensual y rutina para M-2, relacionado con la frecuencia establecida por los fabricantes según horas de trabajo del GEE. El cuidado para llenar el formulario de cada rutina es muy importante, pues así, no pasan inadvertidos detalles que hacen al MPP más efectivo. Por esta razón se ha estimado conveniente describir cada una de las partes que constituyen el formato, para luego determinar los pasos a seguir.

Cada parte del formato debe ser completada por el personal encargado de ejecutar la rutina. Apoyarse en una fuerte base de datos posibilitará que muchas de estas referencias sean reflejadas al inicio del proceso de forma automática. Figura no. 12.

Figura No. 12: Orden de trabajo para seguir rutinas

SUCURSAL COPEX CONSUMOS Gerencia de Grupos Eléctricos		ORDEN DE TRABAJO No: _____ ORDEN DE SERVICIO No: _____	
GRUPO:	ENTIDAD:	ORGANISMO:	
MARCA/Modelo:	FECHA DE INICIO:	FECHA DE TERMINACIÓN:	
ACTIVIDAD:	OTROS TRABAJOS:		
Ultimo Mto. Mto:	Horómetro Actual:	LIBRO CT:	Manual de operación
MEDICIONES:	Volt	Hz	A
Código:	Acciones electronecánicas o rutinas	Código:	Acciones electronecánicas o rutinas
MCMU	Sistema de Lubricación	MCMU	Sistema de Inyección de Aire
01	Revisar nivel del nivel de aceite	01	Limpiar filtro de aire
02	Revisar calidad de aceite	02	Limpiar filtro de aire
03	Comprobar valor de presión de aceite	03	Comprobar funcionamiento del turboalimentador
04	Limpiar aceite del motor	04	Comprobar condiciones de funcionamiento
05	Revisar filtro de aceite	05	Comprobar condiciones de funcionamiento
MCMOM	Sistema de combustible	MCMOM	Revisar y limpiar de la bomba inyectora
01	Revisar calidad de combustible	01	Comprobar condiciones de funcionamiento de la bomba inyectora
02	Revisar nivel de combustible	02	Revisar color de los gases de escape, ruidos y vibraciones
03	Revisar agua y limpiar filtro de combustible	03	Revisar color de los gases
04	Revisar filtro de combustible	04	Comprobar condiciones de funcionamiento en los cilindros
05	Revisar agua y limpiar filtro de combustible	05	Comprobar alineación del motor
06	Revisar agua y limpiar filtro de combustible	06	Revisar mangas de pistones y de gomas
07	Revisar agua y limpiar filtro de combustible	07	Revisar y ajustar las válvulas
MCMMP	Sistema de Refrigeración	MCMMP	Revisar y ajustar la bomba de agua
01	Revisar nivel del líquido refrigerante	01	Comprobar funcionamiento de la bomba de agua
02	Revisar calidad del líquido refrigerante	02	Comprobar nivel de la bomba de agua
03	Comprobar estado del radiador debidamente apretado	03	Revisar terminal y conexiones
04	Revisar nivel y estado de la correa del ventilador	04	Revisar condiciones ambientales
05	Comprobar estado del líquido refrigerante (PSIG/PSI)	05	Revisar condiciones ambientales
06	Revisar estado del líquido refrigerante (PSIG/PSI)	06	Revisar condiciones ambientales
07	Revisar y limpiar superficie externa del radiador	07	Revisar condiciones ambientales
08	Revisar y limpiar superficie externa del radiador	08	Revisar condiciones ambientales
09	Revisar y limpiar superficie externa del radiador	09	Revisar condiciones ambientales
10	Revisar y limpiar superficie externa del radiador	10	Revisar condiciones ambientales
11	Revisar y limpiar superficie externa del radiador	11	Revisar condiciones ambientales
MCMRE	Sistema Eléctrico	MCMRE	Revisar y limpiar superficie externa del radiador
01	Revisar nivel de electrolito en batería	01	Revisar y limpiar superficie externa del radiador
02	Revisar estado de la batería	02	Revisar y limpiar superficie externa del radiador
03	Comprobar condiciones de carga de batería	03	Revisar y limpiar superficie externa del radiador
04	Comprobar densidad del electrolito en la batería	04	Revisar y limpiar superficie externa del radiador
05	Revisar y limpiar motor de arranque y alternador de carga de batería	05	Revisar y limpiar superficie externa del radiador
06	Revisar y limpiar motor de arranque y alternador de carga de batería	06	Revisar y limpiar superficie externa del radiador
07	Revisar y limpiar motor de arranque y alternador de carga de batería	07	Revisar y limpiar superficie externa del radiador
08	Revisar y limpiar motor de arranque y alternador de carga de batería	08	Revisar y limpiar superficie externa del radiador
09	Revisar y limpiar motor de arranque y alternador de carga de batería	09	Revisar y limpiar superficie externa del radiador
10	Revisar y limpiar motor de arranque y alternador de carga de batería	10	Revisar y limpiar superficie externa del radiador
11	Revisar y limpiar motor de arranque y alternador de carga de batería	11	Revisar y limpiar superficie externa del radiador
12	Revisar y limpiar motor de arranque y alternador de carga de batería	12	Revisar y limpiar superficie externa del radiador
13	Revisar y limpiar motor de arranque y alternador de carga de batería	13	Revisar y limpiar superficie externa del radiador
14	Revisar y limpiar motor de arranque y alternador de carga de batería	14	Revisar y limpiar superficie externa del radiador
15	Revisar y limpiar motor de arranque y alternador de carga de batería	15	Revisar y limpiar superficie externa del radiador
16	Revisar y limpiar motor de arranque y alternador de carga de batería	16	Revisar y limpiar superficie externa del radiador
17	Revisar y limpiar motor de arranque y alternador de carga de batería	17	Revisar y limpiar superficie externa del radiador
18	Revisar y limpiar motor de arranque y alternador de carga de batería	18	Revisar y limpiar superficie externa del radiador
19	Revisar y limpiar motor de arranque y alternador de carga de batería	19	Revisar y limpiar superficie externa del radiador
20	Revisar y limpiar motor de arranque y alternador de carga de batería	20	Revisar y limpiar superficie externa del radiador
21	Revisar y limpiar motor de arranque y alternador de carga de batería	21	Revisar y limpiar superficie externa del radiador
22	Revisar y limpiar motor de arranque y alternador de carga de batería	22	Revisar y limpiar superficie externa del radiador
23	Revisar y limpiar motor de arranque y alternador de carga de batería	23	Revisar y limpiar superficie externa del radiador
24	Revisar y limpiar motor de arranque y alternador de carga de batería	24	Revisar y limpiar superficie externa del radiador
25	Revisar y limpiar motor de arranque y alternador de carga de batería	25	Revisar y limpiar superficie externa del radiador
26	Revisar y limpiar motor de arranque y alternador de carga de batería	26	Revisar y limpiar superficie externa del radiador
27	Revisar y limpiar motor de arranque y alternador de carga de batería	27	Revisar y limpiar superficie externa del radiador
28	Revisar y limpiar motor de arranque y alternador de carga de batería	28	Revisar y limpiar superficie externa del radiador
29	Revisar y limpiar motor de arranque y alternador de carga de batería	29	Revisar y limpiar superficie externa del radiador
30	Revisar y limpiar motor de arranque y alternador de carga de batería	30	Revisar y limpiar superficie externa del radiador
31	Revisar y limpiar motor de arranque y alternador de carga de batería	31	Revisar y limpiar superficie externa del radiador
32	Revisar y limpiar motor de arranque y alternador de carga de batería	32	Revisar y limpiar superficie externa del radiador
33	Revisar y limpiar motor de arranque y alternador de carga de batería	33	Revisar y limpiar superficie externa del radiador
34	Revisar y limpiar motor de arranque y alternador de carga de batería	34	Revisar y limpiar superficie externa del radiador
35	Revisar y limpiar motor de arranque y alternador de carga de batería	35	Revisar y limpiar superficie externa del radiador
36	Revisar y limpiar motor de arranque y alternador de carga de batería	36	Revisar y limpiar superficie externa del radiador
37	Revisar y limpiar motor de arranque y alternador de carga de batería	37	Revisar y limpiar superficie externa del radiador
38	Revisar y limpiar motor de arranque y alternador de carga de batería	38	Revisar y limpiar superficie externa del radiador
39	Revisar y limpiar motor de arranque y alternador de carga de batería	39	Revisar y limpiar superficie externa del radiador
40	Revisar y limpiar motor de arranque y alternador de carga de batería	40	Revisar y limpiar superficie externa del radiador
41	Revisar y limpiar motor de arranque y alternador de carga de batería	41	Revisar y limpiar superficie externa del radiador
42	Revisar y limpiar motor de arranque y alternador de carga de batería	42	Revisar y limpiar superficie externa del radiador
43	Revisar y limpiar motor de arranque y alternador de carga de batería	43	Revisar y limpiar superficie externa del radiador
44	Revisar y limpiar motor de arranque y alternador de carga de batería	44	Revisar y limpiar superficie externa del radiador
45	Revisar y limpiar motor de arranque y alternador de carga de batería	45	Revisar y limpiar superficie externa del radiador
46	Revisar y limpiar motor de arranque y alternador de carga de batería	46	Revisar y limpiar superficie externa del radiador
47	Revisar y limpiar motor de arranque y alternador de carga de batería	47	Revisar y limpiar superficie externa del radiador
48	Revisar y limpiar motor de arranque y alternador de carga de batería	48	Revisar y limpiar superficie externa del radiador
49	Revisar y limpiar motor de arranque y alternador de carga de batería	49	Revisar y limpiar superficie externa del radiador
50	Revisar y limpiar motor de arranque y alternador de carga de batería	50	Revisar y limpiar superficie externa del radiador
51	Revisar y limpiar motor de arranque y alternador de carga de batería	51	Revisar y limpiar superficie externa del radiador
52	Revisar y limpiar motor de arranque y alternador de carga de batería	52	Revisar y limpiar superficie externa del radiador
53	Revisar y limpiar motor de arranque y alternador de carga de batería	53	Revisar y limpiar superficie externa del radiador
54	Revisar y limpiar motor de arranque y alternador de carga de batería	54	Revisar y limpiar superficie externa del radiador
55	Revisar y limpiar motor de arranque y alternador de carga de batería	55	Revisar y limpiar superficie externa del radiador
56	Revisar y limpiar motor de arranque y alternador de carga de batería	56	Revisar y limpiar superficie externa del radiador
57	Revisar y limpiar motor de arranque y alternador de carga de batería	57	Revisar y limpiar superficie externa del radiador
58	Revisar y limpiar motor de arranque y alternador de carga de batería	58	Revisar y limpiar superficie externa del radiador
59	Revisar y limpiar motor de arranque y alternador de carga de batería	59	Revisar y limpiar superficie externa del radiador
60	Revisar y limpiar motor de arranque y alternador de carga de batería	60	Revisar y limpiar superficie externa del radiador
61	Revisar y limpiar motor de arranque y alternador de carga de batería	61	Revisar y limpiar superficie externa del radiador
62	Revisar y limpiar motor de arranque y alternador de carga de batería	62	Revisar y limpiar superficie externa del radiador
63	Revisar y limpiar motor de arranque y alternador de carga de batería	63	Revisar y limpiar superficie externa del radiador
64	Revisar y limpiar motor de arranque y alternador de carga de batería	64	Revisar y limpiar superficie externa del radiador
65	Revisar y limpiar motor de arranque y alternador de carga de batería	65	Revisar y limpiar superficie externa del radiador
66	Revisar y limpiar motor de arranque y alternador de carga de batería	66	Revisar y limpiar superficie externa del radiador
67	Revisar y limpiar motor de arranque y alternador de carga de batería	67	Revisar y limpiar superficie externa del radiador
68	Revisar y limpiar motor de arranque y alternador de carga de batería	68	Revisar y limpiar superficie externa del radiador
69	Revisar y limpiar motor de arranque y alternador de carga de batería	69	Revisar y limpiar superficie externa del radiador
70	Revisar y limpiar motor de arranque y alternador de carga de batería	70	Revisar y limpiar superficie externa del radiador
71	Revisar y limpiar motor de arranque y alternador de carga de batería	71	Revisar y limpiar superficie externa del radiador
72	Revisar y limpiar motor de arranque y alternador de carga de batería	72	Revisar y limpiar superficie externa del radiador
73	Revisar y limpiar motor de arranque y alternador de carga de batería	73	Revisar y limpiar superficie externa del radiador
74	Revisar y limpiar motor de arranque y alternador de carga de batería	74	Revisar y limpiar superficie externa del radiador
75	Revisar y limpiar motor de arranque y alternador de carga de batería	75	Revisar y limpiar superficie externa del radiador
76	Revisar y limpiar motor de arranque y alternador de carga de batería	76	Revisar y limpiar superficie externa del radiador
77	Revisar y limpiar motor de arranque y alternador de carga de batería	77	Revisar y limpiar superficie externa del radiador
78	Revisar y limpiar motor de arranque y alternador de carga de batería	78	Revisar y limpiar superficie externa del radiador
79	Revisar y limpiar motor de arranque y alternador de carga de batería	79	Revisar y limpiar superficie externa del radiador
80	Revisar y limpiar motor de arranque y alternador de carga de batería	80	Revisar y limpiar superficie externa del radiador
81	Revisar y limpiar motor de arranque y alternador de carga de batería	81	Revisar y limpiar superficie externa del radiador
82	Revisar y limpiar motor de arranque y alternador de carga de batería	82	Revisar y limpiar superficie externa del radiador
83	Revisar y limpiar motor de arranque y alternador de carga de batería	83	Revisar y limpiar superficie externa del radiador
84	Revisar y limpiar motor de arranque y alternador de carga de batería	84	Revisar y limpiar superficie externa del radiador
85	Revisar y limpiar motor de arranque y alternador de carga de batería	85	Revisar y limpiar superficie externa del radiador
86	Revisar y limpiar motor de arranque y alternador de carga de batería	86	Revisar y limpiar superficie externa del radiador
87	Revisar y limpiar motor de arranque y alternador de carga de batería	87	Revisar y limpiar superficie externa del radiador
88	Revisar y limpiar motor de arranque y alternador de carga de batería	88	Revisar y limpiar superficie externa del radiador
89	Revisar y limpiar motor de arranque y alternador de carga de batería	89	Revisar y limpiar superficie externa del radiador
90	Revisar y limpiar motor de arranque y alternador de carga de batería	90	Revisar y limpiar superficie externa del radiador
91	Revisar y limpiar motor de arranque y alternador de carga de batería	91	Revisar y limpiar superficie externa del radiador
92	Revisar y limpiar motor de arranque y alternador de carga de batería	92	Revisar y limpiar superficie externa del radiador
93	Revisar y limpiar motor de arranque y alternador de carga de batería	93	Revisar y limpiar superficie externa del radiador
94	Revisar y limpiar motor de arranque y alternador de carga de batería	94	Revisar y limpiar superficie externa del radiador
95	Revisar y limpiar motor de arranque y alternador de carga de batería	95	Revisar y limpiar superficie externa del radiador
96	Revisar y limpiar motor de arranque y alternador de carga de batería	96	Revisar y limpiar superficie externa del radiador
97	Revisar y limpiar motor de arranque y alternador de carga de batería	97	Revisar y limpiar superficie externa del radiador
98	Revisar y limpiar motor de arranque y alternador de carga de batería	98	Revisar y limpiar superficie externa del radiador
99	Revisar y limpiar motor de arranque y alternador de carga de batería	99	Revisar y limpiar superficie externa del radiador
100	Revisar y limpiar motor de arranque y alternador de carga de batería	100	Revisar y limpiar superficie externa del radiador
REPORTES DE TRABAJO (TRABAJOS REALIZADOS) No. y Apellido (Ejemplo: 123456789) Fecha: _____ Código: _____ Categoría: _____ Hora: _____ Respuesta: Sí/No: _____ GASTOS DIRECTOS Cantidad: _____ Importe: _____ Herramientas y equipo: _____ Devo: _____ CONFORMIDAD DEL SERVICIO La firma del personal que presta el servicio y la conformidad del cliente con el servicio prestado y con la calidad de pago. No. y Apellido del cliente: _____ Cargo: _____ Firma: _____ No. y Apellido del ejecutor: _____ Cargo: _____ Firma: _____ Observaciones: _____			

ENCABEZADO

REGISTRO DE PASOS DE LA RUTINA

REGISTRO DE DATOS / MATERIAL

OBSERVACIONES

Fuente: Elaboración propia

Las partes que componen el formato son:

a) **Encabezado:** Recogerá la información, que en su mayoría puede ser reflejada automáticamente al emitir la orden de trabajo:

1. Número de la orden de trabajo
2. Número de la orden de servicio
3. Número de inventario del GE

4. Modelo del GE
5. Entidad de ubicación del GE
6. Organismo a que pertenece la entidad
7. Fecha de inicio de la actividad o rutina
8. Fecha de terminación de la actividad o rutina
9. Tipo de actividad o rutina
10. Trabajo a realizar, donde se podrá indicar otra tarea no establecida en la rutina del M-1 o M-2 y requiera ser desarrollada. Ejemplo: Atención a una avería.

b) Registro de pasos de rutina: Contiene:

1. Ultimo mantenimiento M-2 realizado (reflejado automáticamente para referencia del técnico)
2. Registro del horómetro al momento de realizar el trabajo.
3. Comprobación de existencia del Libro de Control Técnico.
4. Comprobación de existencia del manual del operador.
5. Mediciones de los parámetros de funcionamiento del GE (Voltaje, frecuencia, amperaje, presión de aceite, temperatura del motor y Vcd)
6. Acciones electromecánicas o rutinas del MPP, codificadas.
7. Casillas para indicar cumplimiento del paso de la rutina.

c) Registro de datos: Deberá detallar:

1. Piezas e insumos utilizados.
2. Ultimo cambio de pieza efectuado, como referencia al técnico.
3. Nombre de los técnicos que realizaron el trabajo
4. Código del técnico
5. Firma del técnico
6. Categoría del técnico

7. Horas empleadas (tiempo de ejecución) el cual comprende desde el momento en que se inicia la ejecución de la rutina, hasta que se termina de ejecutar la misma. Para efectos de programación, se deben considerar también los tiempos de preparación de material, herramienta y repuestos necesarios para la ejecución de la rutina.
8. Gastos directos
9. Cantidad de gastos directos
10. Importe de gastos directos
11. Nombres y apellidos, cargo y firma de conformidad del cliente por el trabajo realizado.
12. Nombres y apellidos, cargo y firma del técnico responsable de la ejecución del trabajo.

d) Material: Cada rutina tiene incorporado una lista de materiales gastables, repuestos, herramientas y equipos mínimos que un técnico necesita para realizarla. Esto no limita que para casos especiales no se necesiten otros materiales.

e) Observaciones: Se incluye un espacio para que cada vez que sea ejecutada la rutina, se escriban las observaciones pertinentes sobre el estado y funcionamiento del GE u otra consideración relacionada.

Observaciones pertinentes, podrían ser por ejemplo, no realización de algún paso de la rutina y la causa de esto, la desviación de un parámetro establecido o necesidad de trabajos determinados en próximo mantenimiento, etc.

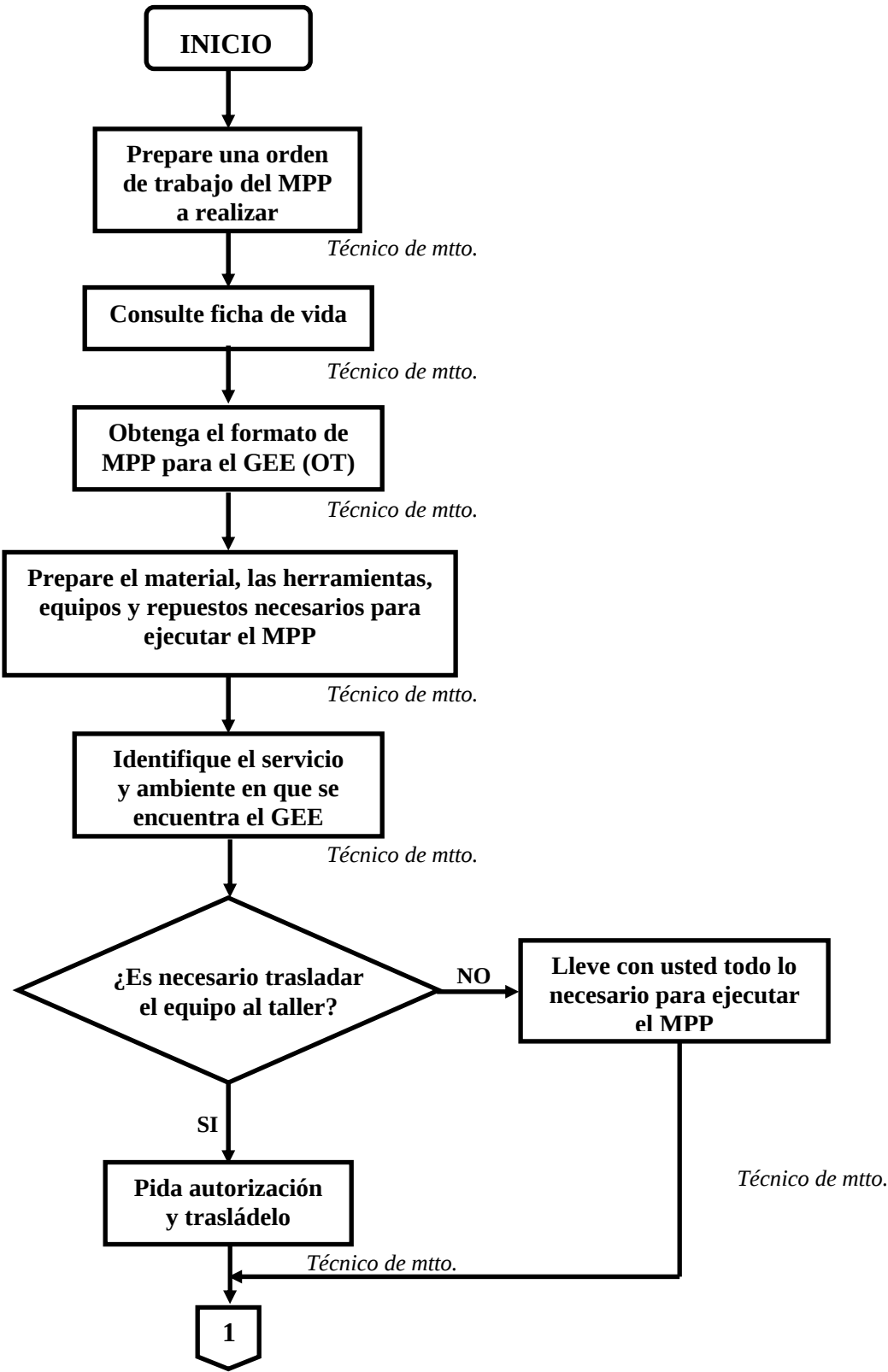
2.11.3. Proceso de utilización de rutinas de MPP

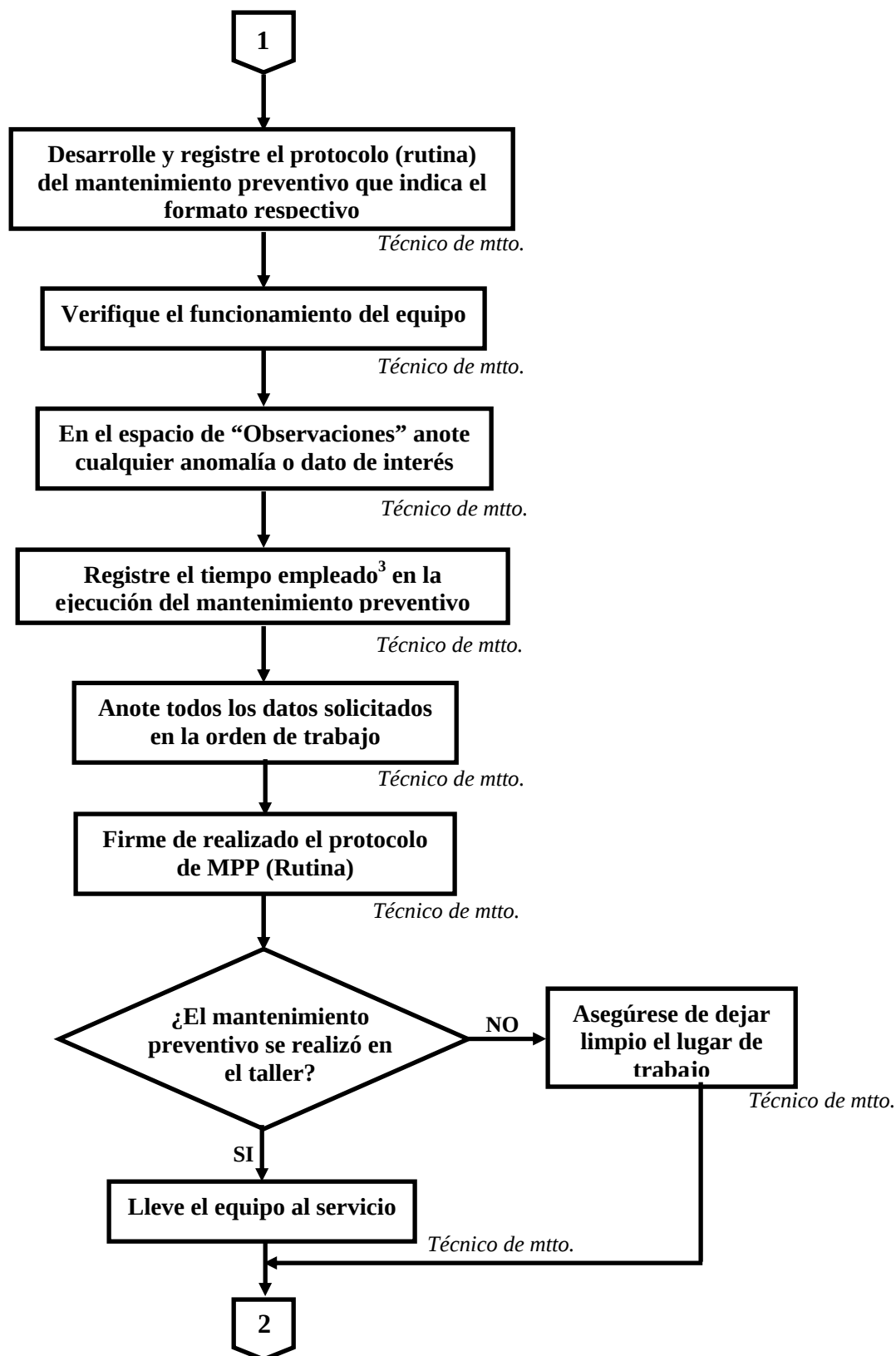
1. Buscar la hoja para ejecutar la rutina correspondiente (Orden de trabajo).
2. Preparar el material, las herramientas, el equipo y los repuestos necesarios para ejecutar la rutina.
3. Dirigirse hacia el lugar donde se encuentra el equipo.
4. Llenar el encabezado del formato (En el caso no sea automatizado el proceso).

5. Hablar con el operador para detectar fallas en el funcionamiento del equipo (Ejecutar una prueba de funcionamiento junto con el operador si es posible)
6. Ejecutar paso por paso la rutina indicada en el formato, señalando con una cruz después de ejecutar cada paso. Si existe algo inusual o que merezca anotarse, registrarlo en el espacio para observaciones de la hoja.
7. Si el problema indicado por el operador no ha sido corregido, anotarlo en observaciones para que el jefe de mantenimiento pueda programar una visita para brindar el mantenimiento correctivo.
8. Regresar la hoja al departamento de mantenimiento para su proceso.

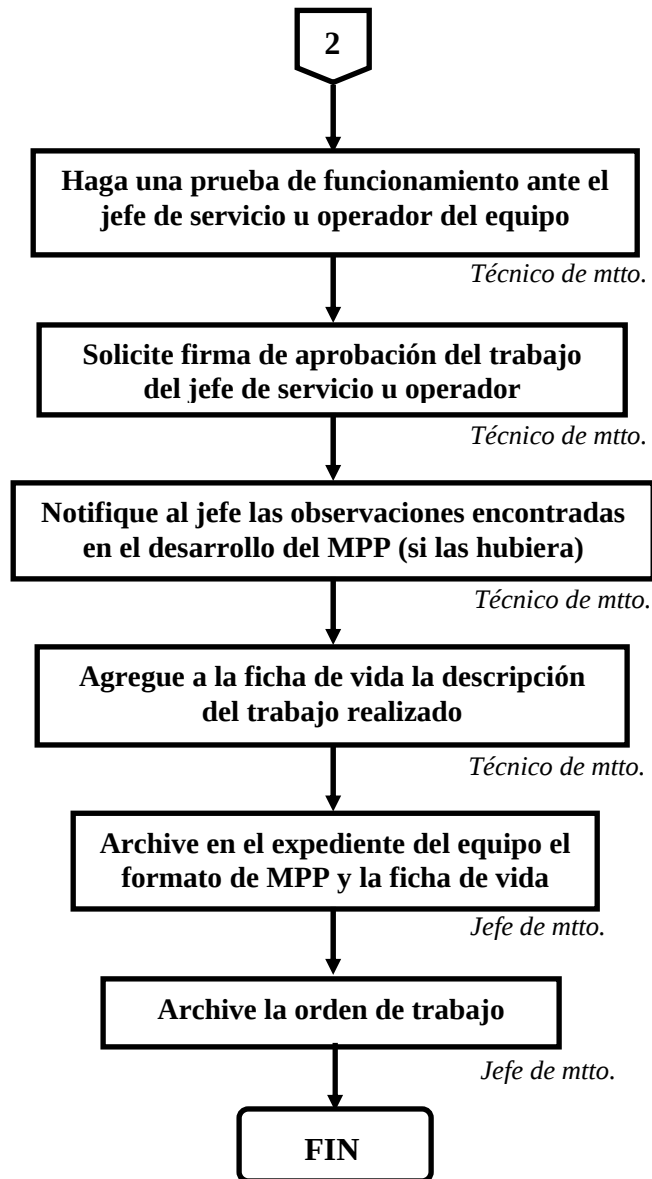
Nótese que para que estos pasos puedan darse, la rutina debe haber sido previamente programada. El proceso se muestra en forma más detallada en el flujograma presentado en la figura no. 13.

Figura No. 13: Flujograma del proceso de MPP





³El tiempo de la ejecución del mantenimiento preventivo planificado no incluye el tiempo de preparación ni de transporte.



Fuente: Elaboración propia

2.11.4. Rutinas de MPP para GEE

Se establece un número de rutinas o acciones electromecánicas a ser realizadas por los técnicos a cargo del MPP, las que se agrupan y codifican en correspondencia a los sistemas fundamentales del GEE o afines al mismo.

Tabla No. 5: Rutinas de MPP para GEE

Código	Sistema
MCILUB	Sistema de Lubricación
MCILUB 01	Chequear y reponer nivel de aceite
MCILUB 02	Chequear salideros de aceite
MCILUB 03	Chequear valor de presión de aceite
MCILUB 04	Sustituir aceite del motor
MCILUB 05	Sustituir filtro de aceite
MCICOM	Sistema de combustible
MCICOM 01	Chequear salideros de combustible
MCICOM 02	Drenar agua y limpiar filtro de combustible
MCICOM 03	Sustituir filtro de combustible
MCICOM 04	Limpiar tanque de combustible
MCICOM 05	Chequear temporizador de inyección de combustible.
MCICOM 06	Chequear presión y funcionamiento de las puntas de inyectores.
MCIENF	Sistema de Enfriamiento
MCIENF 01	Chequear y reponer nivel de líquido refrigerante
MCIENF 02	Chequear salidero de líquido refrigerante.
MCIENF 03	Chequear tapa del radiador debidamente apretada
MCIENF 04	Chequear tensión y estado de la correa del ventilador
MCIENF 05	Chequear valor de temperatura del líquido refrigerante (75-90 C)
MCIENF 06	Sustituir líquido refrigerante (50/50 %)
MCIENF 07	Chequear y limpiar superficie externa del radiador
MCIENF 08	Limpieza interna del radiador y circuito del sistema de enfriamiento
MCIENF 09	Chequear funcionamiento tapa del radiador
MCIENF 10	Verificar estado de las mangueras (que no estén cristalizadas)
MCIELE	Sistema Eléctrico
MCIELE 01	Chequear nivel de electrolito en batería
MCIELE 02	Limpiar batería y bornes
MCIELE 03	Chequear condiciones de carga de batería
MCIELE 04	Comprobar estado de batería midiendo densidad del electrolito
MCIELE 05	Chequear y limpiar motor de arranque y alternador de carga de batería. Comprobar funcionamiento.
MCIELE 06	Chequear no haya cables y conexiones flojas.

MCIELE 07	Chequear funcionamiento lámpara señalización de alarmas.
MCIELE 08	Chequear fusibles de control
MCIELE 09	Chequear condiciones de precalentamiento.
MCIELE 10	Comprobar tiempo de protección bloqueando entrada de aire al motor
MCIELE 11	Limpiar panel de control
MCAIR	Sistema Suministro de aire
MCAIR 01	Limpieza filtro de aire
MCAIR 02	Sustitución filtro de aire
MCAIR 03	Comprobación del turboalimentador
MCI	Condiciones Generales
MCI 01	Chequeo y reapriete de tuercas y tornillos flojos
MCI 02	Chequear condiciones de arranque del motor
MCI 03	Chequear color de los gases de escape, ruidos y vibraciones.
MCI 04	Chequear calzos de goma
MCI 05	Chequear compresión en los cilindros.
MCI 06	Chequear alineación del motor.
MCI 07	Chequear mangueras plásticas y de goma.
MCI 08	Chequear y ajustar las válvulas.
GEN	Generador
GEN 01	Chequear aterramiento de la carcasa del generador.
GEN 02	Chequear resistencia de aislamiento.
GEN 03	Chequear terminales y conexiones.
GEN 04	Inspeccionar condiciones ambientales en las que se encuentra el equipo
GEN 05	Efectuar limpieza integral externa (Utilizar disolvente de grasa)
GEN 06	Efectuar limpieza integral interna (Utilizar disolvente de grasa)
GEN 07	Limpiar generador con aire comprimido
TRAN	Transferencial
TRAN 01	Limpieza general externa.
TRAN 02	Limpieza general interna.
TRAN 03	Chequear apriete de tuercas y tornillos.
TRAN 04	Chequear estado de lámparas y fusibles.
TRAN 05	Chequear y limpiar contactos del doble tiro.
TRAN 06	Comprobar y ajustar temporizadores.
TRAN 07	Chequear terminales y conexiones.
TRAN 08	Verificar integridad física y partes faltantes
TRAN 09	Medir Parámetros eléctricos de trabajo del sistema
TRAN 10	Inspeccionar condiciones ambientales
TRAN 11	Simular cortes de energía eléctrica y comprobar los tiempos de: Arranque: 5 Seg. Transferencia: 15 Seg. Retransferencia: 15 Seg. Paro del motor: 5 Min.

Fuente: Elaboración propia

Acompaña a estas rutinas, una relación de los materiales gastables, piezas de repuesto, herramientas y equipos mínimos necesarios para el cumplimiento de la tarea. Esto no limita que pueda ser necesario otro tipo de material en casos especiales. (Ver tabla no. 6)

Tabla No. 6: Relación de materiales necesarios

Materiales necesarios	Repuestos mínimos	Herramientas y equipos
• Agua abundante • Refrigerante para radiador • Aceite • Disolvente de grasa • Fusibles varios • Agua destilada • Bicarbonato • Lija de agua • Cincho plástico • Cinta aislante • Limpiador de contactos eléctricos • Limpiador de superficies liquido	• Filtro de combustible • Filtro de aceite • Filtro de aire • Mangueras de agua • Terminales • Tornillos varios	• Brocha • Compresor de aire con filtro humedad • Destornilladores plano • Hidrómetro • Destornilladores de estrías • Juego de cubos • Megger • Navaja para electricista • Cronómetro • Densímetro • Tacómetro • Amperímetro • Aspiradora pequeña • Llaves allen • Multímetro • Cargador de baterías • Compresímetro • Manómetro de aceite • Calibrador de válvulas • Bomba de fregado • Aspersor • Llave torque

Fuente: Elaboración propia

En este caso se debe considerar que los GEE son estaciones generadoras de electricidad, autónomas, compuestas por tres elementos fundamentales: motor de combustión interna diesel, generador sincrónico y panel de control que regula ambos equipos.

Existe coincidencia en las frecuencias para la realización de cada rutina en el mantenimiento del generador sincrónico y el panel de control, de forma general en todos los tipos de GEE. La participación de diferentes firmas en el suministro de los motores de combustión interna diesel para los GEE, determina en ellos la tenencia de una amplia gama de marcas y modelos. Cada fabricante establece, según sus regulaciones, las especificaciones para el mantenimiento de los mismos, desde la frecuencia a la que se debe realizar cada acción o rutina en los mantenimientos, para garantizar su uso efectivo, hasta el tipo de materiales a ser utilizados en cada caso.

Se establecen las frecuencias de cada acción o rutina, estandarizadas o respetadas las determinadas por los fabricantes, atendiendo a la posibilidad o no del comprometimiento del buen funcionamiento de cada unidad o sistema ante una variación de las mismas. (Anexo-D)

2.12. Consideraciones y análisis de los resultados del criterio de expertos

2.12.1. Análisis de los resultados obtenidos en la aplicación del método de criterio de expertos. Técnica Delphi.

La técnica utilizada, fue aplicada a 18 expertos que participaron en la validación del procedimiento. Se evaluaron estimaciones a través de tres rondas sucesivas de cuestionarios anónimos, con el objetivo de conseguir un consenso, con la máxima autonomía por parte de los participantes. Su aplicación permitió extraer criterios a través de un grupo heterogéneo de expertos para analizar y concretar aspectos determinantes en la propuesta del procedimiento de acuerdo a las convergencias de opiniones en torno al problema que aborda la investigación.

Los criterios recogidos aparecen reflejados en el Anexo B y los resultados que a continuación se describen, demuestran que existe una total concordancia en cuanto a elementos determinantes que fueron recogidos y analizados durante la revisión bibliográfica y que son concluyentes para establecer el MPP, lo que permitió con mayor precisión elaborar la propuesta de un procedimiento adecuado.

Los criterios emitidos, coincidentes después de reiteradas reflexiones en las diferentes rondas establecidas para llegar a un consenso se centraron en:

Criterio 1: Debe partirse del inventario de planta y el levantamiento de todos los GEE que abarquen la atención de la gerencia.

Criterio 2: Todos los GEE deben ser registrados y recibir una codificación que reúna las principales características asociadas a los mismos.

Criterio 3: Categorizar los equipos identificados en críticos y no críticos, a partir de ello, priorizar la aplicación del mantenimiento.

Criterio 4: Evaluar las consecuencias de la aplicación de este tipo de mantenimiento, fundamentalmente en lo económico.

Criterio 5: Determinar las estrategias de mantenimiento más adecuadas para un exitoso desarrollo del proceso.

Criterio 6: Es importante la selección del personal calificado, previendo un programa de capacitación continua.

Criterio 7: Considerar los recursos materiales para cumplir las estrategias, especificar equipos, herramientas, repuestos y materiales necesarios para las tareas a desarrollar.

Criterio 8: Debe elaborarse una de prueba del sistema, para comprobar su efectividad.

Criterio 9: La organización debe aprobar la implementación de un procedimiento ajustado a su entorno.

Criterio 10: Es importante establecer un procedimiento general para el desarrollo de las rutinas durante el MPP, con énfasis en las frecuencias, instructivos de uso para el formato seleccionado y desarrollar el proceso, además de definir las rutinas de forma estandarizada.

2.13. Conclusiones del capítulo No. 2

Para la formulación e implementación de nuevas prácticas administrativas y operativas en el MPP se deben aprovechar racionalmente los recursos disponibles, funcionar y consolidar el mejoramiento continuo de las labores realizadas en correspondencia con las exigencias de eficiencia, eficacia y calidad, por lo que es necesario definir una metodología adecuada.

Los resultados de la aplicación de la técnica Delphi y del criterio de expertos, sugieren definir un proceso de cambio en el procedimiento para el MPP a los grupos electrógenos de emergencia acorde a los estándares internacionales y las características del entorno empresarial cubano.

Una adecuada gestión de mantenimiento en el marco del desarrollo tecnológico creciente y una política de personal orientada hacia la calidad, ayudan a mejorar la productividad y hacen más eficiente la gestión general de la empresa.

La identificación de procedimientos para el MPP, está ligados a los procesos de mejora continua que involucran y convocan a todos los que de una manera u otra son parte del problema y de la solución.

Los resultados sugieren que para ejecutar el MPP con una estrategia clara y precisa, que permita la organización y el control de los recursos de GE, es determinante implementar un grupo de pasos básicos sintetizados en: análisis de equipos existentes, selección de equipos a incluir en el MPP, elaboración del programa de prueba del MPP, programa de aplicación prioritaria del MPP, selección del personal encargado del MPP y aprobación de la organización.

La gestión del MPP debe obligatoriamente adaptar las políticas y estrategias de mantenimiento a fin de obtener los máximos resultados y el área encargada del mantenimiento tiene que relacionarse con el resto de los departamentos y viceversa.

Implementar un sistema eficiente de información y documentación permite desarrollar el MPP y añadir valores sobre la base de lo que puede propiciar una infraestructura sustentada en las nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones.

Capítulo No. 3: Validación del procedimiento en el radio de acción de la Gerencia de Grupos Electrógenos CIMEX Cienfuegos

3.1. Condiciones que validan el procedimiento

En Cuba, el emplazamiento de grupos electrógenos se ha desarrollado como parte del “Programa de la Revolución Energética,” situación que favorece el ahorro y la disponibilidad energética del país.

Las condiciones analizadas por expertos y el Consejo de Estado, han permitido confiar a grupos empresariales, el montaje y mantenimiento de los GEE, como organizaciones que posibilitan una rápida asimilación y cumplimiento de las tareas propuestas. Tal es el caso de GEISEL, COPEXTEL, UNECAMOTO y Corporación CIMEX.

Se evidencia la necesidad de implementar un procedimiento de mantenimiento preventivo planificado para los GEE, acorde a las tendencias actuales, que exigen repensar los procesos y procedimientos en las organizaciones, con la implicación de fórmulas e implementaciones de nuevas prácticas administrativas y operativas para aprovechar racionalmente los recursos disponibles y funcionar con eficacia y calidad.

El análisis de toda la literatura revisada sobre el tema, permitió comprobar que existen múltiples iniciativas, acorde a los distintos tipos de equipos y de industrias, pero a la vez, demostró la importancia y necesidad del establecimiento del MPP, confirmado por el método de expertos, como vía efectiva, acorde al entorno, para alargar la vida útil del parque tecnológico de los GEE.

En el desarrollo de este capítulo, se validan los pasos descritos en el capítulo 2, para la aplicación del procedimiento de MPP a los GEE, de origen japonés en la Gerencia de Grupos Electrógenos CIMEX, Cienfuegos durante los años 2007-2008.

3.2. Caracterización de la Gerencia de Grupos Electrógenos CIMEX Cienfuegos

3.2.1. Identidad cultural e historia

Por la Instrucción No. 24/06 de fecha 23 de mayo de 2006, firmada por el Presidente del Grupo Empresarial CIMEX¹, se aprobó la creación de la División de Grupos Electrógenos, subordinada a la Presidencia de la Corporación CIMEX, S.A. Fue así, que en esa misma fecha, se constituyó por la Directiva No. 15/06 de la Corporación CIMEX, S.A. la Gerencia de Grupos Electrógenos de Cienfuegos, con la misión de la ejecución de las funciones y tareas relativas al desarrollo de las actividades de instalación, montaje, mantenimiento y reparación, en correspondencia con los requerimientos de su explotación, de los GEE japoneses adquiridos por el estado cubano, a los fines de garantizar la estabilidad de los servicios básicos a la población bajo circunstancias anormales en la provincia Cienfuegos.

La gerencia con una experiencia previa de atención a 40 GEE, propios del organismo CIMEX, asume además, la responsabilidad de instalación y mantenimiento de 179 GEE, enmarcados en el programa energético nacional, distribuidos en diferentes localidades de la provincia.

En cumplimiento de esta misión, la gerencia considera que:

- El recurso humano es el recurso más importante y valioso en el proceso de explotación y conservación de los GEE.
- La disponibilidad total de un grupo electrógeno garantiza riquezas y progreso para los individuos y es factor de desarrollo para el país y la sociedad.
- El dialogo fundamentado en la razón es el principal medio para zanjar las diferencias.
- La ética y la transparencia deben estar presentes en todas nuestras actividades.
- El reconocimiento del valor del trabajo estimula a las personas y contribuye al desarrollo de la organización.
- Una gerencia organizada y una administración flexible nos permitirá desarrollar las actividades esenciales de servicio en un medio cambiante y exigente.
- La participación de todas las personas que hacen parte de la Gerencia de Grupos Electrógenos CIMEX Cienfuegos, harán de esta una gerencia cada vez mejor.

¹ CIMEX. Instrucción No. 24/06, Corporación CIMEX, S.A. La Habana; 2006.

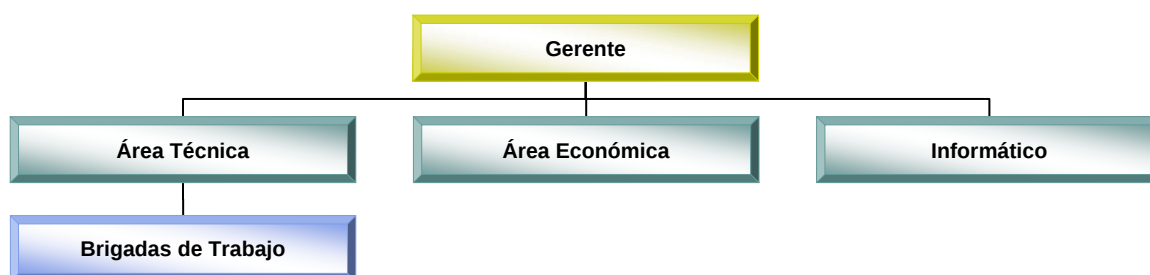
3.2.2. Visión

Mantener la posición de líder en el mercado territorial como empresa suministradora de servicios técnicos, requeridos por los GEE de procedencia japonesa, con solidez financiera, carácter innovador, filosofía orientada hacia el cliente y alta calidad en un ambiente de máxima profesionalidad y confiabilidad.

3.2.3. Estructura organizativa

La Gerencia de Grupos Electrógenos está concebida con un criterio de estructura plana y flexible, que da respuesta a las necesidades actuales de la gerencia en el cumplimiento de sus funciones generales, derivadas de su objeto social y direcciones estratégicas identificadas. (Figura no. 14)

Figura No. 14: Organigrama de la Gerencia de Grupos Electrógenos CIMEX Cienfuegos



Fuente: Elaboración propia

3.2.4. Composición de la plantilla

Un (01) Gerente, un (01) Especialista en obras de electricidad y constructivas, dos (02) Especialistas en contabilidad, un (01) Auxiliar del “Puesto de Dirección”, un (01) Informático, tres (03) Electricistas “A” de mantenimiento, tres (03) Mecánicos “A” de mantenimiento, un (01) almacenero y un (01) Chofer.

Los electricistas y mecánicos conforman tres brigadas de mantenimiento para brindar servicios a 219 GEE. De ellos 179 del programa energético nacional y 40 propios del organismo CIMEX, distribuidos en diferentes localidades y entidades de la provincia.

3.2.5. Análisis del comportamiento del mercado

El análisis del microentorno se inicia con la caracterización del mercado en el que se desarrolla la Gerencia de Grupos Electrógenos Cienfuegos CIMEX. Es válido señalar que esta fue diseñada para desempeñar un papel monopólico, pero existe un grupo de empresas, aunque especializadas en otras tecnologías, que realizan una función similar y pueden convertirse en competidores potenciales ante el cambio del entorno jurídico y legal:

- UNECAMOTO
- GEYSEL
- COPEXTEL

La Gerencia de Grupos Electrógenos Cienfuegos CIMEX, para mantenerse como líder en el mercado del territorio, debe permanentemente evaluar su capacidad de adaptación a las cambiantes condiciones de su entorno y poder competir en un mercado cada vez más global, complejo, variable y orientado hacia la calidad y el cliente, fomentando además una cultura y filosofía empresarial donde estén comprometidos e identificados con la misión de la organización y su estrategia.

3.3. Aplicación del procedimiento de MPP a los GEE en la Gerencia de Grupos Electrógenos CIMEX Cienfuegos

Al precisar la situación particular del contexto analizado y teniendo en cuenta cada elemento, se condiciona la alternativa para la aplicación del procedimiento y la validación.

La experiencia se sustenta en la metodología establecida en el capítulo anterior, que permitió llegar a la aplicación del procedimiento para el MPP, mediante un grupo de pasos que se describen a continuación, ajustados paralelamente a un paquete de software, reconocido como Sistema Integral de Control de Grupos Electrógenos (SICGE)* diseñado por un especialista en informática de la Gerencia de Grupos Electrógenos CIMEX, de Cienfuegos, acorde al procedimiento propuesto según metodología establecida, que permite la operatividad y acumulación de información para las decisiones diarias.

La correlación descrita, asegura consistentemente la base de las decisiones a tomar. Esto se valida al procesar la información obtenida mediante un proceso sistémico de entradas y salidas, que puede de

manera dinámica hacer cualquier estimado. Visualiza las consecuencias por medio de los resultados y establece los valores límites, además de identificar el rango para la toma de decisión.

El uso adecuado del procedimiento, aprueba seleccionar de forma óptima: frecuencias de mantenimiento e inspección, niveles de inventario, propuestas técnicas, sincronización de actividades, evaluaciones de ciclos de vida, considerando de forma objetiva el impacto que implican los distintos modos de fallas sobre las operaciones, la inversión, producción, seguridad y el ambiente. Contribuye a la reducción de los costos de mantenimiento, directos e indirectos relacionados con la actividad, incrementando la disponibilidad operacional de los activos, además de direccionar los recursos hacia áreas específicas, de manera que se esté maximizando el valor agregado de la gerencia.

3.3.1. 1er Paso: Análisis de equipos existentes

Para determinar los equipos a los que debía aplicarse el mantenimiento, se estableció un control amplio y efectivo de los GEE existentes, registrando en la base de datos del **SICGE** las referencias generales, localización y estado técnico del total de los equipos ha atender por la Gerencia de GEE CIMEX de Cienfuegos. Figura no. 15.

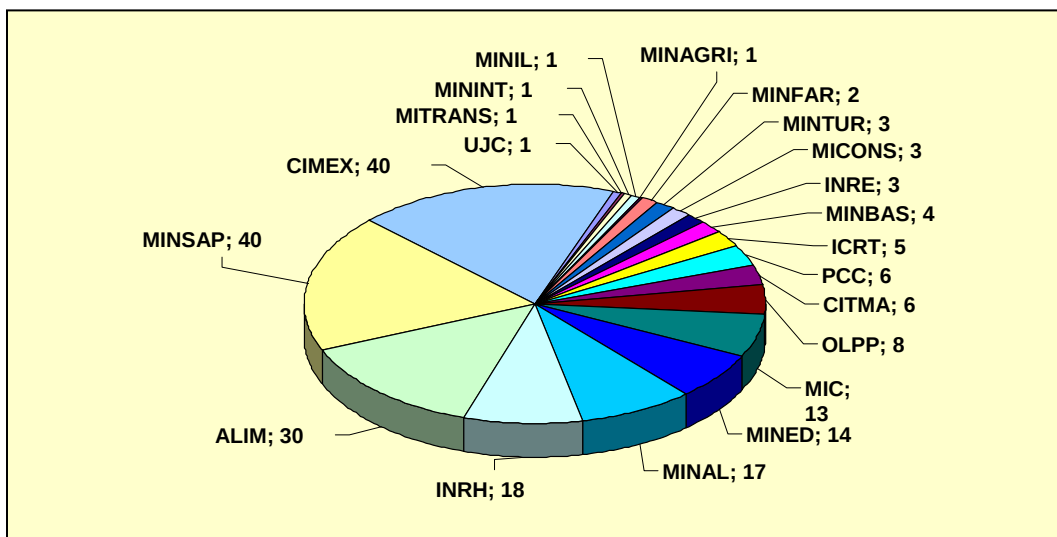
Figura No. 15: Inventario de equipos existentes

							TOTAL GE																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
--	--	--	--	--	--	--	-------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Fuente: SICGE

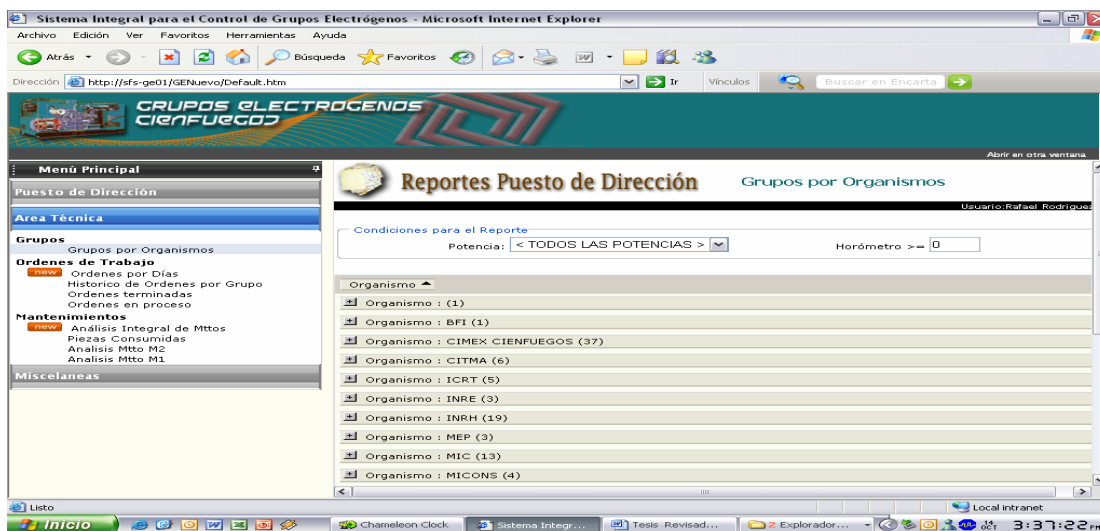
Se determinó que, de los 219 grupos electrógenos del territorio a atender por la gerencia durante el periodo 2007-2008, 179 (82%), corresponden a un programa estatal que facilita la asignación de grupos electrógenos a diferentes organismos, con el objetivo de garantizar la estabilidad de los servicios básicos a la población bajo circunstancias anormales en la provincia. Se registraron además, 40 GEE (18%) que son propios de la sucursal CIMEX, que posibilitan la estabilidad de la producción y los servicios brindados por sus entidades en el territorio como puede verse en las figuras No. 16 y 17.

Figura No. 16: Distribución de GEE por organismos del estado



Fuente: Elaboración propia

Figura No. 17: Página de reporte de grupos por organismos

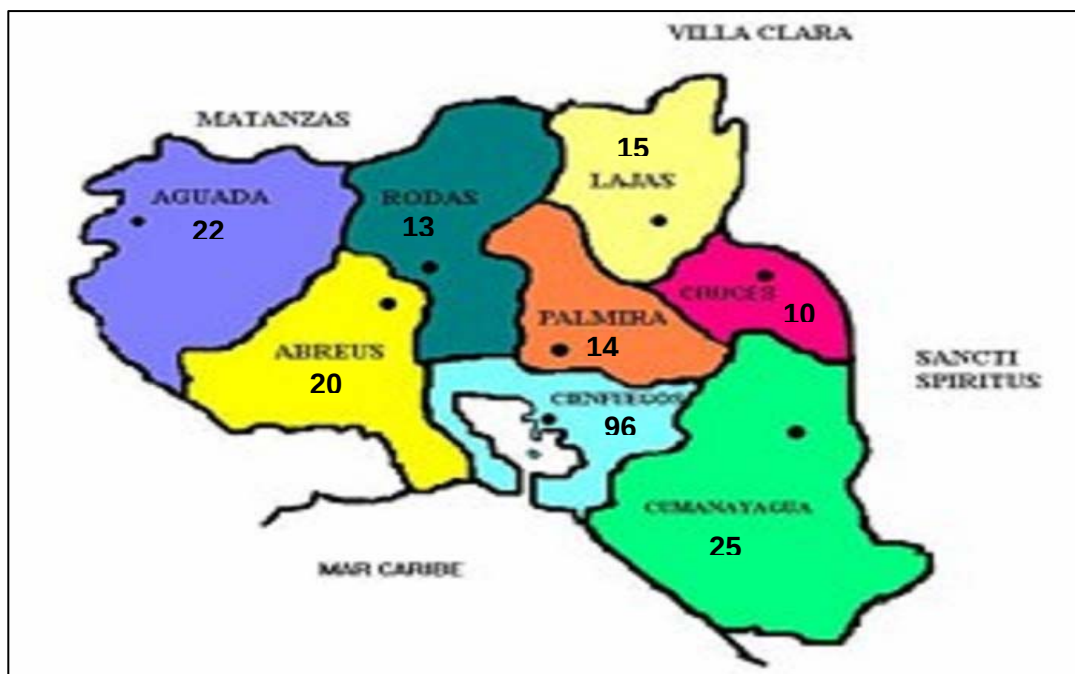


Fuente: SICGE

Al organizar de esta manera la información, según el proceder descrito, en el paso número uno, fue posible mapear la distribución geográfica de los GEE, en los 8 municipios de la provincia. Se agruparon los equipos por zonas, con el objetivo de economizar los recorridos a establecer, lo que da la posibilidad de estimar el ingreso por servicios de mantenimiento durante la planificación. Figura no. 18, Tabla No. 7.

La operación realizada aseguró el dictamen de los GEE registrados. En este caso de los 219 GEE, se concluyó que 214 equipos, están en buen estado técnico general un (97,8%), en estado técnico regular 4 (1,8%) y en mal estado técnico 1 para el (0,4%).

Figura No. 18: Distribución geográfica de los GEE atendidos por la gerencia CIMEX



Fuente: Elaboración propia

Tabla No. 7. Zonificación de los GEE y estimado de ingresos por servicios de mantenimiento

No.	Zona	Total GE	Ingreso estimado (CUP)
1	1ro Mayo, Real Campiña, Antonio Sánchez	5	601,51
2	Abreus, Constancia	7	670,13
3	Aguada	12	1298,04
4	Balboa, Camarones	7	787,28
5	Caonao	6	661,96
6	Cartagena	6	781,3
7	Casco Histórico E	8	754,91
8	Casco Histórico W	10	813,51
9	CEN, Juraguá	6	603,85
10	Cruces, Potrerillo, Mal Tiempo	9	974,48
11	Cumanayagua	11	1326,77
12	Lajas	7	625,66
13	MIC	7	332,15
14	Palmira, Espartaco	10	1138,53
15	Pueblo Griño, Calzada	8	925,98
16	Punta Gorda	17	1795,81
17	Rodas	4	453,17
18	Sierrita, Escambray	12	1050,39
19	Tulipán, Juanita	8	972,14
20	Yaguaramas , Horquitas	7	765,57
21	Zona Industrial, Pastorita, Paraíso, Cuatro Caminos	12	1448,97

Fuente: SICGE

3.3.2. 2do Paso: Selección de equipos a incluir en el MPP

Para la selección de equipos a incluir en el MPP se recopiló la información a detalle sobre cada uno de los GEE en cuanto a: planos, manuales, planillas, registros de mantenimiento, etc., más otros datos de interés, que unido al dictamen, permitieron confeccionar los listados de puntos muy críticos, críticos, importantes y secundarios. En este caso, se identificó que el 99,6 % de los GEE registrados (218) pueden ser incluidos en el MPP.

Los registros establecidos con la ayuda de la base de datos indicaron la lógica que favorece procesar y definir la prioridad de las intervenciones.

Identificados los GEE a intervenir por MPP, se determinaron los modelos incluidos en el programa, asociados a su potencia de generación, lo que permitió detallar los recursos materiales, humanos y financieros a precisar. (Tabla no. 8)

Tabla No. 8: Modelos y potencias de los GEE marca DENYO a atender con el MPP

Modelo del GEE	Potencia de generación (KVA)	Modelo del GEE	Potencia de generación (KVA)
DA-6000S	6	DCA 40 SPXR	40
GL-6500S	6,5	DCA-45EI	45
TLG 7,5PK	7,5	DCA-45ESI	
TLG 7,5ESK		DCA 45 ESI2R	
DCA-10PXII	10	DCA 45 SPIR	60
DCA-10ESX		DCA-60EH	
TLG 12 SPX	12	DCA-60ESH	
DCA-13PK	13	DCA 60 ESHR	60
DCA-13ESK		DCA 60 SPXR	
TLG 15 SPX	15	DCA-75SPI	75
TLG 18 SPY	18	DCA 75 SPIR	
DCA-20EK	20	DCA-100ESI	100
DCA-20PK2		RK 125-2X-GE	125
DCA-20PK		DCA 125 SPKR	
DCA-20ESK		DCA 125 SPK3R	
DCA-25EI	25	DCA 150 SPKR	150
DCA-25ESI		DCA 150 SPK2R	
DCA 25 SPI			
DCA 25 SPXR			

Fuente: SICGE

Catalogados los equipos, como medida de distinción se generó un código que permitió identificar cada GEE, de acuerdo a sus características técnicas principales, factible para el proceso de control sistemático e individual del mantenimiento, como se puede observar en la figura no. 18.

La codificación debe cumplir el siguiente orden:

1. **Número del GEE:** Cuando el número sea de tres cifras, comienza con cero.
2. **País de origen: (J)** para origen Japón
3. **Marca del GEE: (D)** para Denyo
4. **Potencia del GE:** En correspondencia
5. **Modelo motor: (B)** Kubota, **(M)** Komatsu, **(I)** Isuzu, **(H)** Hino, **(Y)** Yanmar.
6. **Identificación del modelo del motor:**

Isuzu (I)		Kubota (B)		Komatsu (M)		Hino(H)		Yanmar (Y)	
3LB1	1	RK125	1	S6D95L	1	W04D-TG	1	3TNE74	1
4BC2	2	Z482	2	S6D105	2				
AA-4LE2	3	ZB600GL-S	3	S6D108	3				
C240	4	D-1403-KA	4	SA6D102E	4				
6BD1	5	V2203KB	5						
4BD1	6								
BB-4JG1T	7								
DD-6BG1T	8								
A-6BG1T	9								

7. **Tipo de GE:**

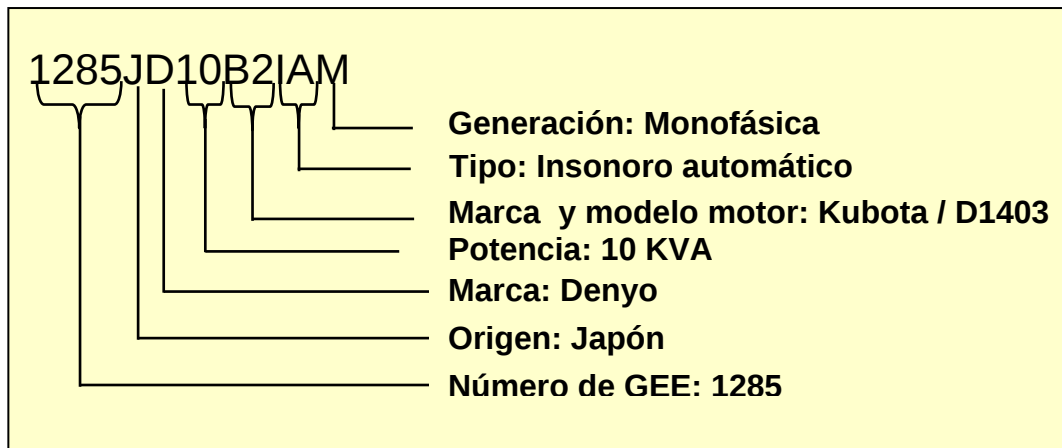
- Insonoro Automático..... **IA**
- Insonoro Manual.....**IM**
- Carrozado Automático....**CA**
- Carrozado Manual.....**CM**

8. **Corriente:**

- Trifásico..... **T**
- Monofásico...**M**

9. **Organismo:** Para su ubicación en gráficos o mapas, se definió un color que identifica cada organismo cliente. De esta manera se facilita la localización del GEE.

Figura No. 19: Ejemplo de código de identificación de un GEE



Fuente: Elaboración propia

3.3.3. 3er Paso: Elaboración del programa de prueba del MPP

Para cumplir este paso, especialistas, técnicos y obreros, de manera conjunta mediante la ejecución de una discusión técnica, sintetizaron la información y confeccionaron una orden de trabajo, en la que se dejaron especificadas las acciones a realizar, los medios y recursos a utilizar en el MPP. (Anexo - C).

Los puntos de la inspección, paso a paso para cada ítem, fueron detallados y se brindó al técnico encargado del mantenimiento, la información relacionada al GEE especificado, desde datos generales, última intervención de mantenimiento, piezas a ser sustituidas según período establecido para su uso, hasta actividades pendientes a realizar.

Para la prueba del MPP, se tuvo en cuenta un GEE en buen estado, al que le correspondía recibir un M-2, acorde a los procedimientos y frecuencias estandarizadas o establecidas por los fabricantes. Se comprobó por la técnica de fotografía del puesto de trabajo y manteniendo un alto grado de calidad de las actividades, que el tiempo operativo (TO) fue de 12,8 minutos, el tiempo preparativo conclusivo (TPC) de 6,4 minutos, y el tiempo de servicio (TS) de 23,2 minutos. El cálculo del tiempo relacionado con la tarea (TTR) fue de 42 minutos y 40 segundos, donde:

$$TTR = TO + TPC + TS$$

$$TTR = 12,8 + 6,4 + 23,2$$

$$TTR = 42,4 \text{ minutos}$$

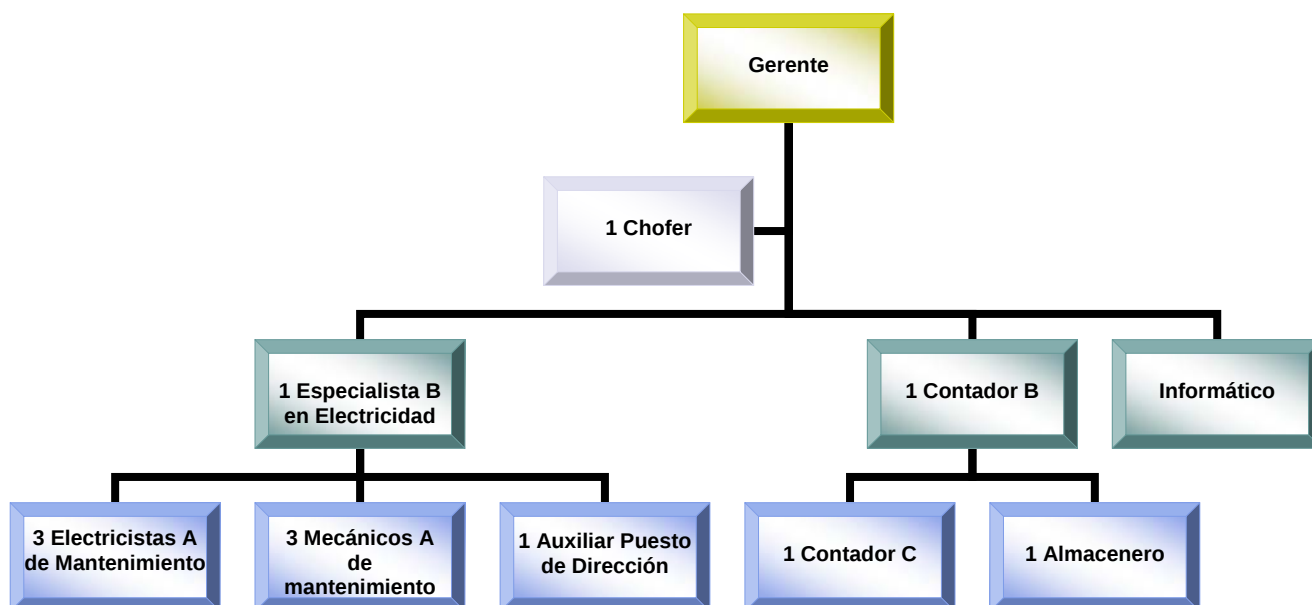
3.3.4. 4to Paso: Programa de aplicación prioritaria del MPP

Se verificó que el plan de mantenimiento es fiable y cumple con los requerimientos establecidos, en cuanto a la concreción de los objetivos en tiempo y forma. Teniendo en cuenta la capacidad de la organización, se propuso proceder a la aplicación del MPP a los GEE, de acuerdo al nivel de prioridad establecido por las zonas definidas y tiempo sin ser atendidos.

3.3.5. 5to Paso: Selección del personal encargado del MPP

Al ser creada la gerencia de Grupos Electrógenos CIMEX, de Cienfuegos en el año 2006, se incorporó personal técnico calificado para encargarse de la actividad de mantenimiento a los GEE. A este grupo, se sumaron otros especialistas y técnicos necesarios para el cumplimiento de la misión. Estas acciones conformaron un equipo de amplia experiencia y capacidad para asumir los requerimientos (figura no. 20). En un primer momento se procedió a la capacitación de los recursos humanos que conformaron la gerencia y a la organización para la aplicación del programa de mantenimiento, mejorando los aspectos de no conformidad que se determinaron en la prueba.

Figura No. 20. Selección del personal encargado para el MPP



Fuente: Elaboración propia

Competencias requeridas para el personal encargado del MPP

Electricista de mantenimiento

- Manejar planos, diagramas o manuales de instalación eléctrica para instalar, mantener y reparar GEE.
- Reparar y mantener cuadros de mando automático, sistema de alarma y protección centralizados, subestaciones, líneas de alimentación, reguladores de voltajes de líneas, rectificadores industriales, sistemas de alumbrado, fuerza y control.
- Mantener y reparar motores y generadores de corriente directa y alterna.
- Aplicar ajustes y tolerancias requeridas y efectuar pruebas para verificar el funcionamiento de los equipos.

Mecánico diesel de mantenimiento

- Determinar los defectos o roturas de motores en los generadores eléctricos.
- Interpretar, investigar y analizar los resultados obtenidos en diagnósticos realizados.
- Reparar o reponer el conjunto de múltiple de escape (cabezas de cilindros, cilindros, pistones y bielas), compresores de barrido, turbos supercargadores, gobernadores, inyectores, bombas de inyección, de refrigeración, de combustible, de lubricante, convertidores de torque, reductores, transmisiones, ejes, ejes pedestales y equipos auxiliares.
- Comprobar el funcionamiento del motor.
- Alinear y acoplar los equipos que el motor mueve.
- Cooperar en pruebas y ajustes de potencia de equipos.
- Soldar, aparejar y estrobar.
- Trabajar en motores desde 300 rpm hasta 3600 rpm.

3.3.6. 6to Paso: Aprobación de la organización

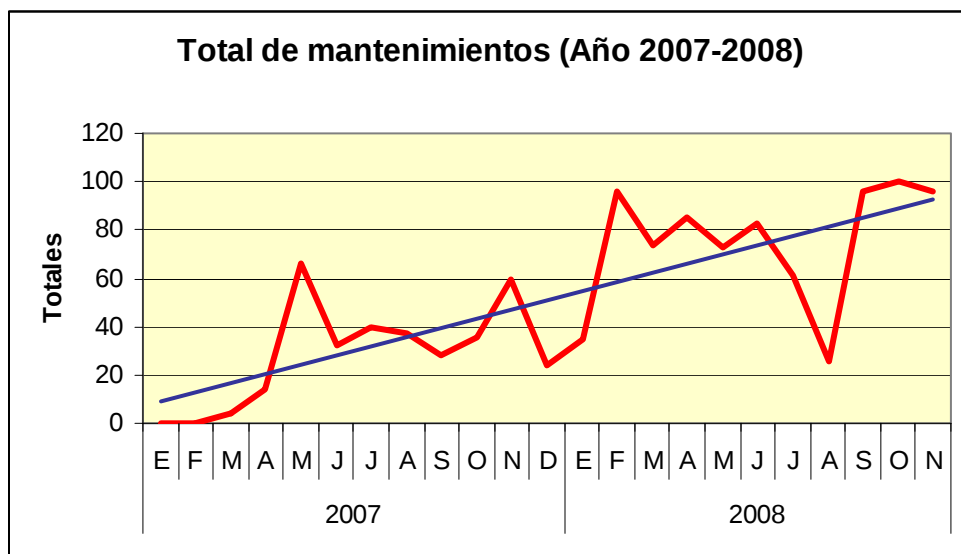
Una vez establecida la propuesta del procedimiento, la dirección de la organización estuvo involucrada en cada paso del desarrollo del proyecto, lo que facilitó el análisis del tema en el consejo de dirección y la determinación de asegurar la aplicación del MPP propuesto y otorgando los fondos requeridos.

3.4. Informe de los resultados obtenidos con el procedimiento operativo

3.4.1. Comportamiento de la actividad durante los años 2007-2008

A partir de la aplicación del procedimiento para el MPP a los GEE, en enero del 2008, la actividad del mantenimiento comenzó a tener un incremento sostenido, aunque de forma irregular como se muestra en el gráfico no. 1.

Gráfico No.1: Total de mantenimientos en período 2007- 2008



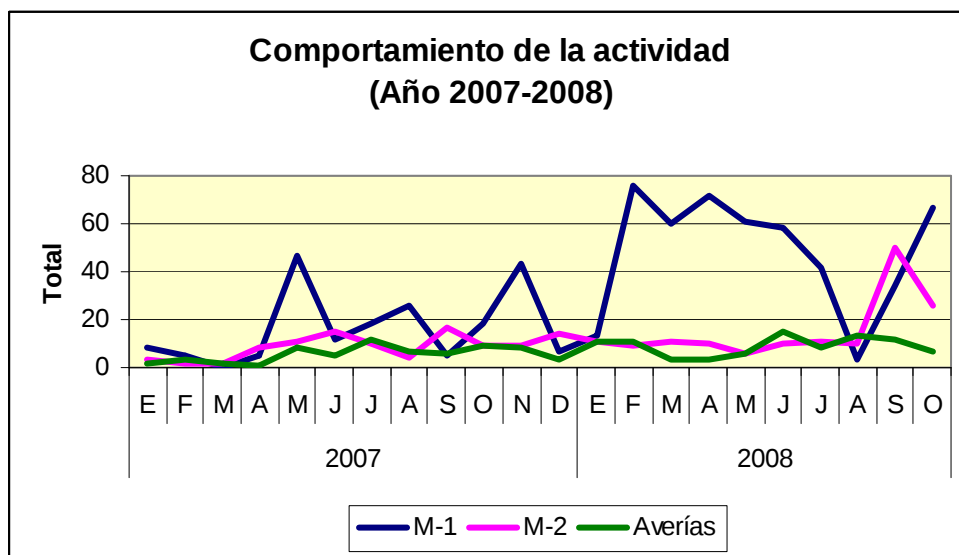
Fuente: SICGE

Los reportes para analizar los tipos de mantenimiento permiten dar seguimiento a sus comportamientos y como se muestra en el gráfico los mantenimientos totales, tienen una tendencia creciente, como corresponde a la explotación. El comportamiento irregular está determinado por la influencia de otros factores, fundamentalmente la inestabilidad en los valores de asignación de combustible para el desarrollo de la actividad.

Al revisar el comportamiento de los mantenimientos por M-1, M-2 y averías durante el 2007 y 2008, según refleja el gráfico no. 2, se puede apreciar que fundamentalmente el M-1 se incrementa, mientras que el M-2 se estabiliza en el tiempo, con un crecimiento en el mes de septiembre de 2008, asociado al arribo de una mayor cantidad de GEE a las horas establecidas para recibir este tipo de mantenimiento. Lo que estuvo relacionado con las afectaciones de los huracanes Ike y Gustav en el territorio.

De igual manera se comporta la actividad de atención a las averías, determinada por el corto tiempo y la baja intensidad de explotación de la tecnología, que influye en un nivel bajo de fallos, cuya causa fundamental está centrada, en errores de explotación y vulnerabilidades de determinados elementos ante los efectos de fenómenos meteorológicos. Es evidente la existencia de una diferencia entre ambos años analizados.

Gráfico No. 2: Comportamiento de la actividad en período 2007-2008



Fuente: SICGE

3.4.2. Análisis económico

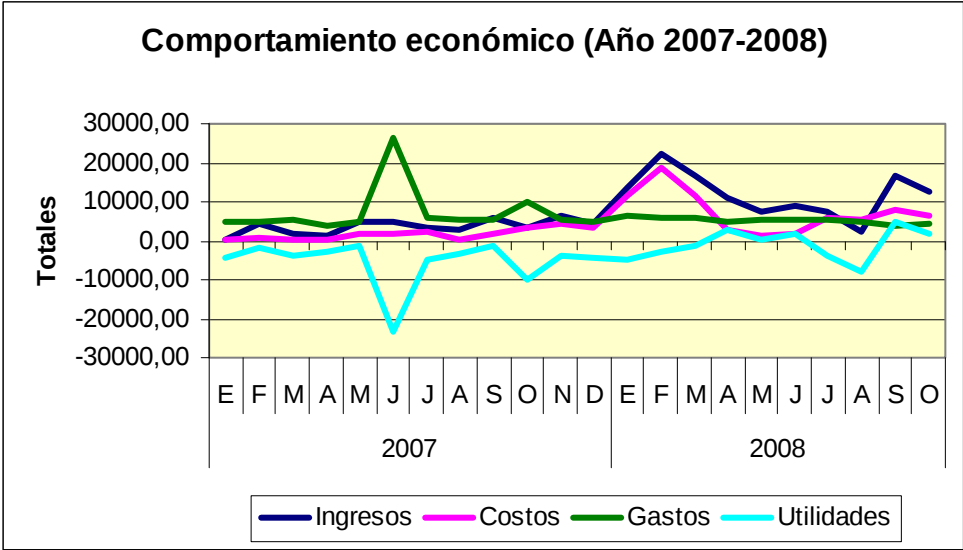
Desde la implementación del procedimiento para el MPP a los GEE, la situación económica de la gerencia ha tenido avances considerables con la organización del proceso y mejora continua, propiciando cambios a favor certificados en este caso por 5 auditorías realizadas a la contabilidad que la dictaminaron como confiable (dos auditorías internas, dos de finanzas - precios y una de control gubernamental). Elementos que pueden observarse en tabla No. 9 y gráfico no. 3.

Tabla No. 9: Comportamiento económico en período 2007- 2008

Año	Meses	Ingresos por ventas de servicios y reparación	Costos de servicios y reparación	Gastos totales	Utilidades
2007	E	226,09	56,07	4767,39	-4597,37
	F	4119,68	619,78	5126,19	-1626,29
	M	1785,30	140,61	5452,10	-3807,41
	A	1338,24	90,75	4020,21	-2772,72
	M	5032,82	1640,44	4655,89	-1263,51
	J	4798,29	1845,40	26280,35	-23327,46
	J	3493,36	2533,71	5889,11	-4929,46
	A	2675,73	403,70	5620,74	-3348,71
	S	5883,00	1786,23	5253,29	-1156,52
	O	3410,80	3287,72	9935,14	-9812,06
	N	6206,46	4442,14	5598,63	-3834,31
	D	4447,97	3558,34	5028,04	-4138,41
2008	E	13455,77	11692,57	6544,57	-4781,37
	F	22380,52	18913,21	6032,05	-2564,74
	M	16436,44	11774,74	5743,41	-1081,71
	A	10892,79	3038,23	5100,42	2754,14
	M	7210,44	1515,10	5412,76	282,58
	J	8876,09	1612,26	5502,90	1760,93
	J	7595,18	6040,01	5195,55	-3640,38
	A	2542,31	5444,28	4867,10	-7769,07
	S	16750,99	8050,02	3951,82	4749,15
	O	12666,68	6225,02	4542,02	1899,64

Fuente: SENTAI

Gráfico No. 3: Comportamiento económico en período 2007-2008



Fuente: SICGE

3.4.2.1. Ingresos por venta de servicios y reparación

Los ingresos por venta de servicios y reparación, se manifestaron con tendencia al crecimiento, aunque se mantuvo más estabilizado en el año 2007 y variable en el 2008. Aquí se enmarca una diferencia condicionada por la influencia del déficit de combustible y transporte, ver gráfico no. 4.

Gráfico No. 4: Ingresos por venta de servicios y reparación

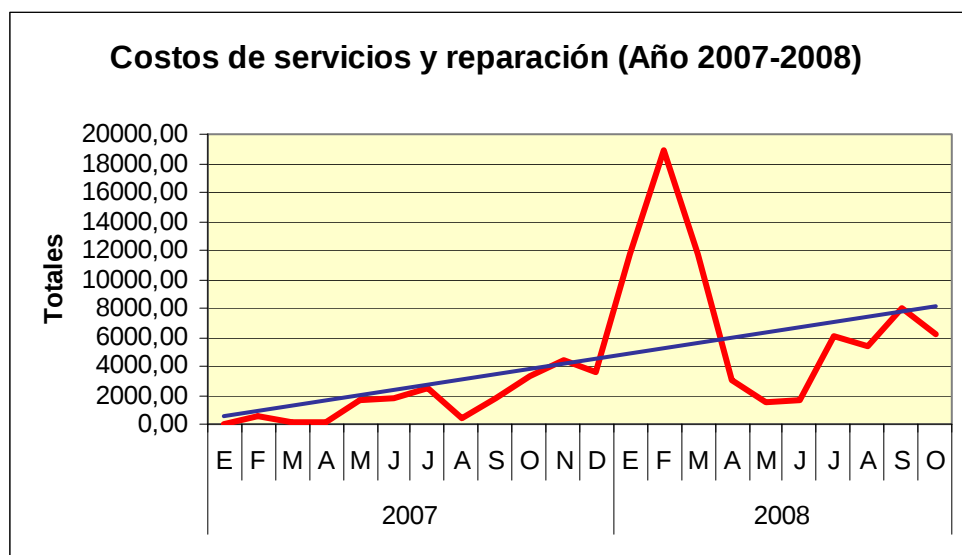


Fuente: SICGE

3.4.2.2. Costos de servicio y reparación

Los costos muestran un comportamiento estable en correspondencia con el crecimiento de los ingresos, con excepción del mes de agosto del 2008 que se vio afectado por la disminución de los ingresos. (Gráfico no. 5)

Gráfico No. 5. Costos de servicios y reparación

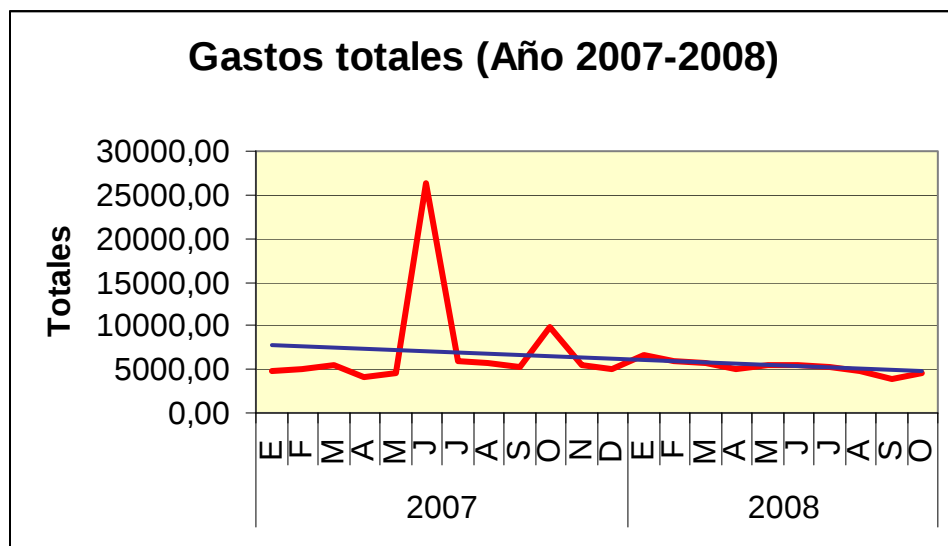


Fuente: SICGE

3.4.2.3. Gastos totales

El índice de gastos se manifestó muy estable en la mayor parte del período analizado, con una tendencia suave pero sostenida al de crecimiento. El año 2007 muestra un alza en el mes de junio pues en esta fecha, se contabilizaron todos los trabajos correspondientes a la actividad de montaje que se habían ejecutado hasta esa fecha, por no haberse definido, hasta ese momento, el procedimiento contable por la división de Grupos Electrógenos. En este caso incide, principalmente la partida de gastos de materias primas y materiales. El acumulado no se afectó por estar planificado. (Gráfico no. 6)

Gráfico No. 6. Gastos totales

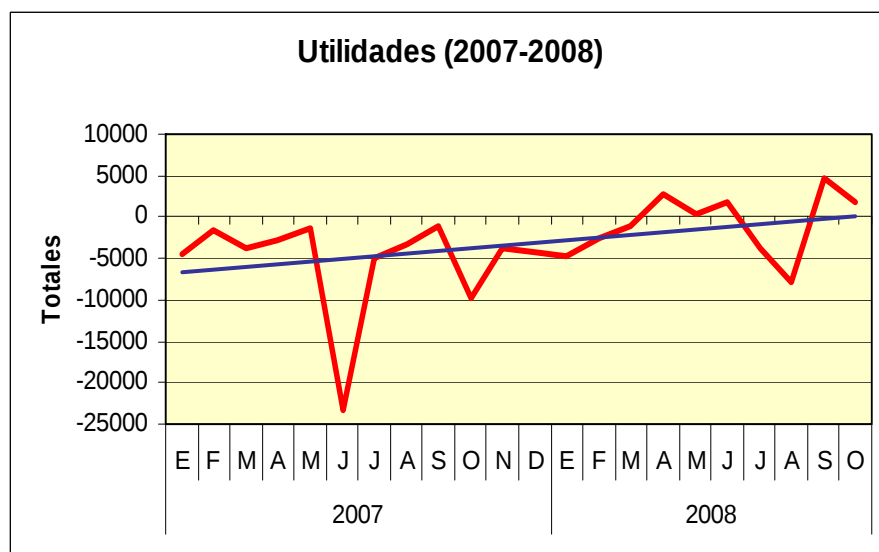


Fuente: SICGE

3.4.2.4. Utilidades

Al cierre de octubre del 2007, la gerencia tenía una pérdida acumulada de 33 539,58 CUP y se planificó para igual período del año 2008 44 502,00 CUP. El real ejecutado fue de 5 113,05 CUP. Esto significa que los resultados han sido favorables a pesar de mostrar pérdidas en los estados financieros, que fueron previstas de acuerdo a la organización y recursos disponibles. (Gráfico no. 7)

Gráfico No. 7. Comportamiento de las utilidades



Fuente: SICGE

Se destaca que una vez implementado el procedimiento para MPP fueron disminuyendo los valores, dado que la organización y ampliación de la actividad de mantenimiento, han permitido acercarse y alcanzar con tendencia sostenida, valores positivos.

3.5. Comportamiento de los usuarios de los GEE

La responsabilidad del cuidado y custodia de los GEE no ha sido asimilada de igual manera por todos los organismos. Durante el período de aplicación del MPP, las estadísticas muestran el incumplimiento de las orientaciones establecidas para sus administraciones, con el fin de garantizar, en conjunto con la entidad mantenedora, el correcto funcionamiento de este equipamiento, incidiendo fundamentalmente:

- Operación del GEE por personal no capacitado.
- Poca o nula retroalimentación a la entidad mantenedora sobre parámetros de funcionamiento, horas de trabajo y ocurrencia de averías.
- Condiciones ambientales de explotación fuera de parámetros por falta de organización y limpieza.
- Limitaciones de acceso al GEE para la entidad mantenedora al no existir llave o persona responsable para permitir el mantenimiento.
- Perdida o extravío de documentación.

Los organismos que han presentado mayor reincidencia son el Ministerio de Industria y Comunicaciones (MIC) y el Ministerio de la Industria Alimenticia. El contar con una base documental organizada desde la gerencia, ha posibilitado mostrar las evidencias de poco control y no cumplimiento de las orientaciones de la actividad por las administraciones favorecidas con GEE.

3.5.1. Fallas más frecuentes

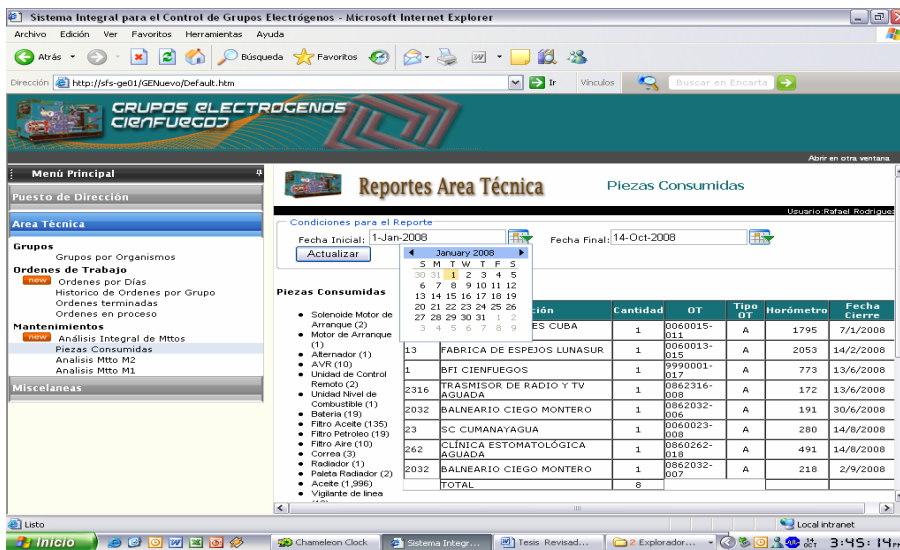
La retroalimentación en el proceso, posibilita la trazabilidad del consumo de recursos. Se cumple la función de control de la dirección. El histórico de las piezas consumidas en los mantenimientos (Figura No. 21), según el período o incluso por GEE seleccionados, ayuda a determinar las piezas que con más frecuencia han presentado necesidad de recambio, ya sea por fallo o límite de vida.

La selección de la pieza admite comprobar el GEE en la que fue utilizada y la orden de trabajo vinculada. La reiteración en la sustitución de una pieza lleva a determinar la causa de esas averías frecuentes, con la utilización de herramientas como las matrices causa y efecto o los análisis de modo

de falla y efectos. Se logra en este sentido la actividad de prevención, que es uno de los objetivos del control.

Este razonamiento posibilitó concluir, que las fallas más frecuentes en los GEE no están, hasta el momento, determinadas por el ciclo de vida de las piezas. Los mayores daños se concentraron en determinados elementos eléctricos (reguladores de voltaje, vigías de línea, temporizadores, unidad de control) que se comprobaron averiados después de altos voltajes por descargas eléctricas, durante eventos meteorológicos, más activos fundamentalmente en el período mayo-agosto.

Figura No. 21. Histórico de piezas consumidas



Fuente: SICGE

3.5.2. Estrategia para la atención de las fallas

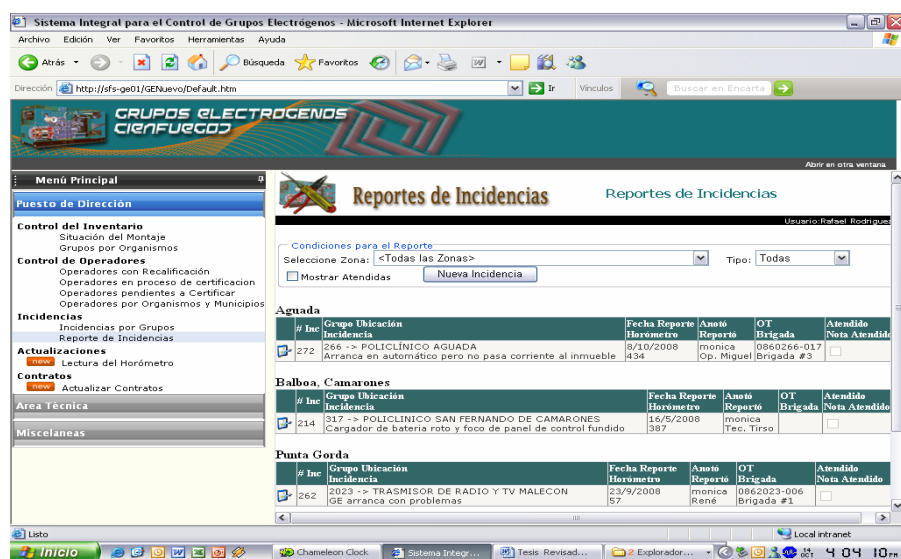
Todo equipo, a lo largo de su vida útil, va a estar sometido a variaciones de los parámetros de funcionamiento de sus elementos, por la culminación de sus ciclos de vida o por la incidencia de factores que determinan la falla de su estado óptimo. La dispersión de los GEE en la provincia y la necesidad de una rápida respuesta ante la ocurrencia de una avería, garantizando el uso óptimo de los recursos disponibles, requieren disponer de una estrategia para su atención.

En primer lugar, deben existir vías de comunicación con la entidad mantenedora (directa, telefónica, o por e-mail). De esta manera, el usuario, conociendo el procedimiento, puede informar cualquier anomalía.

La gerencia habilitó un teléfono con posibilidad de recepción y almacenamiento de mensajes. El usuario conoce y explota esta facilidad, lo que ha posibilitado recibir por esta vía, el 87,3% de los reportes de las averías. El reporte directo o vía e-mail, fueron las vías más utilizadas por el 10,1% de los usuarios, y el 2,6% restante fue reportado por fuentes no directas ó detectadas en la visita del mantenedor, al no ser informadas por el usuario.

Una vez recepcionada la incidencia, es introducida en la base de datos, vinculándola con la orden de trabajo correspondiente para su atención según prioridad determinada. (Figura No. 22)

Figura No. 22. Página de reportes de incidencias



Fuente: Base datos SCIGE

La prioridad de atención la determina la condición en que se encuentre el GEE que puede ser:

- **Paralizado:** La avería impide o pone en riesgo la explotación del equipo (elementos del sistema de arranque y paro, agua en el combustible, etc).
- **Funcionando:** La avería no impide ni pone en riesgo la explotación del equipo hasta su reparación (elementos eléctricos del transferencial automático, unidad de control remoto, etc).

3.6. Reposición y frecuencia de intervenciones

3.6.1. Política de reposición

Un MPP requiere establecer una política de reposición de los elementos que llegan al final de su ciclo de vida útil y de los que resultan averiados por alguna circunstancia durante su explotación. De igual manera, debe incluir todos los insumos y materiales requeridos para el proceso. Disponer de un stock que posibilite una rápida reposición, pero que al mismo tiempo no incremente los niveles de inventarios de almacén, debe ser asegurado.

La organización que proporciona el MPP, facilita comprobar los elementos con mayor incidencia de deterioro, frecuencias y etapas en que estos pierden su vitalidad, así como conocer las frecuencias de reposición de los elementos que cumplen su período de uso. La propuesta instaurada ha facilitado mediante el uso de formulas, el establecimiento de niveles de inventarios, que logran un equilibrio entre los costos de almacenamiento y la continuación de la prestación del servicio de mantenimiento. La coordinación y cooperación con los proveedores viabiliza que la compra se realice de manera frecuente y en cantidades pequeñas.

3.6.2. Establecimiento de las frecuencias

Los fabricantes establecen las frecuencias de revisión a sus tecnologías, en correspondencia a límites establecidos de explotación. Los GEE, en este caso de marca DENYO, se diferencian entre sí en potencia de generación y tipo de motor, pero comparten características que admite la estandarización de estos límites, siempre que no se ponga en riesgo la integridad del equipo, adaptándolos al entorno real de explotación.

Siguiendo este principio, se establecieron las frecuencias de acciones en cada uno de los sistemas del GEE. Las que no comprometen el estado del equipo, fueron estandarizadas para todos los modelos y potencias, ubicándolas por debajo del límite superior establecido por los fabricantes. Las que comprometen en algún grado este estado, fueron respetadas, se destacan en este caso sustitución de aceites, filtros de aceite, aire y combustible.

Estas acciones o rutinas se cumplen de acuerdo al tipo de mantenimiento correspondiente. El procedimiento abarca fundamentalmente las acciones para la prevención de fallas, por lo que prioriza la atención a los GEE por los mantenimientos definidos como M-1 y M-2. El primero se realiza con frecuencia mensual y recoge todas las acciones o rutinas establecidas con esa periodicidad; el

segundo abarca todas las acciones del M-1, más las establecidas en correspondencia con las horas de trabajo del GEE. Un ejemplo aparece en la tabla No. 10 y la información completa en el Anexo D.

Tabla No. 10: Rutinas de mantenimiento y su frecuencia

ISUZU														
Modelo motor					Modelo GEE asociado									
3LB1					TLG-12SPX, TLG-15SPX									
AA-4LE2					DCA-25EI, DCA-25ESI, DCA-25ESIR									
Otros modelos de motor														
3LA1, 3LD1, 4JA1, 4JB1, 4JC1														
Código	Descripción del chequeo y mantenimiento	Frecuencia (hrs.)												
		En M-1	A las 50	Cada										
				200	250	500	600	800	1000	1200	1500	3000	2 años	
MCILUB	Sistema de Lubricación													
MCILUB01	Chequear y reponer nivel de aceite	X												
MCILUB02	Chequear salideros de aceite	X												
MCILUB03	Chequear valor de presión de aceite	X												
MCILUB04	Sustituir aceite del motor		X		X									
MCILUB05	Sustituir filtro de aceite		X			X								
MCICOM	Sistema de Combustible													
MCICOM01	Chequear salideros de combustible	X												
MCICOM02	Drenar agua y limpiar filtro de combustible	X												
MCICOM03	Sustituir filtro de combustible					X								
MCICOM04	Limpiar tanque de combustible					X								
MCICOM05	Chequear temporizador de inyección de combustible.							X						
MCICOM06	Chequear presión y funcionamiento de las puntas de inyectores.					X								

Fuente: Elaboración propia

3.7. Conclusiones del capítulo No. 3

Las funciones de la gerencia objeto de estudio se deben a la necesidad de regular la aplicación de métodos de diagnóstico técnico frecuente y al empleo de equipos de medición correspondientes que hagan posible detectar desperfectos que provoquen un aumento considerable de los costos de explotación. La observación y la experiencia cotidiana de los expertos que conforman el equipo de mantenimiento gerencial, garantiza la disponibilidad total de los GEE.

Con la implementación del procedimiento para el MPP a los GEE, se lograron realizar estas funciones con gastos mínimos, sin afectar la disponibilidad, fiabilidad y seguridad de los equipos favoreciendo la situación económica de la gerencia con avances considerables en la organización del proceso y mejora continua.

El análisis de los comportamientos históricos de las actividades de MPP efectuadas en los 2 años analizados permite realizar adecuaciones estratégicas para mantener la calidad de la prestación del servicio, controlar los costos y analizar las causas posibles de las anomalías que se detecten en el desempeño de la organización.

El uso adecuado del procedimiento permite seleccionar de forma óptima: frecuencias de mantenimiento e inspección, niveles de inventario, propuestas técnicas, sincronización de actividades, evaluaciones de ciclos de vida, considerados de forma objetiva lo que trae consigo un impacto positivo.

Las técnicas de análisis aplicadas y la revisión del equipamiento de grupos electrógenos propició alcanzar las condiciones óptimas en el funcionamiento de los equipos y su continuidad, previendo el establecimiento e implementación de un procedimiento para el MPP, que garantiza la disponibilidad, confiabilidad y eficiencia en su más alto nivel; jugando un papel importante.

Es imprescindible, durante la aplicación del MPP, ser riguroso en la aplicación de los pasos básicos propuestos, para el manejo de la información y el seguimiento de los indicadores de progreso.

El ritmo y programación y la atención de las sugerencias presentadas, con la participación activa de toda la organización, definirá un programa concreto de trabajo que beneficiará la fiabilidad del MPP.

Se considera que el sistema de codificación para los GEE, establecido en el procedimiento para el MPP, es un aporte en el diseño de la propuesta, efectivo para aplicar en entidades con misiones similares.

CONCLUSIONES

La propuesta de procedimiento para el MPP de los GEE, en el contexto de la Gerencia CIMEX de Cienfuegos, es integradora y tiene enfoque sistémico, basado en un paradigma del mantenimiento, con un modelo holístico, dirigido hacia la dimensión de eficacia donde las variables a evaluar contemplan, la planificación y organización del proceso.

Aplicar un procedimiento obtenido para establecer un plan de MPP a los GEE de origen japonés no incluidos en el Programa de la Revolución Energética, en la provincia Cienfuegos, apoyándose en la estructura organizacional de la Gerencia de Grupos Electrógenos, permite la optimización de los recursos disponibles para esta actividad y la ampliación de sus servicios tecnológicos.

La metodología propuesta permite direccionar estratégicamente el servicio de mantenimiento en cuanto a alcance (referido a la distribución espacial), recursos (distribuidos en humanos, materiales y financieros) según consumo previsto y tiempo (referido a frecuencia de las intervenciones, duración de ellas, tiempo de prestación de servicios y de solución de averías).

La metodología permite fundamentar el procedimiento que con ella se elabore, considerando los aspectos externos o de partida del ámbito de servicios (consideraciones de los fabricantes, cantidad de marcas diferentes etc.) y los aspectos internos o propios de las condiciones específicas de explotación del equipamiento.

El procedimiento permite organizar la ejecución de las actividades de MPP fundamentadas por la secuenciación de las actividades, la asignación de la carga y los detalles específicos de cada actividad expresados en las órdenes de trabajo.

Se considera que el sistema de codificación para los GEE, establecido en el procedimiento para el MPP, es un aporte en el diseño de la propuesta, efectivo para aplicar en entidades con misiones similares.

La aplicación del procedimiento se sustenta en una herramienta informática reconocida como SICGE, que propicia la ejecución de las actividades y el control operativo de su cumplimiento.

El análisis de los comportamientos históricos de las actividades de MPP efectuadas en los 2 años analizados permite realizar adecuaciones estratégicas para mantener la calidad de la prestación del servicio, controlar los costos y analizar las causas posibles de las anomalías que se detecten en el desempeño de la organización.

RECOMENDACIONES

La metodología y pasos validados se deben ajustar de manera permanente dado el comportamiento y surgimiento de nuevas necesidades y expectativas de mantenimiento.

Realizar intercambios de experiencias con otras empresas implicadas en procesos similares con el fin de enriquecer la investigación.

Por el valor que tiene la propuesta aplicar la investigación al resto de las Gerencias de Grupos Electrógenos CIMEX del país.

Los hallazgos de este estudio, deben atraer la atención de especialistas y técnicos con el objetivo de mejorar la efectividad del proceso de MPP, destinado a identificar, valorar y corregir los daños y consecuencias que determinadas acciones puedan causar sobre el buen funcionamiento de los GEE.

Se deberá considerar en lo adelante la aplicación de técnicas de fiabilidad más avanzadas que las usadas en la presente investigación teniendo en cuenta que el programa va a continuar su expansión y la explotación de los equipos con diferentes niveles de vida útil complejizará la toma de decisiones.

Se recomienda revisar las actuales rutas de recorrido en los mantenimientos aplicando un modelo matemático de transporte que permita comprobar si las rutas actuales resultan ser las más económicas.

Anexo A

Cuestionario Expertos. Primera ronda.

A:

De: Ing. Rafael Rodríguez Lorenzo.

Estimado (a) colega:

Usted ha sido seleccionado como experto para participar en un estudio que servirá para elaborar una tesis profesional, que busca establecer un procedimiento de mantenimiento preventivo a los GEE de origen japonés en la provincia Cienfuegos, apoyándose en la estructura organizacional de la Gerencia de Grupos Electrógenos CIMEX, de manera que permita la optimización de los recursos disponibles.

La selección de las personas para este estudio fue realizada en base a su experiencia en la actividad de dirección, instalación, mantenimiento y reparación de GEE. Quisiéramos pedir su ayuda para que conteste a unas preguntas que no le llevarán mucho tiempo.

Las respuestas serán confidenciales y anónimas. Las opiniones de todos los encuestados serán sumadas e incluidas en la tesis profesional, pero nunca se comunicarán datos individuales. Le pedimos que conteste este cuestionario con la mayor sinceridad posible. No hay respuestas correctas e incorrectas.

Lea las instrucciones cuidadosamente. Será aplicada la técnica Delphy, mediante varias rondas y se tramitarán por e-mail a la siguiente dirección: Ing. Rafael Rodríguez Lorenzo, especialista de la gerencia CIMEX, Cienfuegos: rrdquezl@cimex.com.cu

MENCIONE LOS ASPECTOS QUE CONSIDERA NECESARIOS TOMAR EN CUENTA PARA ESTABLECER UN PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO A LOS GRUPOS ELECTROGENOS DE EMERGENCIA (GEE) DE ORIGEN JAPONÉS, APOYÁNDOSE EN LA ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL DE LA GERENCIA DE GRUPOS ELECTRÓGENOS CIMEX, DE MANERA QUE PERMITA LA OPTIMIZACIÓN DE LOS RECURSOS DISPONIBLES.

Gracias.

Anexo B

Cuestionario Expertos. Segunda ronda.

A:

De: Ing. Rafael Rodríguez Lorenzo.

Estimado (a) colega:

A continuación usted recibirá las consideraciones emitidas por los expertos, y que consideraron necesarios a tomar en cuenta para establecer un procedimiento de mantenimiento preventivo a los GEE de origen japonés, apoyándose en la estructura organizacional de la Gerencia de Grupos Electrógenos CIMEX, de manera que permita la optimización de los recursos disponibles.

La pregunta inicial en cuestión era:

MENCIONE LOS ASPECTOS QUE CONSIDERA NECESARIOS TOMAR EN CUENTA PARA ESTABLECER UN PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO A LOS GRUPOS ELECTROGENOS DE EMERGENCIA (GEE) DE ORIGEN JAPONÉS, APOYÁNDOSE EN LA ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL DE LA GERENCIA DE GRUPOS ELECTRÓGENOS CIMEX, DE MANERA QUE PERMITA LA OPTIMIZACIÓN DE LOS RECURSOS DISPONIBLES.

A continuación usted debe reevaluar los aspectos que considera más importantes. La respuesta será enviada a la siguiente dirección Ing. Rafael Rodríguez Lorenzo, especialista de la gerencia CIMEX, Cienfuegos: rrdquezl@cimex.com.cu

Los expertos expresan:

1. Se deben buscar soluciones que aborden los diferentes aspectos, enfocados a al trabajo de la organización, recursos humanos, tecnología y sistema de información.
2. Elaborar una gama de planillas que controle el mantenimiento, reparación, stock de piezas y una para el inventario general de los equipos.
3. Implementar estrategias integradoras que permitan la reducción del fallo eventual, la disminución de las pérdidas por estadía, la reducción de la frecuencia de grandes

reparaciones y costosas, el aumento de la disponibilidad, seguridad en el funcionamiento y vida útil de los equipos.

4. Minimizar los costos de reparaciones previo análisis.
5. Planificar de manera efectiva la organización de los mantenimientos y reparaciones.
6. Considerar una frecuencia de pasos lógicos que permitan evolucionar el mantenimiento sobre el control gerencial.
7. Reducir la demanda de repuestos, herramientas y fuerza de trabajo.
8. Confeccionar un registro que incluya todos los componentes, determinando los que ante una avería limitarían el funcionamiento.
9. Garantizar la calidad del trabajo mediante una planificación que considere tiempo, espacio y recursos necesarios.
10. Disponer de recursos humanos capacitados con las competencias profesionales requeridas en las especialidades de electricidad y mecánica.
11. Considerar los recursos materiales y humanos, condiciones estructurales, y funcionales en la que se sustenta el procedimiento para el mantenimiento preventivo.
12. Determinar las características específicas de cada GEE en cuanto a inspección de condiciones ambientales, limpieza integral interna y externa, lubricación y engrase, reemplazo piezas, ajuste y calibración, pruebas funcionales completas etc.
13. Tener presente aspectos generales de organización y funcionales para el mantenimiento preventivo planificado.
14. Lograr frecuencia de intervenciones determinadas.
15. Codificar equipos en explotación para facilitar rutinas y frecuencias de mantenimiento preventivo.
16. Se debe elaborar un programa de prueba y aplicación prioritaria del sistema.
17. Se deben considerar especificaciones de fabricantes y tener presente toda la documentación técnica que viene con los equipos.
18. Es importante seleccionar los equipos a incluir en el mantenimiento preventivo.
19. Establecer registros automatizados que permitan dinamizar el control del mantenimiento, dado a que existen condiciones logísticas que incluyen datos del fabricante y si hubo mejoras en series posteriores, manuales y planos.
20. Establecer instructivos de uso de los formatos para rutinas de mantenimiento.
21. Considerar la experiencia acumulada ya sea escrita o bien transmitida oralmente por los operarios de equipos.
22. Establecer el momento en que comenzaran las inspecciones y revisiones en cada punto crítico.

23. Es determinante considerar acciones a seguir en forma escalonada y el llenado de planillas de control, respetando el plan de prioridades establecido y la capacidad de la organización para atender el mantenimiento preventivo.
24. Definir una estrategia por la gerencia que permita tomar decisiones adecuadas en tiempo y espacio.
25. Revisar el aspecto físico general del GEE y sus componentes.
26. Capacitar operarios de equipos, para garantizar el funcionamiento y cuidado de los mismos.
27. Definir una metodología adecuada de acuerdo a la estandarización internacional para el mantenimiento preventivo.

Saludos

Ing. Rafael Rodríguez Lorenzo
Especialista GEE, CIMEX.
Cienfuegos.

GRUPO:		ENTIDAD:			ORGANISMO:		
MARCA/MODELO:			FECHA DE INICIO:		FECHA DE TERMINACION:		
ACTIVIDAD:		OTROS TRABAJOS:					
Ultimo Mtto M2:		Horómetro Actual:_____		LIBRO CT:_____		Manual de operación _____	
MEDICIONES:		_____ Volt _____ Hz _____ A _____ x100 kpa _____ °C _____ Vcd					
Código	Acciones electromecánicas o rutinas			Código	Acciones electromecánicas o rutinas		
MCILUB	Sistema de Lubricación			MCI AIR	Sistema Suministro de aire		
01	Revisar y reponer nivel de aceite			01	Limpiar filtro de aire		
02	Revisar salideros de aceite			02	Sustituir filtro de aire		
03	Comprobar valor de presión de aceite			03	Comprobar funcionamiento del turboalimentador		
04	Sustituir aceite del motor			MCI	Condiciones Generales		
05	Sustituir filtro de aceite			01	Revisión y reapriete de tuercas y tornillos flojos		
MCICOM	Sistema de combustible			02	Comprobar condiciones de arranque del motor		
01	Revisar salideros de combustible			03	Verificar color de los gases de escape, ruidos y vibraciones.		
02	Drenar agua y limpiar filtro de combustible			04	Revisar calzos de goma		
03	Sustituir filtro de combustible			05	Comprobar compresión en los cilindros.		
04	Limpiar tanque de combustible			06	Comprobar alineación del motor.		
05	Comprobar temporizador de inyección de combustible.			07	Revisar mangueras plásticas y de goma.		
06	Comprobar presión y función de puntas de inyectores.			08	Revisar y ajustar las válvulas.		
MCIENF	Sistema de Enfriamiento			GEN	Generador		
01	Revisar y reponer nivel de liquido refrigerante			01	Comprobar aterramiento de la carcasa del generador.		
02	Revisar salidero de líquido refrigerante.			02	Comprobar resistencia de aislamiento.		
03	Comprobar tapa del radiador debidamente apretada			03	Revisar terminales y conexiones.		
04	Revisar tensión y estado de la correa del ventilador			04	Inspeccionar condiciones ambientales		
05	Comprobar temp. del líquido refrigerante (75-90 C)			05	Efectuar limpieza integral externa (Utilizar disolvente de grasa)		
06	Sustituir líquido refrigerante (50/50)%			06	Efectuar limpieza integral interna (Utilizar disolvente de grasa)		
07	Revisar y limpiar superficie externa del radiador			07	Limpiar generador con aire comprimido		
08	Limpieza interna del radiador y circuito del sistema enf.			TRAN	Transfer		
09	Comprobar apriete y funcionamiento tapa del radiador			01	Limpieza general externa.		
10	Verificar estado de las mangueras			02	Limpieza general Interna.		
MCIELE	Sistema Eléctrico			03	Revisar apriete de tuercas y tornillos.		
01	Revisar nivel de electrolito en batería			04	Comprobar estado de lámparas y fusibles.		
02	Limpiar batería y bornes			05	Revisar y limpiar contactos del doble tiro.		
03	Comprobar condiciones de carga de batería			06	Comprobar y ajustar temporizadores.		
04	Comprobar densidad del electrolito en la batería			07	Revisar terminales y conexiones.		
05	Revisar y limpiar motor de arranque y alternador de carga de batería. Comprobar funcionamiento.			08	Verificar integridad física y partes faltantes		
06	Revisar no haya cables y conexiones flojas.			09	Medir parámetros eléctricos de trabajo del sistema		
07	Comprobar función lámpara señalización de alarmas.			10	Inspeccionar condiciones ambientales		
08	Revisar fusibles de control			11	Simular cortes de energía eléctrica y comprobar los tiempos de: Arranque: 5 Seg. Transferencia: 15 Seg. Retransferencia: 15 Seg. Paro del motor: 5 Min.		
09	Comprobar condiciones de precalentamiento.						
10	Comprobar tiempo de protección bloqueando entrada de aire al motor						
11	Limpiar panel de control						
Piezas a Cambiar (Frecuencia)		Cantidad		Ult Recambio		Material Gastable:	
REPORTE DE HORAS TRABAJADAS (HORAS/HOMBRE)							
Nombres y Apellidos (Brigada # ---)		Fecha	Código	Categoría	Horas	Repuestos mínimos:	
				Electricista			
				Mecánico			
GASTOS DIRECTOS		Cantidad	Importe			Herramientas y equipos:	
Alimentación							
Otros							
CONFORMIDAD DEL SERVICIO							
La firma del presente documento avala la conformidad del cliente con el servicio prestado y constituye una obligación de pago.							
Nombres y Apellidos del cliente			Cargo			Firma	
Nombres y Apellidos del ejecutor			Cargo			Firma	

Observaciones:

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

1. Chirino M. Palencia J. Diseño de un programa de mantenimiento preventivo para los compresores "Copeland" semi-sellados herméticamente. Barcelona: Empresa Maraven S. A; 1997 p. 17.
2. Briceño Y. Colina M. Espinosa A. Manual de mantenimiento preventivo para los equipos auxiliares de la Planta de Vapor T-6. Barcelona: Empresa Maraven S. A. ; 1995 p. 23.
3. Martin Ch. Mantenimiento y fiabilidad. Barcelona: Centro de investigación y asistencia técnica; 2005.
4. Morrow L. C. Mantenimiento. En: Manual de mantenimiento Industrial. TI, TII, TIII. Washintong: S.A.; 2000.
5. Enciclopedia Encarta. New York: Microsoft Corporation; 2008.
6. García Palencia O., Álvaro González H. Modelo mixto de confiabilidad basado en estadística para la optimización del mantenimiento industrial. Bogota: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia; 2003.
7. Administración de empresas. [monografía en internet] 2007. [consultado octubre 2008] URL disponible en: http://www.administracion-de-empresas_12.html
8. Knezevic J. Reliability, maintainability and supportability engineering- a probabilistic approach: Plus software PROBCHAR. Londres: McGraw Hill; 1993. p. 292
9. Bernardo Durán J. Optimización y estrategias de mantenimiento: Proyecto MACRO. Jornadas de Confiabilidad Operacional: Caracas; 2000.
10. Singh J. Bahshwan A.A. Planeación del mantenimiento a máquinas basado en la fiabilidad. Octavo congreso mundial sobre máquinas y mecanismos. Praga: Checoslovaquia del 26 al 31 de Agosto de 1991.
11. Briceño R. Manzanero O. y Sulvaran J. Mantenimiento Preventivo aplicado a las turbinas de gas Westinhouse de la Planta Compresora T.J #3 de la empresa Lagoven zona Occidente. Tesis de grado para obtener el título de ingeniero en Sistema Administrativo de Mantenimiento. Ojeda: Instituto Universitario de Tecnología de Cabimas; 1995. p. 23.
12. Newbrough ET. Mantenimiento preventivo. Londres: Elsevier Science Publisher; 1997. p. 220.
13. García J.M. Amezaga U. El mantenimiento preventivo y la medida de su eficiencia. Revista Mantenimiento. marzo1992; 3-4:5-9.
14. Woodhouse J. Mantenimiento centrado en confiabilidad. The Woodhouse Partnership; 2000.
15. Morrow L. C. Manual de mantenimiento Industrial. TII. Washintong: S.A.; 2000.

16. División Grupo Electrógeno Corporación CIMEX. Manual de instrucción para operador de grupo electrógeno. Pinar del Río: CIMEX; 2006.
17. Conae. Generación distribuida energía de calidad. CONAE/CONA_1917, [monografía en internet] 2007. [consultado septiembre 2008] URL disponible en: <http://www.conae.gob.mx/wb/>.
18. Beltrán M. Generación distribuida. [monografía en internet] 2007. [consultado septiembre 2008] URL disponible en: http://www.generación_distribuida.pdf.
19. S. C. Analítica Energética. [página web en internet] 2007. [consultado septiembre 2008] URL disponible en: <http://www.analiticaenergetica.com>.
20. Organización Latinoamericana de Energía. Generación Distribuida. [página web en internet] 2007. [consultado septiembre 2008] URL disponible en: <http://www.olade.org.ec/php/index.php?arb=ARB0000593>.
21. Zeballos Raúl. La generación distribuida en el mercado eléctrico uruguayo. [monografía en internet] 2007. [consultado septiembre 2008] URL disponible en:, <http://www.cammesa.com.ar>.
22. Fernández L. Generación distribuida: ¿la generación del futuro? [monografía en internet] 2007. [consultado octubre 2008] URL disponible en: <http://www.energuia.com>
23. Huacuz J. M. Generación eléctrica distribuida con energías renovables. Boletín IEEE; 2000.
24. Organización Latinoamericana de Energía. Generación Distribuida. [monografía en internet] 2005. [consultado octubre 2008] URL disponible en: <http://www.olade.org.ec/php/index.php?arb=ARB0000593>
25. Donald B. Power and Light Company Distributed Generation Interconetions: Protection, Monitoring. [monografía en internet] 2007. [consultado octubre 2008] URL disponible en: <http://www.basler.com>
26. Melgar M. Propuesta de desarrollo de energía. 2004.[consultado octubre 2008] URL disponible en: <http://www.gestiopolis.com/recursos6/Docs/Ger/fortalecimineto-del-agro-con-el-desarrollo-de-energia.htm>
27. Voldek A.I. Maquinas Eléctricas. La Habana: Editorial Pueblo y Educación;1985 p.198-276.
28. Asociación danesa de la industria eólica. Generadores sincrónicos. 2000. [monografía en internet] 2007. [consultado octubre 2008] URL disponible en: <http://www.windpower.org/es/tour/wtrb/syncgen.htm>
29. The Power Engineering Education Committee. Protección de Generadores Sincrónicos. [artículo en internet] 2007. [consultado octubre 2008] URL disponible en: <http://www.beckwithelectric.com/infoctr/spanish/tutorialgenIEEE.pdf>

30. Generador de corriente continúa. [artículo en internet] 2007. [consultado octubre 2008]
URL disponible en: <http://www.html.rincondelvago.com/generador-de-corriente-continua.html>
31. Garduño A. Clasificación de los generadores sincrónicos. [artículo en internet] 2006.
[consultado octubre 2008] URL disponible en: http://www.esimez.ipn.mx/MAQUINASINCRONA/Presenta_B.ppt
32. Statefarm M. Generadores Portátiles. [artículo en internet] 2005. [consultado octubre 2008]
URL disponible en: <http://www.msucare.com/espanol/newsletters/safety/05/10extra.html>
33. Mozina Ch. Protección de interconexiones de generadores de IPP usando tecnología digital. Londres: Elsevier Science Publisher; 1999.
34. Francesena B. E. Bravo de las Casas M. Curbelo J. Esquemas de Protección en Plantas de Generación Distribuida. CD-ROM Conferencia Internacional FIE'06: Santiago de Cuba; 2006.
35. Los grupos electrógenos. Schneider Electric. [artículo en internet] 2000. Cuaderno Técnico nº 196. [consultado octubre 2008] URL disponible en: <http://www.schneiderelectric.es>
36. Evirnet. Grupos electrógenos. [monografía en internet] 2005. [consultado octubre 2008]
URL disponible en: <http://guia.mercadolibre.com.ar/grupos-electrogenos-3404-VGP>
37. Quinto E. Gestión integrada de mantenimiento. La puesta en práctica. Revista Mantenimiento España. 1992; abril 4:35-38.
38. Nuñez Jover J. Contribución del mantenimiento al aumento de la capacidad de producción. Revista Mantenimiento España. 1994; junio 6:43-46.
39. MES. Cuba. Toma de decisiones en la función de operaciones. En: Administración de operaciones. 3ra. ed. La Habana: Ministerio de Educación Superior; 2001.
40. Fuentes A. Olmos R. Hernández C. La gestión informatizada del mantenimiento: una fuente de ventajas competitivas para la empresa. Revista Mantenimiento España. 1994; noviembre 11:5-14.
41. Castillo Morales G. Mantenimiento a equipos, máquinas e instalaciones. Tesis para optar por el título de master en Ingeniería Mecánica. Cienfuegos: Universidad "Carlos Rafael Rodríguez." 2006.
42. Hernández Sampier R. Metodología de la investigación. La Habana: Editorial Félix Varela; 2004.
43. Landeta J. El método Delphi: Una técnica de previsión para la incertidumbre. Barcelona: Ariel; 1999.
44. Nelson W. Accelerated testing: statistical models, test plans and data analysis. New York: John Wiley & Sons; 1990.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

Al-Najjar B. On the Selection of Condition Based Maintenance for Mechanical System, págs. 153-173, K. Holmberg & A. Folkesson (edit.), Operational Reliability and Systematic Maintenance, Elsevier Science Publisher, Ltd., Inglaterra, 1991.

Molina J. Mantenimiento y seguridad industrial. [artículo en línea] 2007. [consultado agosto 2007] URL disponible en: <http://www.mantenimientos.htm>.

Morrow L.C. Mantenimiento preventivo. En: Manual de mantenimiento Industrial. TII. Washintong: S.A.; 2000.

Mato F, Prins. Mantenimiento preventivo planificado. La Habana: Ed. Científico Técnica; 198?.

Portuondo R, Pichardo G. Economía de empresas industriales. La Habana: Ed. Científico Técnica; 1990.

Toma de decisiones en la función de operaciones. En: Administración de operaciones. 3ra. ed. La Habana: MES; 2001.

D. Keith Denton. Seguridad Industrial. México: Mc Graw-Hill; 1984.

Wiest J. Precedent diagramming method: some unusual characteristic and their implications for Project managers. J Oper Manag; 1981:1(3)

Mantenimiento: Empresas y Servicios. Definición de Mantenimiento Preventivo [web en línea] 2007. [consultado agosto 2007]URL disponible en: <http://www.mantenimiento.com>

Molina J. Mantenimiento y seguridad industrial. [artículo en línea] 2007. [consultado agosto 2007] URL disponible en: <http://www.mantenimientos.htm>.

Cavaría Cosar, R. El ingeniero técnico eléctrico. Barcelona: Centro de investigación y asistencia técnica; 2002.

División Grupo Electrógeno Corporación CIMEX. Manual de instrucción para operador de grupo electrógeno. Pinar del Río: CIMEX; 2006.

Catálogo Denyo. Tokio: Denyo Co; 2005.

Manual de instrucción Denyo. Tokio: Denyo Co; 2005.

Listado de partes Denyo. Tokio: Denyo Co; 2005.

Heizer, Render. Dirección de la producción: decisiones tácticas. Washintong: Prentice Hall; 1998.

Enciclopedia Encarta. New York : Microsoft Corporation; 2007.

Morrow L.C. Manual de mantenimiento Industrial. TII. Washintong: S.A.; 2000.

CIMEX. S.A. Instrucción No. 24/06 de fecha 23 de mayo de 2006: Creación de la División de Grupos Electrógenos, subordinada a la Presidencia de la Corporación CIMEX. S.A. La Habana: CIMEX; 2006.

GLOSARIO

Componente: Parte discreta de un sistema capaz de operar independientemente, pero diseñada, construida y operada como parte integral del sistema. Sólo pueden ser cambiados en el taller de mantenimiento.

Descripción: Hace referencia a las características comunes que posee un equipo industrial.

Datos técnicos: Es la suma de información referida a los datos de fabricación, operación, repuestos y planos de cada equipo y o instalaciones.

Levantamiento: Inventario de todos los equipos que se van a incluir dentro del plan de mantenimiento.

Estrategia: Metodología empleada para llevar a cabo el mantenimiento.

Responsable: Persona jurídica o natural que se hace responsable por la acción de mantenimiento del equipo.

Falla: Incapacidad del equipo para realizar la función requerida

Hoja de vida: Relación de todas las modificaciones, reparaciones etc que ha sufrido el equipo con fecha de ejecución. Se debe iniciar con la tarjeta maestra, es decir esta puede servir de carátula a la hoja de vida.

Instructivos: Texto que describe la forma en que se debe realizar el trabajo de mantenimiento. Consta de las siguientes partes: código, nombre, material necesario, cuerpo y tiempo estimado de ejecución.

Inspección: Proceso de examinar, medir, calibrar, probar o detectar cualquier desviación o irregularidad con respecto a las especificaciones dadas por el fabricante.

Indicadores de gestión: Indicadores que calculados periódicamente dan una visión panorámica de la productividad de la gestión hecha en la empresa.

Inventario técnico: Es donde se tienen las características técnicas del equipo, como son la información de manuales, catálogos, planos y especificaciones.

Inventario físico: Relación patrimonial de los bienes de la empresa.

Lubricación: Método utilizado para evitar en lo posible el contacto directo entre dos piezas que se mueven una respecto a otra reduciendo la fricción. Se consigue interponiendo una película de lubricante entre ellas.

Localización: Lugar donde se encuentra el equipo.

Lubricante: Sustancia que se interpone entre dos superficies, una de las cuáles o ambas se encuentran en movimiento, a fin de disminuir la fricción y consiguientemente el desgaste. Los aceites lubricantes en general, están conformados por una base más aditivos.

Mantenimiento: Combinación de todas las acciones técnicas mediante las cuáles un equipo o un sistema se conserva o repara para que pueda realizar las funciones para las que fue diseñado.

Modo de falla: Fallos o averías típicas de una unidad. Se tipifica la parte que falla y la frecuencia con que lo hace.

Monitoreo de condiciones: Conjunto de técnicas de inspección que se utilizan para conocer las condiciones de operación de equipos y tomar las acciones preventivas o correctivas necesarias.

Número de inventario: Código asignado al equipo.

Orden de trabajo: Instrucción por escrito. Debe contener por lo menos fecha de expedición y ejecución, destinatario, instructivo y equipo al que se le debe practicar dicho instructivo. Debe ser archivada después de ejecutada para futuros estudios.

Parte: Componente simple de cada unidad que puede cambiarse directamente.

Plan o programa: Conjunto de actividades y estrategias para llevar a cabo una acción que puede ser de mantenimiento.

Periodicidad: Frecuencia con que se ha programado el mantenimiento.

Reparación: Restablecimiento de un equipo a una condición óptima mediante la renovación reemplazo o reparación de piezas dañadas o desgastadas.

Repuesto: Pieza o parte de un mecanismo o sistema eléctrico, mecánico o electrónico que se tiene dispuesta para sustituir a otra.

Requerimiento: Acciones de mantenimiento codificadas que se le deben practicar al equipo para evitar deterioro o restablecer estado óptimo.

Reparación general (OVERHAUL): Examen completo y restablecimiento del equipo o una parte importante del mismo a una condición óptima y aceptable.

Ruta o recorrido: Recorrido de inspección o de trabajo por la planta, optimizando distancias recorridas.

Rutina semanal: Serie de actividades o tareas de mantenimiento obligatorias a realizar en el transcurso de la semana.

Rutina diaria: Serie de actividades o tareas de mantenimiento obligatorias a realizar en el transcurso del día.

Tercerización (OUTSOURCING): Trabajo que la empresa no hace directamente a través de su personal, sino que contrata a un tercero para su ejecución.

Tarjeta maestra: Formato donde debe constar las características inmodificables de cada máquina como: tamaño, peso, color, año de instalación, año de fabricación, modelo, marca, fabricante, distribuidos, insumos que usa, motores y reductores que tiene, si posee o no catálogos etc.

Tablero de control: Cronograma de actividades de mantenimiento, con divisiones semanales, generalmente y con duración corriente de un año.

Unidad: Componente del equipo que realiza una función determinada en el proceso.