

DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO PARA  
GENERADORES ELÉCTRICOS EN LA INDUSTRIA HOTELERA QUE UTILIZAN  
FUEL OIL DIESEL COMO COMBUSTIBLE.

DIEGO ANDRÉS SILVA PABÓN

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍA FÍSICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO  
BUCARAMANGA

2010

DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO PARA  
GENERADORES ELÉCTRICOS EN LA INDUSTRIA HOTELERA QUE UTILIZAN  
FUEL OIL DIESEL COMO COMBUSTIBLE.

DIEGO ANDRÉS SILVA PABÓN

Monografía para optar al título de Especialista en Gerencia de Mantenimiento

Director:

Ing. Jairo Darío Murcia

Maestría en Ciencias Económicas

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍA FÍSICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO  
BUCARAMANGA

2010

El autor expresa su agradecimiento a: A dios, por encausarme siempre por el camino del bien, del compromiso y de la honestidad.

A mis padres por su amor, ejemplo, sacrificio y lucha, ellos hicieron todo lo posible para apoyarme e incentivar me a culminar esta etapa de mi vida y seguir adelante en el camino.

A mis hermanos, por que juntos hemos recorrido la vida y nos hemos apoyado en los momentos difíciles.

A Arturo León, maestro y amigo. A pesar que hoy ya no nos acompaña lo recordaré por siempre por sus enseñanzas acerca del mundo real y la importancia de la ingeniería para nuestro futuro. Paz en su tumba.

AL señor Alfonso Domínguez, gerente general del Bogotá Plaza Summit Hotel y al Ingeniero Carlos Lozano por su ayuda y tiempo realizar este trabajo de investigación.

Al personal administrativo y operativo del Bogotá Plaza Summit Hotel de la ciudad de Bogotá por compartirme todos sus conocimientos prácticos.

A los departamentos de mantenimiento del Hotel Casa Dann Cartón, Hotel Pavillón Royal, Hotel Bogotá Royal, Hotel 104 Art Suites, Hotel Tequendama, Hotel la Fontana, Hotel Radisson Royal Bogotá, Hotel Cosmos 100 y Hotel Capital por permitirme visitar sus instalaciones.

## CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	19
1. MARCO DE REFERENCIA	20
1.1 DESCRIPCIÓN DEL SECTOR HOTELERO	20
1.2 ANTECEDENTES DEL PROYECTO	23
1.3 ANTECEDENTES TEÓRICOS	24
1.3.1 Tipos de mantenimiento	24
1.3.2 Definición del mantenimiento predictivo	24
1.3.3 Organización del mantenimiento preventivo	25
1.3.4 metodología de las inspecciones	25
1.3.5 Técnicas aplicadas al mantenimiento predictivo	26
1.3.5.1 Análisis de vibraciones	26
1.3.5.2 Análisis de lubricantes	27
1.3.5.3 Análisis de ultrasonido	28
1.3.5.4 Termografía	29
1.3.6 Mantenimiento predictivo de motores diesel	30
1.3.6.1 Inyección diesel	31
1.3.6.2 Motores industriales	33
1.3.6.3 Protecciones del motor	34
1.3.6.4 Opción de reducción inmediata de velocidad	35
1.3.6.5 Unidad de inyectores electrónicos	36

1.3.6.6	Sensores del motor DDEC	37
1.3.6.7	Uso del escáner	40
1.3.6.8	Revisión de sensores.	40
1.3.6.9	Refrigeración del motor	42
1.3.7	Técnicas de monitorizado y diagnóstico	44
1.3.7.1	Multímetro digital	45
1.3.7.2	Escáner	45
1.3.7.3	Proceso real de diagnóstico de motores Diesel	49
1.3.8	Diagnóstico de motores por sus síntomas internos	50
1.3.9	Endoscopía de motores	52
1.3.10	Mantenimiento predictivo de generadores eléctricos	53
1.3.10.1	Ensayo estático	54
1.3.10.2	Ensayo dinámico	55
2.	GRUPOS ELECTRÓGENOS DE EMERGENCIA	57
2.1	GRUPOS DE EMERGENCIA CON ARRANQUE MANUAL	57
2.2	GRUPO ELECTRÓGENOS DE EMERGENCIA AUTOMÁTICOS	58
2.2.1	Unidad de control	58
2.2.2	Funcionamiento de un grupo automático	60
2.2.3	Ajuste de tiempos	61
2.2.4	Cargador de baterías automático	61
2.2.5	Pre calentamiento de motor	62
2.2.6	tarjeta electrónica de unidad de control	62
2.3	GRUPOS DE EMERGENCIA AUTOMÁTICOS DE CONTINUIDAD	63

3. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO	64
3.1 GESTIÓN DE INFORMACIÓN PARA EL MANTENIMIENTO PREDICTIVO DE GENERADORES ELÉCTRICOS	64
3.1.1 Información general del grupo electrógeno	64
3.1.2 Orden de trabajo de mantenimiento preventivo y predictivo	65
3.1.3 Puntos clave de inspección	66
3.2 ANÁLISIS DE MODO DE EFECTOS Y FALLOS EN GENERADORES ELÉCTRICOS	66
3.2.1 Condiciones Ambientales	68
3.2.2 Funciones principales	68
3.2.3 Funciones Secundarias	68
3.2.4 Análisis de fallas.	68
3.3 PARÁMETROS PARA LA REALIZACIÓN DE MEDICIONES CON ANALIZADORES DE REDES ELÉCTRICAS	75
3.3.1 Variaciones de tensión de estado variable	75
3.3.2 Desbalance de la tensión	76
3.3.3 Armónicos de tensión	76
3.3.4 Armónicos de corriente	76
3.4 PARÁMETROS PARA LA REALIZACIÓN DE PRUEBAS CON OPACÍMETROS EN MOTORES DIESEL	76
4. RUTAS PARA EL MANTENIMIENTO PREDICTIVO	78
4.1 RUTA DE INSPECCIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y PREDICTIVO PARA VERIFICAR EL ESTADO Y CORREGIR FALLAS	78
5. TÉCNICAS DE MONITOREO POR CONDICIÓN DEL MANTENIMIENTO PREDICTIVO	81

5.1 FORMATO PARA EL REGISTRO DE MEDICIONES Y ANÁLISIS DE TENDENCIAS DE FALLAS	82
5.2 METODOLOGÍA DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO	82
CONCLUSIONES	84
BIBLIOGRAFÍA	85

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Hoteles estratégicos del sector en Bogotá	21
Tabla 2. Proceso de escáner	49
Tabla 3. Información básica de generadores eléctricos	64
Tabla 4. Orden de trabajo de mantenimiento	65
Tabla 5. Puntos claves de inspección	66
Tabla 6. Descripción del generador eléctrico	66
Tabla 7. Frontera del sistema	67
Tabla 8. Condiciones operativas del equipo	67
Tabla 9. Criterios para calificación de falla por consecuencia	68
Tabla 10. Criterio para la calificación de falla por Probabilidad	68
Tabla 11. Criterio de intervención	69
Tabla 12. Fallas funcionales y los parámetros realizar el mantenimiento Predictivo	69
Tabla 13. Valores de referencia variaciones de tensión	75
Tabla 14. Valores de referencia de porcentaje máximo de desbalance de Tensión	76
Tabla 15. Valores de referencia de distorsión de armónicos totales de tensión	76
Tabla 16. Valores límites de distorsión de corrientes	76
Tabla 17. Valores propuestos por Europa para el manejo de motores diesel y su verificación para el mantenimiento predictivo	77
Tabla 18. Ruta de mantenimiento preventivo y predictivo	78

Tabla 19. Comparación de los tres instrumentos avanzados específicos técnicos de control 81

Tabla 20. Formato de registro de mediciones y tendencias de falla en generadores eléctricos 82

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Porcentaje de Ocupación Hotelera por zonas	20
Figura 2. Problemas de competitividad según importancia	22
Figura 3. Técnicas de mantenimiento de motores	30
Figura 4. Análisis de aceites en Motores diesel	31
Figura 5: Sistema de reconocimiento de fallas “escáner”	40
Figura 6. Sistema de refrigeración de motor diesel	43
Figura 7. Multímetro digital	45
Figura 8. Escáner	47
Figura 9. Prueba de aislamiento generador eléctrico	53
Figura 10. Análisis de predictivo de generadores	56
Figura 11. Disposición del enclavamiento que impide conectar la red y el grupo a la vez	57
Figura 12. Organigrama de secuencia de funcionamiento del grupo de emergencia automático	59
Figura 13. Tarjeta electrónica de unidad de control Nxe	62
Figura 14. Diagrama eléctrico de central de emergencia de tensión UPS	63
Figura 15. Regresión lineal	83

## GLOSARIO

**ADMINISTRACIÓN:** conjunto de personas encargadas de la planeación estratégica y corporativa, el direccionamiento estratégico y control de una institución empresarial.

**AVERÍA:** cese de la capacidad de un ítem para realizar una función específica.

**CAMBIO:** consiste en sustituir una máquina o componente, que por cualquier concepto haya dejado de ser fiable, por otra exactamente igual, pero en buenas condiciones de funcionamiento.

**CARGA DE TRABAJO:** tiempo utilizado para el cumplimiento de ordenes de trabajo y servicio.

**COMPONENTE:** unidad perteneciente a un conjunto, que generalmente no es funcional del mismo y está formado de piezas.

**DEFECTO:** Alteración de las condiciones de un ítem de importancia suficiente para provocar que su función normal no sea satisfactoria con los estándares establecidos.

**DIAGNÓSTICO:** deducción de la naturaleza de una falla basada en los síntomas detectados.

**DISPONIBILIDAD:** capacidad de un ítem para desarrollar su función en un determinado momento o durante un periodo de tiempo, en unas condiciones de rendimiento específicos.

**ELEMENTO O PIEZA:** partes constituyentes de un componente.

**EQUIPO:** unidad compleja de orden superior integrada por conjuntos, componentes y piezas, agrupadas para formar un sistema funcional.

**EQUIPO DE RESERVA:** sistema operacional en paralelo, que siempre está listo para ser utilizado y permanece en situación paralela en espera de que se produzca la avería de otro ítem en funcionamiento.

**ENTRENAMIENTO:** acción de ejercitar y preparar a un individuo para la realización de una función específica o actividad. El entrenamiento es utilizado cuando una persona tiene la habilidad básica pero no conoce el cómo realizarlo o no tiene la agilidad suficiente.

**GESTIÓN DE MANTENIMIENTO:** actuaciones con las que la dirección de una organización de mantenimiento sigue una política determinada.

**HOJA DE VIDA:** registro de las incidencias, averías, reparaciones y actuaciones en general que condicionen el estado de un determinado ítem.

**ÍNDICE DE GESTIÓN:** proporción o coeficiente que establece una relación entre dos magnitudes ligadas entre sí de forma conceptual.

**INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO:** organismo consultivo que constituye el sistema de control de la dirección del mantenimiento para corregir y mejorar la gestión. Su misión es perfeccionar las técnicas organizativas, los métodos y procedimientos de trabajo, favoreciendo la implementación de las políticas de mantenimiento más adecuadas y el desarrollo de nuevos conceptos e ideas.

**INSPECCIÓN:** reconocimiento sistemático efectuado a un ítem, verificando su estado real a comparación con el exigido.

**INSTALACIÓN:** sistema integrado de máquinas y equipos que forman una unidad funcional de producción o servicio.

**INSTRUCTIVO:** documento donde se describe paso a paso las actividades para el mantenimiento autónomo, incluyendo los materiales utilizados para las actividades, el tiempo requerido para realizar las actividades y las precauciones y recomendaciones de seguridad para realizar las actividades.

**ÍTEM:** sistema, subsistema, instalación, planta, máquina, equipo, estructura, edificio, conjunto, componente o pieza que pueda ser considerada individualmente y que admita revisión, prueba y monitoreo.

**LIMPIEZA:** eliminación o reducción de suciedad, escorias, materiales de desecho, herrumbre o incrustación para que un ítem trabaje en las mejores condiciones de utilización.

**LUBRICACIÓN:** aplicación de un fluido lubricante para la reducción del contacto entre superficies de un ítem.

**MANTENIMIENTO:** conjunto de actividades técnicas y administrativas cuya finalidad es conservar o restituir un ítem e las condiciones que le permitan realizar su función.

**MANTENIMIENTO ELÉCTRICO:** conjunto de actividades de tipos eléctrico que se realizan en intervalos predeterminados de tiempo, número de operaciones, entre otros.

**MANTENIMIENTO MECÁNICO:** conjunto de actividades de mantenimiento autónomo que se relacionan directamente con inspecciones programadas, limpieza y ajuste de elementos mecánicos.

**MANUAL DE MANTENIMIENTO:** recopilación de la información, datos y recomendaciones necesarias para el correcto mantenimiento de un ítem.

**MODIFICACIÓN:** cambio parcial de diseño de un ítem para adaptarse al sistema productivo.

**MOTIVACIÓN:** es la capacidad e persuadir al individuo para que adquiera una conducta deseada para la productividad la cual posee las habilidades y el entrenamiento para realizar una actividad.

**REPARACIÓN:** son los trabajos efectuados para corregir los daños que haya tenido u recurso, o los defectos de fabricación que registre el mismo o una de sus partes.

**RUTINAS:** son los trabajos de preservación y mantenimiento que es necesario realizar periódicamente para obtener buena apariencia, ración y funcionamiento del recurso.

**TIEMPO DE VIDA ÚTIL:** es el tiempo considerado desde que se instala el recurso, hasta que se retira de la empresa con cualquier motivo.

## RESUMEN

**TITULO:** *DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO PARA GENERADORES ELÉCTRICOS EN LA INDUSTRIA HOTELERA QUE UTILIZAN FUEL OIL DIESEL COMO COMBUSTIBLE<sup>1</sup>.*

**AUTORES:** DIEGO ANDRÉS SILVA PABÓN\*\*

**PALABRAS CLAVES:** MANTENIMIENTO PREDICTIVO, GENERADORES ELÉCTRICOS, GRUPO ELECTRÓGENO.

**DESCRIPCIÓN O CONTENIDO:** Esta monografía desarrolla un esquema de cambio de mantenimiento predictivo para los generadores de emergencia eléctrica que se utilizan en los hoteles de Bogotá, estableciendo una rutina de mantenimiento predictivo que garantice la confiabilidad de los sistemas de emergencia.

La aplicación de esta monografía establece la aplicación de rutinas de mantenimiento predictivo para conocer las condiciones de estado y utilización de los grupos electrógenos estableciendo un esquema de diagrama de árbol para programación y toma de decisión de las condiciones del mantenimiento. El modelo propone sistemáticamente estrategias modernas de mantenimiento, tales como el monitoreo por condición, análisis de fallas y causa raíz, involucrando los factores que impactan administrativamente la gestión del mantenimiento como son la gestión de operación de los equipos y la administración de herramientas y equipos de soporte.

El sector hotelero Colombiano es uno de los más desarrollados y estructurados, debido a la riqueza de lugares turísticos que garantiza la visita constante de personas que desean conocerlos y al desarrollo de eventos de tipo social como son congresos, reuniones y actividades empresariales, sin embargo un hotel necesita garantizar la prestación de sus servicios y utilización de los recursos de una manera eficiente técnica y económicamente.

El mantenimiento predictivo es una técnica que combinada con los procedimientos del mantenimiento preventivo y correctivo, determinan el estado de una máquina y establece su condición para garantizar la disponibilidad en función del tiempo.

---

<sup>1</sup> Monografía.

\*\* Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Especialización en Gerencia de Mantenimiento, Director: Ing. Jairo Darío Murcia, maestría en Ciencias Económicas

## SUMMARY

**TITLE:** OF MANAGEMENT OF MAINTENANCE PREDICTIVE FOR FUEL OIL ELECTRIC GENERATORS OF THE HOTELS INDUSTRY<sup>2</sup>.

**AUTHORS:** DIEGO ANDRÉS SILVA

**KEYWORDS:** MAINTENANCE PREDICTIVE, ELECTRIC GENERATORS, ELECTROGEN GROUP.

**SUBJECT OR DESCRIPTION:** This monograph develops a scheme of change of maintenance predictive for the generators of emergency electrical that are in use in the hotels of Bogotá, establishing a routine of maintenance predictive that guarantees the reliability of the emergency systems.

The application of this monograph establishes the application of routines of predictive maintenance to know the conditions and utilization of the electricity-generating groups establishing a scheme of graph of tree for programming and capture of decision of the conditions of the maintenance. The model proposes systematical modern strategies of maintenance, such as the monitoring for condition, analysis of faults and causes root, involving the factors that impress administratively the management of the maintenance since are the management of operation of the equipments and the administration of tools and equipments of support.

The hotel Colombian sector is one of most developed and structured, due to the wealth of tourist places that guarantees the person's constant visit. They want to know and to the development of events of social type congresses, meetings and managerial activities, nevertheless a hotel needs to guarantee the presentation of his services and utilization of the resources of an efficiently and economical.

The predictive maintenance is a technology that combined with the procedures of the preventive and corrective maintenance, it determine the condition of a machine and establishes his condition to guarantee the availability depending on the time.

---

<sup>2</sup> Monograph

\*\* School of Mechanical Engineering. Maintenance Management Specialization.  
Director: Ing. Jairo Darío Murcia, Mastery in Economic Sciences

## INTRODUCCIÓN

En un mundo globalizado donde la flexibilidad y versatilidad de las empresas de servicio crean un punto definitivo para la comercialización, donde la calidad del servicio prestado es el factor de mayor influencia que tienen sobre los compradores y el aseguramiento de la prestación de los servicios crea un sentimiento de fidelidad y recordación por parte del público.

El sector hotelero Colombiano es uno de los más desarrollados y estructurados, debido a la riqueza de lugares turísticos que garantiza la visita constante de personas que desean conocerlos y al desarrollo de eventos de tipo social como son congresos, reuniones y actividades empresariales, sin embargo un hotel necesita garantizar la prestación de sus servicios y utilización de los recursos de una manera eficiente técnica y económicamente.

Uno de los servicios relevantes del sector hotelero es el fluido eléctrico el cual es garantizado por la estructura energética de las ciudades y en ocasiones por la utilización de sistemas de emergencia, los cuales requieren la aplicación de técnicas y actividades propias del mantenimiento para conservar operatividad y disponibilidad.

El mantenimiento predictivo es una técnica que combinada con los procedimientos del mantenimiento preventivo y correctivo, determinan el estado de una máquina y establece su condición para garantizar la disponibilidad en función del tiempo.

## 1. MARCO DE REFERENCIA

### 1.1 DESCRIPCIÓN DEL SECTOR HOTELERO

El sector hotelero en Colombia es uno de los sectores de mayor crecimiento, siendo uno de los sectores impulsores de la economía nacional, gracias al fruto de varios factores como la política de seguridad democrática, implementada en los últimos dos gobiernos, el trabajo del sector privado, la promoción de la buena imagen del país y la creación y consolidación de marca.

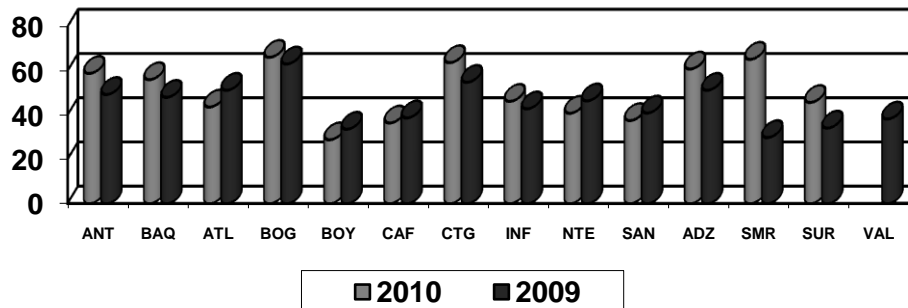
Además, de los incentivos tributarios que otorga el gobierno, como exenciones de impuestos hasta el 2032 para predios construidos entre el 2003 y el 2018, para proyectos de ecoturismo, y zonas francas.

Esto ha llevado un gran dinamismo en la construcción, con inversiones de 110.35 millones de pesos para el 2006 y con la entrada de cadenas prestigiosas a nivel mundial como el Hilton, Marriot y Hyatt.<sup>3</sup>

Bogotá es una de las ciudades de mayor participación de ocupación nacional participación en comparación de otras ciudades del país, por los altos niveles de ocupación por ser un destino turístico y un centro de negocios, que la convierte en la preferida por los visitantes nacionales e internacionales.

Figura 1. Porcentaje de Ocupación Hotelera por zonas

#### PORCENTAJE DE OCUPACION HOTELERA POR ZONAS MARZO 2010 vs MARZO 2009



Fuente: Asociación Hotelera de Colombia (Cotelco) INDICADORES HOTELEROS PRELIMINARES MARZO 2010

<sup>3</sup> MINISTERIO DE COMERCIO, INDUSTRIA Y TURISMO, Plan sectorial 2002-2006, Bogotá, 2002, 5 p.

La Ciudad de Bogotá se destaca con una participación del 66 por ciento del porcentaje de ocupación nacional en comparación de otros destinos como son Cartagena, San Andrés y Medellín.<sup>4</sup>

La Asociación Hotelera Cotelco como entidad que agremia los hoteles en Colombia, tiene entre sus asociados ubicados en la ciudad de Bogotá 106 hoteles, en las categorías de 5 a 3 estrellas y como entidad reguladora establece los criterios para calificar a los hoteles miembros, para efecto de esta se escogieron 10 Hoteles categorizados 5 Estrellas en la ciudad de Bogotá.

Para el estudio de esta monografía se escogieron 10 empresas líderes del sector hotelero en Bogotá, para realizar un seguimiento a su infraestructura y la importancia de los sistemas eléctricos de emergencia que poseen cada una dependiendo de su infraestructura instalada.

Las empresas escogidas se observan en la tabla 1, todos hoteles categorizados 5 Estrellas según La Norma Técnica Sectorial Colombiana NTS 006.

Tabla 1. Hoteles estratégicos del sector en Bogotá

Hotel	Dirección	Teléfono	Fax
Casa Dann Carlton	Calle 94 No. 19-71	+57.1 6001313	+57.1 6338810
		+57.1 6338777	
Hotel Pavillon Royal Ltda.	Carrera 11 A No. 93b-50	+57.1 6502555	+57.1 2574996
Hotel Bogotá Royal	Carrera 8 A No. 99-55	+57.1 6341734	+57.1 6102946
		+57.1 6004100	
Hotel 104 Art Suites	Cra. 18 A No. 104-77	+57.1 6025959	+57.1 6025959
Hotel Tequendama	Carrera 10 No. 26-21	+57.1 3820300	+57.1 2822860
		+57.1 3823905	+57.1 5611677
Hotel La Fontana	Avenida Cl. 127 No. 15a-10	+57.1 6154400	+57.1 2740888
Hotel Radisson Royal Bogotá	Calle 113 No. 7-65	+57.1 6578700	+57.1 6295550
		+57.1 6578720	
		+57.1 6578751	

<sup>4</sup> ASOCIACIÓN HOTELERA COLOMBIANA (COTELCO), Boletín de indicadores Hoteleros. Marzo de 2010. Número 101

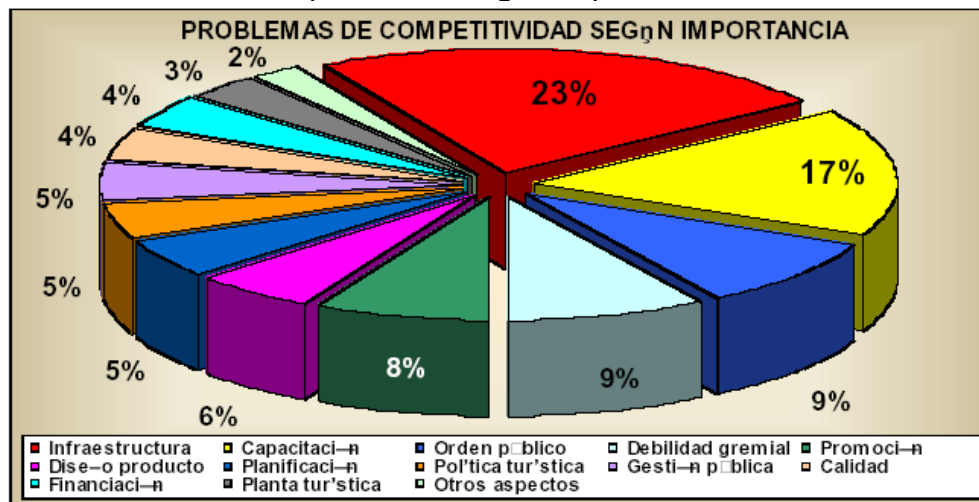
Bogotá Plaza Summit Hotel	Calle 100 # 18a-30	+57.1 6322200	+57.1 6322237
Hotel Cosmos 100	Avenida. 100 No. 21a-41	+57.1 6464000	+57.1 6354935
			+57.1 2571035
Hotel Capital	Calle 25b No. 69a-50	+57.1 4233000	+57.1 4124924
			+57.1 4233003

Fuente: El Autor.

La norma NTSH 006 del 2009 (Primera actualización): “clasificación de establecimientos de alojamiento y hospedaje. Categorización por estrellas de hoteles. Requisitos” del ICONTEC, hace parte del plan estratégico trazado por el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo y la Asociación Hotelera Colombiana, para estandarizar la infraestructura, los procesos administrativos y las condiciones para el cobro de las tarifas dependiendo de la ubicación geográfica.

Parte del plan estratégico del sector del 2002 al 2006 consistía en establecer cuales eran los factores que generaban problemas de competitividad de la infraestructura hotelera colombiana a comparación de otros destinos internacionales, para esto el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo determino que la infraestructura física es uno de los puntos más relevantes para la categorización de los hoteles en Colombia, sin embargo se evidencia la poca aplicabilidad de programas destinados a conservar esta infraestructura disponible en función del tiempo.

Figura 2. Problemas de competitividad según importancia



Fuente: Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, Plan sectorial 2002-2006, Bogotá, 2002, p. 5

La norma NTSH 006 del 2009 (Primera actualización) establece que en el caso de los hoteles categorizados cinco estrellas debe tener como requisitos de planta mínimos para poder ser publicitados como 5 estrellas y así garantizar a los huéspedes el servicio, estos requisitos son:

- a) iluminación de emergencia en todas las áreas públicas y/o de circulación.
- b) señalización arquitectónica.
- c) señalización de seguridad (preventiva, informativa y de emergencia) conforme al plan de Emergencia.
- d) un sistema de emergencia que garantice la prestación del servicio de energía en todas las áreas del hotel.
- e) tomas eléctricas en todas las áreas, y
- f) cubierta para lluvia en la entrada principal.<sup>5</sup>

Esta monografía se centrará en un plan de mantenimiento preventivo para el sistema de emergencia eléctrico en todas las áreas del hotel, en especial en los grupos electrógeno responsables de la generación de voltaje utilizando combustible fuel oil Diesel.

## 1.2 ANTECEDENTES DEL PROYECTO:

El sector hotelero en Bogotá D.C. cuenta con un conjunto de máquinas generadoras de energía eléctrica para garantizar la prestación de servicio a los clientes cuando existen interrupciones del fluido eléctrico, sin embargo estos equipo por su baja utilización tienen un alto promedio de fallas al ser equipos en espera y cuentan con un programa de mantenimiento preventivo-correctivo.

Los equipos de emergencia eléctrica garantizan la comodidad y la calidad del servicio, por tal motivo se hace necesario el diseño de un programa de mantenimiento predictivo para mantener en condiciones óptimas y estándar dichos equipos.

El programa de mantenimiento se contempla bajo la metodología del sistema de gestión de la calidad, donde se implementa la cultura de mejoramiento continuo con el propósito de superar las expectativas del cliente y lograr su satisfacción.

La gestión de mantenimiento se relaciona directamente con la Ingeniería Mecánica, porque en ésta fundamenta por medio de las áreas tecnológicas y administrativas, para el diseño e implementación de estrategias que lleven a la conservación de maquinaria.

---

<sup>5</sup> INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS. Norma Técnica sectorial Colombiana NTSH 006, Clasificación de establecimientos de alojamiento y hospedaje. Categorización por estrellas de hoteles. Requisitos, Bogotá: ICONTEC. 2009. 12 p.

En la actualidad los hoteles en Bogotá poseen una experiencia de mantenimiento de tipo preventivo-correctivo, pero a pesar del alto costo de éste tipo de mantenimiento, no garantiza el servicio, por lo tanto es necesario el diseño de un plan de mantenimiento predictivo que siga la metodología del sistema de gestión de la calidad.

Las consecuencias de mantener el mantenimiento correctivo se ve reflejado en la falla de los equipos, mala confiabilidad del servicio, deterioro de los recursos de la empresa, consumo desmedido de repuestos.

### 1.3 ANTECEDENTES TEÓRICOS

1.3.1 Tipos de Mantenimiento. El mantenimiento es asegurar que todo activo continúe desempeñando las funciones deseadas.

El objetivo de Mantenimiento es asegurar la competitividad de la organización por medio de:

- Garantizar la disponibilidad y confiabilidad planeadas de la función deseada,
- Satisfacer todos los requisitos del sistema de calidad de la empresa,
- Cumplir todas las normas de seguridad y medio ambiente, y
- Maximizar el beneficio global.

La confiabilidad es la probabilidad de estar funcionando sin fallas durante un determinado tiempo en unas condiciones de operación dadas.

La mantenibilidad es la probabilidad de poder ejecutar una determinada operación de mantenimiento en el tiempo de reparación prefijado y bajo las condiciones planeadas.

La soportabilidad es la probabilidad de poder atender una determinada solicitud de mantenimiento en el tiempo de espera prefijado y bajo las condiciones planeadas.<sup>6</sup>

1.3.2 Definición del mantenimiento predictivo. Mantenimiento basado fundamentalmente en detectar una falla antes de que suceda, para dar tiempo a corregirla sin perjuicios al servicio, ni detención de la producción, etc. Estos

---

<sup>6</sup> BOTERO BOTERO, Ernesto, Notas de clase de Mantenimiento Preventivo, Post Grado en Gerencia de Mantenimiento. Universidad Industrial de Santander. Escuela de Ingeniería Mecánica: Bucaramanga. 2009. 25 p.

controles pueden llevarse a cabo de forma periódica o continua, en función de tipos de equipo, sistema productivo.<sup>7</sup>

Mantenimiento Predictivo o Basado en la Condición, consiste en inspeccionar los equipos a intervalos regulares y tomar acción para prevenir las fallas o evitar las consecuencias de las mismas según condición.

Incluye tanto las inspecciones objetivas (con instrumentos) y subjetivas (con los sentidos), como la reparación del defecto (falla potencial)

Mantenimiento Preventivo o Basado en el Tiempo, consiste en reacondicionar o sustituir a intervalos regulares un equipo o sus componentes, independientemente de su estado en ese momento.

Se usan para ello instrumentos de diagnóstico, aparatos y pruebas no destructivas, como análisis de lubricantes, comprobaciones de temperatura de equipos eléctricos, etc.

Ventajas del Mantenimiento Predictivo:

- Reduce los tiempos de parada.
- Permite seguir la evolución de un defecto en el tiempo.
- Optimiza la gestión del personal de mantenimiento.
- La verificación del estado de la maquinaria, tanto realizada de forma periódica como de forma accidental, permite confeccionar un archivo histórico del comportamiento mecánico.
- Conocer con exactitud el tiempo límite de actuación que no implique el desarrollo de un fallo imprevisto.
- Toma de decisiones sobre la parada de una línea de máquinas en momentos críticos.
- Confección de formas internas de funcionamiento o compra de nuevos equipos.
- Permitir el conocimiento del historial de actuaciones, para ser utilizada por el mantenimiento correctivo.
- Facilita el análisis de las averías.
- Permite el análisis estadístico del sistema.

1.3.3 Organización para el mantenimiento predictivo. El uso del mantenimiento predictivo consiste en establecer, en primer lugar, una perspectiva histórica de la relación entre la variable seleccionada y la vida del componente. Esto se logra mediante la toma de lecturas (por ejemplo la vibración de un cojinete) en intervalos periódicos hasta que el componente falle.

---

<sup>7</sup> Mantenimiento predictivo. Recuperado el día 14 de enero de 2010, de [http://www.solomantenimiento.com/m\\_predictivo.htm](http://www.solomantenimiento.com/m_predictivo.htm)

Los fabricantes de instrumentos y software para el mantenimiento predictivo pueden recomendar rangos y valores para reemplazar los componentes de la mayoría de los equipos, esto hace que el análisis histórico sea innecesario en la mayoría de las aplicaciones.

1.3.4 Metodología de las inspecciones. Una vez determinada la factibilidad y conveniencia de realizar un mantenimiento predictivo a una máquina o unidad, el paso siguiente es determinar la o las variables físicas a controlar que sean indicativas de la condición de la máquina.

La finalidad del monitoreo es obtener una indicación de la condición (mecánica) o estado de salud de la máquina, de manera que pueda ser operada y mantenida con seguridad y economía.

Por monitoreo, se entendió en sus inicios, como la medición de una variable física que se considera representativa de la condición de la máquina y su comparación con valores que indican si la máquina está en buen estado o deteriorada. Con la actual automatización de estas técnicas, se ha extendido la acepción de la palabra monitoreo también a la adquisición, procesamiento y almacenamiento de datos. De acuerdo a los objetivos que se pretende alcanzar con el monitoreo de la condición de una máquina debe distinguirse entre vigilancia, protección, diagnóstico y pronóstico.

- Vigilancia de máquinas. Su objetivo es indicar cuándo existe un problema. Debe distinguir entre condición buena y mala, y si es mala indicar cuán mala es.
- Protección de máquinas. Su objetivo es evitar fallas catastróficas. Una máquina está protegida, si cuando los valores que indican su condición llegan a valores considerados peligrosos, la máquina se detiene automáticamente.
- Diagnóstico de fallas. Su objetivo es definir cuál es el problema específico. Pronóstico de vida la esperanza a. Su objetivo es estimar cuánto tiempo más Podría funcionar la máquina sin riesgo de una falla catastrófica.

1.3.5 Técnicas aplicadas al mantenimiento predictivo. Existen varias técnicas aplicadas para el mantenimiento preventivo entre las cuales tenemos las siguientes:

1.3.5.1 Análisis de vibraciones. El interés de de las Vibraciones Mecánicas llega al Mantenimiento Industrial de la mano del Mantenimiento Preventivo y Predictivo, con el interés de alerta que significa un elemento vibrante en una Maquina, y la necesaria prevención de las fallas que traen las vibraciones a medio plazo.

Transformada Tiempo-Frecuencia: El interés principal para el mantenimiento deberá ser la identificación de las amplitudes predominantes de las vibraciones detectadas en el elemento o máquina, la determinación de las causas de la vibración, y la corrección del problema que ellas representan. Las consecuencias de las vibraciones mecánicas son el aumento de los esfuerzos y las tensiones, pérdidas de energía, desgaste de materiales, y las más temidas: daños por fatiga de los materiales, además de ruidos molestos en el ambiente laboral, etc.

Parámetros de las vibraciones:

*Frecuencia:* Es el tiempo necesario para completar un ciclo vibratorio. En los estudios de Vibración se usan los CPM (ciclos por segundo) o HZ (hercios).

*Desplazamiento:* Es la distancia total que describe el elemento vibrante, desde un extremo al otro de su movimiento.

*Velocidad y Aceleración:* Como valor relacional de los anteriores.

*Dirección:* Las vibraciones pueden producirse en 3 direcciones lineales y 3 rotacionales

Tipos de vibraciones:

*Vibración libre:* causada por un sistema vibra debido a una excitación instantánea.

*Vibración forzada:* causada por un sistema vibra debida a una excitación constante las causas de las vibraciones mecánicas

A continuación detallamos las razones más habituales por las que una máquina o elemento de la misma puede llegar a vibrar.

Vibración debida al Desequilibrado (maquinaria rotativa).

Vibración debida a la Falta de Alineamiento (maquinaria rotativa)

Vibración debida a la Excentricidad (maquinaria rotativa).

Vibración debida a la Falla de Rodamientos y cojinetes.

Vibración debida a problemas de engranajes y correas de Transmisión (holguras, falta de lubricación, roces, etc.)

1.3.5.2 Análisis de lubricantes. Análisis Iniciales: se realizan a productos de aquellos equipos que presenten dudas provenientes de los resultados del Estudio de Lubricación y permiten correcciones en la selección del producto, motivadas a cambios en condiciones de operación.

Análisis Rutinarios: aplican para equipos considerados como críticos o de gran capacidad, en los cuales se define una frecuencia de muestreo, siendo el objetivo principal de los análisis la determinación del estado del aceite, nivel de desgaste y contaminación entre otros

Análisis de Emergencia: se efectúan para detectar cualquier anomalía en el equipo y/o Lubricante, según:

Contaminación con agua  
Sólidos (filtros y sellos defectuosos).  
Uso de un producto inadecuado

Para qué se hace un análisis de aceites

- Máxima reducción de los costos operativos.
- Máxima vida útil de los componentes con mínimo desgaste.
- Máximo aprovechamiento del lubricante utilizado.
- Mínima generación de efluentes.

Qué se establece en un análisis de aceites

Elementos de desgaste: Hierro, Cromo, Molibdeno, Aluminio, Cobre, Estaño, Plomo.

Conteo de partículas: Determinación de la limpieza, ferrografía.

Contaminantes: Silicio, Sodio, Agua, Combustible, Hollín, Oxidación, Nitración, Sulfatos, Nitratos.

Aditivos y condiciones del lubricante: Magnesio, Calcio, Zinc, Fósforo, Boro, Azufre, Viscosidad.

Gráficos e historial: Para la evaluación de las tendencias a lo largo del tiempo.

1.3.5.3 Análisis por ultrasonido. Este método estudia las ondas de sonido de baja frecuencia producidas por los equipos que no son perceptibles por el oído humano.

El ultrasonido pasivo es producido por mecanismos rotantes, fugas de fluido, pérdidas de vacío, y arcos eléctricos. Pudiéndose detectarlo mediante la tecnología apropiada.

El Ultrasonido permite:

- Detección de fricción en maquinas rotativas.
- Detección de fallas y/o fugas en válvulas.
- Detección de fugas de fluidos.
- Pérdidas de vacío.
- Detección de "arco eléctrico".
- Verificación de la integridad de juntas de recintos estancos.

El sonido cuya frecuencia está por encima del rango de captación del oído humano (20-a-20.000 Hertz) se considera ultrasonido. Casi todas las fricciones mecánicas, arcos eléctricos y fugas de presión o vacío producen ultrasonido en un rango aproximado a los 40 Khz Frecuencia con características muy aprovechables

en el Mantenimiento Predictivo, puesto que las ondas sonoras son de corta longitud atenuándose rápidamente sin producir rebotes. Por esta razón, el ruido ambiental por más intenso que sea, no interfiere en la detección del ultrasonido. Además, la alta direccionalidad del ultrasonido en 40 Khz. permite con rapidez y precisión la ubicación de la falla.

La aplicación del análisis por ultrasonido se hace indispensable especialmente en la detección de fallas existentes en equipos rotantes que giran a velocidades inferiores a las 300 RPM, donde la técnica de medición de vibraciones se transforma en un procedimiento ineficiente.

De modo que la medición de ultrasonido es en ocasiones complementaria con la medición de vibraciones, que se utiliza eficientemente sobre equipos rotantes que giran a velocidades superiores a las 300 RPM.

1.3.5.4 Termografía. La Termografía Infrarroja es una técnica que permite, a distancia y sin ningún contacto, medir y visualizar temperaturas de superficie con precisión.

Los ojos humanos no son sensibles a la radiación infrarroja emitida por un objeto, pero las cámaras termográficas, o de termovisión, son capaces de medir la energía con sensores infrarrojos, capacitados para "ver" en estas longitudes de onda. Esto nos permite medir la energía radiante emitida por objetos y, por consiguiente, determinar la temperatura de la superficie a distancia, en tiempo real y sin contacto.

La gran mayoría de los problemas y averías en el entorno industrial - ya sea de tipo mecánico, eléctrico y de fabricación - están precedidos por cambios de temperatura que pueden ser detectados mediante la monitorización de temperatura con sistema de termovisión por Infrarrojos. Con la implementación de programas de inspecciones termográficas en instalaciones, maquinaria, cuadros eléctricos, etc. es posible minimizar el riesgo de una falla de equipos y sus consecuencias, a la vez que también ofrece una herramienta para el control de calidad de las reparaciones efectuadas.

El análisis mediante Cámaras Termográficas Infrarrojas, está recomendado para:

- Instalaciones y líneas eléctricas de Alta y Baja Tensión.
- Cuadros, conexiones, bornes, transformadores, fusibles y empalmes eléctricos.
- Motores eléctricos, generadores, bobinados, etc.
- Reductores, frenos, rodamientos, acoplamientos y embragues mecánicos.
- Hornos, calderas e intercambiadores de calor.
- Instalaciones de climatización.
- Líneas de producción, corte, prensado, forja, tratamientos térmicos.

Las ventajas que ofrece el Mantenimiento Preventivo por Termovisión son:

- Método de análisis sin detención de procesos productivos, ahorra gastos.
- Determinación exacta de puntos deficientes en una línea de proceso.
- Reduce el tiempo de reparación por la localización precisa de la Falla.
- Facilita informes muy precisos al personal de mantenimiento.
- Ayuda al seguimiento de las reparaciones previas.
- Análisis por árbol de fallas.

1.3.6 Mantenimiento predictivo de Motores Diesel. El diagnóstico técnico de motores Diesel ha evolucionado enormemente en los últimos años. Existen diversos métodos, entre ellos, el basado en el análisis de laboratorio del aceite lubricante que se emplea con rigurosidad científica para saber qué es lo que está ocurriendo en el interior del motor. Sus principales ventajas son:

- Constituye una herramienta del mantenimiento predictivo
- Evita paralizaciones no programadas
- Ayuda a prevenir fallas
- Incrementa la vida útil del motor Diesel
- Reduce los costos de inventario
- Mejora la disponibilidad de los motores y
- Contribuye con el control de emisiones de los gases de escape evacuados hacia el medio ambiente, disminuyendo la contaminación del aire.

Figura 3. Técnicas de mantenimiento de motores



Fuente: Natacha Hernández

Este método consiste en una serie de pruebas de laboratorio que permiten evaluar las características físico-químicas de los aceites lubricantes y determinar indirectamente el estado técnico de los componentes del motor.

Al observar los resultados del análisis de aceite, es posible elaborar el diagnóstico sobre el estado del motor; empleando la relación "causa-efecto" existente entre las propiedades físico-químicas y las concentraciones de metales en el aceite lubricante, obtenidas en el análisis de laboratorio, con las condiciones del estado técnico de los componentes del motor Diesel.

La toma de datos del motor Diesel en operación y el posterior análisis de laboratorio, permite observar la condición del aceite lubricante a intervalos sucesivos durante un tiempo relativamente largo; ello puede ser ventajoso para determinar un intervalo práctico de cambio de aceite, planificar el relleno del aceite e identificar los contaminantes. La identificación de estos contaminantes generalmente puede y debería ocasionar una acción correctiva para eliminar sus causas y de este modo extender la vida útil del motor.

Figura 4. Análisis de aceites en Motores diesel



Fuente: Natacha Hernández

En el caso del mantenimiento su organización e información debe estar encaminada a la permanente consecución de los siguientes objetivos:

- a. Optimización de la disponibilidad del equipo productivo.
- b. Disminución de los costos de mantenimiento.
- c. Optimización de los recursos humanos.
- d. Maximización de la vida de los equipos<sup>8</sup>

El mantenimiento predictivo de motores diesel se establece en los siguientes sistemas:

1.3.6.1 Inyección diesel. Uno de los ejemplos más avanzados para plantas en el sistema de Inyección patentado por DETROIT DIESEL conocido como DDEC<sup>9</sup>,

---

<sup>8</sup> HERNÁNDEZ, Natacha, Importancia del mantenimiento en los motores diesel, Madrid: Editores PUERTO ORDAZ, 2005. 1 p.

establece un sistema de control de inyección de motores industriales estacionarios.

El DDEC es un sistema de control e inyección de combustible electrónico de avanzada tecnología. El DDEC III ofrece una avanzada y significativa operación por sobre los mecanismos tradicionales de inyección en los motores diesel. El sistema optimiza el control del motor y sus funciones en situaciones críticas, las cuales afectan a la economía de consumo, humo y emisiones contaminantes. El sistema DDEC III proporciona la capacidad de proteger el motor de severos daños que pudieran resultar debido a condiciones tales como: altas temperaturas en el motor o baja presión de aceite.

El principal sub-sistema del ECM incluye:

- El Modulo de Control Electrónico (ECM), que en inglés significa Electronic Control Module.
- La Unidad de Inyectores Electrónica (EUI), que en inglés significa Electronic Unit Injector.
- Los sensores del motor.

La ECM recibe impulsos electrónicos provenientes de los sensores que están en el motor y además en el vehículo, y utiliza esta información para controlar el funcionamiento del motor, ésta computa el tiempo de inyección y la cantidad de combustible inyectado basándose en información predeterminada y tablas de calibración contenidas en su memoria (EEPROM).

La EEPROM (Electronically Erasable Programable Read Only Memory), que en español significa “Memoria Solamente de Lectura Programable y Borrable Electrónicamente”, controla las funciones básicas del motor, pudiendo estas ser modificadas con el escáner.

El combustible es llevado a los cilindros por la Unidad de Inyectores Electrónica (EUI), los cuales son comandados por el eje de levas (mediante un balancín) para proveerle un ingreso mecánico de combustible para la posterior presurización de éste. La ECM controla la operación de las válvulas solenoides que están en cada una de las unidades EUI para proveer una entrega precisa de combustible (32.000 PSI).

El Lector de Datos de Diagnostico (DDR), en inglés significa Diagnostic Data Reader, que es un equipo portátil, solicita y recibe datos del motor y de los códigos de diagnostico. Este equipo consta de variadas capacidades únicas, incluyendo “corte en el cilindro”, parámetros variados tales como velocidad del motor (o el

---

<sup>9</sup> DETROIT DIESEL, Manual de taller de controles electrónicos del motor Detroit. Explica los dispositivos de control como el optimizador de marcha. Escrito en español. Chicago: 2009. 25 p.

tiempo de inyección), salida hacia una impresora y datos de fallas de acceso rápido. El DDR también proporciona una capacidad de programación limitada.

El DDEC III provee tres diferentes tipos estándar de escáners: El SAE J1587, J1922 y el J1939; el primero proporciona dos vías de comunicación para el equipo de diagnóstico y el despliegue de datos del vehículo. El segundo y el tercero proporcionan control sobre los datos hacia otros sistemas del vehículo como la transmisión y/o al dispositivo de control de tracción.

Este sistema de inyección puede funcionar mediante dos voltajes distintos (12v ó 24v) dependiendo de los requerimientos o necesidades de cada país o las necesidades de trabajo del motor, también incluyendo a los fusibles y/o relés, como además también posee un sensor de voltaje de ignición (12v ó 24v) que controla un interruptor que permite el cambio de 12v a 24v o viceversa.

1.3.6.2 Motores industriales. Los motores que están dotados con control electrónico DETROIT DIESEL (DDEC) pueden equiparse con una variedad de opciones diseñadas para advertirle al operador algún mal funcionamiento del motor. Las opciones pueden ser luces en el tablero para indicar que se verifique el motor (CHECK ENGINE) y la de apagar el motor (STOP ENGINE) hasta una reducción automática de la potencia del motor seguida por un corte automático del mismo. La opción de reducir la potencia para apagar el motor o de interrumpir la propulsión puede ser activada por el bajo nivel de refrigerante, baja presión del aceite, alta temperatura del aceite, alta temperatura del refrigerante, baja presión del refrigerante, alta temperatura del 0 del refrigerante del intercooler o alta presión en el cárter de aceite del motor.

Se debe determinar la causa de la detención del motor antes de tratar de encender el motor nuevamente.

El motor dotado de DDEC, al estar equipado con un sistema de inyección de combustible controlado electrónicamente, no existe cremallera de inyector ni articulaciones mecánicas que ajustar. El sistema no solo contribuye a mejorar la economía de combustible y rendimiento del motor, sino también puede ayudar a reducir el tiempo de arranque en frío y aumenta la velocidad inicial de marcha en vacío para un calentamiento rápido del motor y una casi total eliminación de humo en las partidas frías.

El motor con DDEC no tiene gobernador mecánico, porque la potencia, par motor, marcha en vacío y velocidad del motor están contenidos en su electrónica interna. Por lo tanto no hay ajustes de resortes de gobernador mecánico que realizar para controlar las velocidades de marcha en vacío y alta.

No hay necesidad de un retardador de la aceleración debido a que el control de las emisiones se lleva a cabo mediante la ECM, además el sistema cuenta con un

pedal electrónico de aceleración, con el cual se elimina la necesidad de articulaciones del acelerador.

Los motores dotados con DDEC pueden ejecutar diagnósticos para auto-verificaciones y monitorear continuamente otros componentes del sistema. Como ya sabemos el DDEC monitorea la temperatura del refrigerante, la presión del refrigerante, presión del cárter del motor, presión del combustible, temperatura del combustible y los sensores remotos (ubicados en el vehículo).

Este sistema de diagnóstico está conectado a las luces de verificación del motor "CHECK ENGINE" y de apagar el motor "STOP ENGINE", para proporcionar una advertencia visual de cualquier mal funcionamiento de un sistema.

El motor dotado con DDEC está equipado con un sistema de protección de 30 segundos del motor que cuenta con una secuencia de disminución graduada en la potencia o en una reducción inmediata de la velocidad sin detención del motor. Ambos sistemas pueden ser programados con o sin detención completa en caso de que ocurra un mal funcionamiento serio del motor, tales como alta ó baja presión de aceite, alta temperatura del aceite, alta temperatura del refrigerante, alta ó baja presión del refrigerante ó bajo nivel del refrigerante.

Este motor también está dotado con un sistema que permite un periodo de enfriamiento del turbo alimentador para evitar su posterior daño, el cual consiste en conservar en marcha el vehículo por un tiempo variable programable el cual puede ser de 3 a 100 min.

Corriente eléctrica requerida por el sistema debido a que el sistema DDEC es electrónico, se requiere de una batería para operar el computador.

En caso de que haya un mal funcionamiento en el suministro de energía, el sistema seguirá operando a un voltaje reducido, en este momento el ECM detectará un mal funcionamiento, si esto ocurre se encenderá la luz de verificar el motor "CHECK ENGINE", no se debería notar ningún cambio en el rendimiento del motor hasta que el voltaje de la batería caiga hasta unos 9 V. En este punto, el ECM pasará a control auxiliar "Back Up Control". Se deberá notar entonces un cambio en el funcionamiento del motor y ciertas opciones del DDEC dejarán de funcionar.

El motor funcionará solamente a bajas RPM. Se podrá operar el vehículo a voltaje reducido hasta que el voltaje de la batería haya alcanzado unos 6 V., en este momento el sistema no seguirá funcionando y el motor se apagará.

Aunque se pueda seguir operando el vehículo al encenderse la luz CHECK ENGINE, el computador ha detectado un mal funcionamiento serio del motor que requiere atención inmediata. Es responsabilidad del operador acercarse a un costado del camino con el vehículo tan pronto como sea posible y apagar el motor

para evitar daños severos, los códigos de fallas respectivos serán almacenados en la memoria de la ECM.

1.3.6.3 Protecciones del motor. Un mal funcionamiento indicado por la luz de apagar el motor STOP ENGINE se registra en la ECM. Con la opción de apague de 30 segundos, el motor comenzará una secuencia de disminución graduada de la potencia escalonada de 30 segundos, hasta que el motor se apague completamente si así estuviese programado.

Para permitir que la función de apague automático del motor STOP ENGINE no se active mientras el vehículo esté en operación en una situación crítica, se ha previsto una cancelación.

Ante esta situación el operador puede elegir “cancelar” la secuencia de apague automático del motor oprimiendo el interruptor de cancelación de apague del motor “STOP ENGINE OVERRIDE” ubicado en el tablero de instrumentos, hasta que se pueda hacer un apague seguro. El operador solo tiene que oprimir el interruptor de cancelación cada 15 a 20 segundos para evitar que ocurra un apague del motor.

Un elemento importante de recordar es que toma 30 segundos desde el momento que empieza la secuencia de apague automático hasta que el motor se apaga. Por lo tanto el operador debe oprimir el interruptor de cancelación justamente antes de que se apague el motor y puede continuar haciéndolo hasta que el vehículo pueda detenerse con seguridad.

1.3.6.4 Opción de reducción inmediata de velocidad. Esta opción devolverá las RPM del motor a una velocidad predeterminada, y el motor se apagará o no, dependiendo de cómo esté programado.

El motor no debe volver a arrancarse después de que haya sido apagado por el sistema de protección del motor, a menos que se haya encontrado y corregido el problema.

Las condiciones que podrían causar que se encienda la luz de apague del motor serían:

- Bajo nivel del refrigerante
- Alta temperatura del refrigerante
- Baja presión del refrigerante
- Alta temperatura del aceite
- Baja presión del aceite
- Alta presión en el cárter del motor
- Apague auxiliar (opcional)

Es importante señalar que cuando se encienda la luz de verificar el motor CHECK ENGINE o la de apagar el motor STOP ENGINE, el computador del DDEC determinará donde está el problema y guardará esta información en su memoria. Si el mal funcionamiento es intermitente, las luces se encenderán y se apagarán según el computador capte los cambios de la condición del motor.

Se deberá proceder a hacer un diagnóstico del motor con el escáner para extraer la información relacionada con la causa del problema.

Una vez que se ha corregido el problema, el sistema DDEC devolverá el motor a funcionamiento normal.

El código de falla registrado en la memoria del computador permanecerá en él hasta que la borre un técnico con el lector de información de diagnóstico.

El operador también puede obtener el código de falla en el funcionamiento. En el tablero de instrumentos hay un interruptor de verificación del motor CHECK ENGINE, el cual, al oprimirlo dará lugar a que se encienda la luz de verificación del motor CHECK ENGINE la cual indicará el número del código. Por ejemplo, se encenderá dos veces, hará una pausa y se encenderá cinco veces, hará una pausa. En otras palabras, un código 25.

El código 25 indica que todos los sistemas están correctos.

Los códigos seguirán destellando y repitiéndose mientras se mantenga el interruptor de verificación del motor en la posición conectada "ON" con la llave del encendido conectada.

Análisis de fallas

Los motores de 16 y 20 cilindros operan con 2 unidades ECM, una montada en cada block del motor (el motor en 16 y 20 cilindros está compuesto por 2 blocks apertados entre sí y cada uno de ellos aloja 8 ó 10 cilindros en V).

Uno de los ECM es llamado el ECM MAESTRO, mientras que el otro es el ECM SECUNDARIO. El ECM maestro es el controlador primario del motor, el cual recibe el ingreso de datos provenientes de variados sensores; entonces determina el tiempo apropiado de inyección y comunica esta información a los 8 ó 10 inyectores que él controla (los inyectores restantes son controlados por la otra unidad ECM).

El ECM maestro envía esta información al ECM secundario, para que este último instruya a su grupo de inyectores para operar de esta misma manera. El ECM maestro está encargado de todas las funciones del motor, mientras esté comunicado apropiadamente con el ECM secundario. Sin embargo, en caso de que la comunicación entre las dos unidades de control falle, o simplemente una de

los dos dejes de funcionar por cualquier motivo, tienen la capacidad de operar independientemente.

1.3.6.5 Unidad de inyectores electrónicos. La Unidad de Inyectores Electrónicos (EUI) al ser usada con el sistema DDEC opera bajo el mismo principio básico de los inyectores que han sido usados por los motores DETROIT DIESEL por más de 50 años.

En un inyector electrónico una válvula solenoide de movimiento vertical determina el tiempo de inyección y las funciones de medición.

Cuando la válvula solenoide está cerrada, la presurización y la inyección de combustible se inician. Al abrir la válvula solenoide disipa la presión de inyección, finalizando la inyección.

La duración del cierre de la válvula determina la cantidad de combustible inyectado.

1.3.6.6 Sensores del motor DDEC. Un diverso número de distintos sensores son usados con el sistema DDEC. El propósito de estos sensores es otorgar información a la ECM considerando variadas características de desempeño del motor.

La información enviada a la ECM es usada para regular el motor instantáneamente y también monitorear el desempeño de la máquina, entregando información de diagnóstico y activando el sistema de protección del motor.

Los Principales Sensores son:

- Sensor de Sincronización de Referencia (SRS) y el Sensor de Referencia de Tiempo de Inyección (TRS). Estos sensores son los encargados de controlar el tiempo de inyección del motor. El sensor TRS provee una señal “una por cilindro” y el sensor SRS envía una señal “una por revolución”, trabajando en conjunto, ambos sensores le comunican al ECM cual cilindro está en el punto muerto superior para el encendido; el SRS posee un disco con un solo diente, que le indica a la ECM la posición inicial del cigüeñal (es un magneto permanente que emite un pulso de fuerza electromotriz) y el TRS posee un disco con 36 dientes, cuya función principal es determinar cuando el motor está con carga o sin ella, mediante la variación de velocidad tangencial del disco; además le indica a la ECM las RPM, una señal que envía cada 10° de giro del cigüeñal. Este posicionamiento del cilindro se debe tener en cuenta para una óptima combustión, lo cual se traduce en una gran economía de combustible y menores emisiones por un quemado más limpio.

- Sensor de Posición del Acelerador (TPS). Este sensor es parte del acelerador de pedal del conductor que reemplaza la cabina mecánica a la unión del acelerador del motor. Este sensor convierte el movimiento que realiza el operador en el acelerador en una señal para la ECM, mediante un potenciómetro, esta señal se desglosa de un potenciómetro de 1023 “counts” (fases distintas). Este sensor ofrece las ventajas de una auto-calibración, no requiere lubricación y la eliminación de problemas de uniones no deseadas por congelación de sus componentes.
- Gobernador de Velocidad Limitada (LSG). Controla las mínimas revoluciones en vacío y las máximas revoluciones en vacío
- Sensor de Presión del Turbo (TBS). Monitorea la presión de descarga del compresor del turbo cargador (24-28 PSI). Este sensor entrega datos a la ECM para el control de emisiones de gases contaminantes durante la aceleración del motor. Adicionalmente este sensor puede ayudar a solucionar problemas de alimentación de aire, en el caso de que éste faltara, ya sea por que se esté utilizando el motor en altura o por que pudiera estar sucio el filtro de aire.
- Sensor de Temperatura del Combustible (FTS). Este sensor proporciona una señal a la ECM para optimizar el consumo de combustible. La ECM utiliza la señal de temperatura del combustible para ajustar los cálculos de la proporción del consumo de combustible por cambios en la densidad del combustible en función de la temperatura. El consumo de combustible y la temperatura son datos que pueden ser desplegados junto con otras lecturas del motor, las cuales las entrega el escáner.
- Sensor de Presión del Combustible (FPS). Este sensor monitorea la presión de combustible y se lo comunica al operador reduciendo la potencia del motor debido a filtros de combustible sucios.
- Sensor del Nivel del Refrigerante (CLS). La disminución de la potencia principal y el posterior apagado del motor será gatillado si este sensor detecta un bajo nivel de refrigerante, es uno de los más precisos y capta suciedad en éste.
- Sensor de Presión del Cárter del Cigüeñal. Este sensor monitorea la presión del cigüeñal del motor y activará la reducción de potencia o el corte principal si considera que las condiciones de trabajo pueden resultar en una falla catastrófica para el motor (sobre 149 PSI).
- Sensor de Temperatura del Aceite (OTS). Este sensor optimiza la marcha en vacío y el tiempo de inyección para mejorar la estabilidad de la partida en frío. Estos ajustes también eliminan el humo blanco en la partida. Este sensor también puede activar el sistema de protección del motor si es detectada una alta presión de aceite (sobre 130 PSI).
- Sensor de Presión del Aceite (OPS). Este sensor activará el sistema de protección del motor si la presión de aceite cae bajo las especificaciones dadas de carga y velocidad.

- Sensor de Presión del Refrigerante (C1PS). Este sensor activará el sistema de protección del motor si la presión del refrigerante cae o aumenta bajo o sobre las especificaciones dadas de carga y velocidad.
- Sensor de Presión del Intercooler (C2PS). Este sensor activará el sistema de protección del motor si la presión del Intercooler cae o aumenta bajo o sobre las especificaciones dadas de carga y velocidad pre-programadas en la ECM (el aire entra a 96°-110° y sale 36°-46°, que es la temperatura de ingreso a los cilindros).
- Sensor de Temperatura del Intercooler (C2TS). Este sensor activará el sistema de protección del motor si la temperatura del Intercooler aumenta sobre las especificaciones programadas en la ECM.
- Sensor de Temperatura del Refrigerante (C1TS). Este sensor activará el sistema de protección del motor si la temperatura del refrigerante cae o aumenta bajo o sobre las especificaciones programadas en la ECM.
- Sensor de Temperatura del Aire (ATS). Este sensor detectará la temperatura del aire que ingresa al múltiple de admisión y hará variar la cantidad de combustible inyectado según especificaciones programadas en la ECM.

El DDEC aumenta los períodos entre mantenimientos y la eficiencia en el servicio el sistema DDEC proporciona la capacidad de un rápido mantenimiento y una fácil solución de problemas. El sistema de memoria almacena y despliega códigos de salida que identifica bajo las condiciones de especificación. Los códigos de diagnóstico son almacenados, los cuales indican problemas pasados o intermitentes, usualmente problemas y situaciones de difícil diagnóstico visual. El sistema graba el momento y tiempo en que ocurrieron, la duración del problema y la frecuencia con que ocurrió.

Como los códigos son lógicos, una memoria continua se va desarrollando permitiendo al técnico del servicio corregir problemas antes de que se conviertan en severos. Esta memoria continua permite diseñar una historia y un archivo de mantenimiento para toda la maquinaria equipada con DDEC.

Los códigos de diagnóstico al tratar de obtenerlos por medio del escáner, pueden tomar hasta 5 horas en leerlos y localizarlos en cada uno de los inyectores. Durante esta lectura el sistema electrónico aísla cada cilindro para determinar cual es el que está causando el problema y permite al técnico tomarse el tiempo necesario para resolver esta dificultad. El lector de diagnóstico permite opciones de sistema, tales como inclinación de motor, reducción automática de potencia y corte de poder y una opción de clave secreta para ser programado sin cambiar el HARDWARE de sistema (el chip del sistema).

Las horas totales de funcionamiento del motor y el consumo de combustible a cualquier velocidad o carga también pueden ser obtenidas a través del lector de diagnóstico.

#### Sistema de seguridad

El DDEC proporciona 3 opciones de seguridad para asegurar que solamente personal autorizado pueda cambiar las opciones del sistema:

- **PALABRA CLAVE:** Esta permite que no cualquier persona tenga acceso y cambie las opciones seleccionadas en el DDEC con el lector de diagnóstico.
- **PALABRA CLAVE CAMBIABLE:** Solo aquellos individuos con acceso a la palabra clave pueden hacer cambios en el sistema utilizando el lector de diagnóstico y también cambiar la clave de ingreso.
- **BLOQUEO DEL SISTEMA:** Una palabra clave de la Compañía DETROIT DIESEL permite sólo a personal autorizado (representantes de la Compañía DETROIT DIESEL) hacer cambios en las opciones reservadas del sistema (diferencias de altura, densidad del aire, temperatura del aire y humedad ambiental). El DDEC además cuenta con un sistema de comunicación satelital vía modem, el cual permite, a la Compañía DETROIT DIESEL, modificar las opciones del sistema a larga distancia, obteniéndose información de entrada y salida (tanto en el motor, como en el lugar de donde se está solicitando la información).

1.3.6.7 Uso del escáner. El escáner (DDR) es un lector de diagnóstico del motor cuando se ilumina la luz de CHECK ENGINE o la de STOP ENGINE.

El DDR se conecta bajo el tablero de instrumentos con el enchufe de 12 “pins”. Se presiona la tecla FUNC y se selecciona el motor a verificar (serie 149 V16) y el lector mostrará los códigos de falla y se podrá imprimir el diagnóstico para así poder comparar los códigos con la tabla de fallas y proceder a su reparación.

Figura 5: Sistema de reconocimiento de fallas “escáner”



Fuente: Detroit Diesel

También se pueden extraer los códigos de diagnóstico mediante destellos de la luz CHECK ENGINE (como ya explicamos anteriormente) y así también se pueden comparar los códigos con la tabla de fallas y proceder a su reparación.

1.3.6.8 Revisión de sensores. Los sensores, al constatar mediante el DDR que pudieran eventualmente estar malos, se proceden a verificar sin necesidad de extraerlos del motor verificando sus voltajes (todos los sensores del sistema trabajan con corriente continua), resistencias variables múltiples, limpieza de éstos y continuidad del sistema mediante un probador que posee la compañía DETROIT DIESEL en sus concesionarios de servicio.

Hemos hallado un motor diesel de excelentes características técnicas, como por ejemplo, su inyección electrónica que a simple vista parece complicada, pero que en la práctica su funcionamiento resulta sencillo dependiendo de las altas exigencias que de él se requiera.

Sus características en trabajo y/o funcionamiento, en donde sus 16 o 20 cilindros en V y sus cuatro turboalimentadores le proporcionan la suficiente efectividad en la realización de las duras y exigidas tareas que a diario deben efectuar estos motores.

El mantenimiento es un poco más complejo, a pesar de que no posee demasiados sensores como otros motores de otros fabricantes, pero con la ayuda de su ECM y el DDR podemos conocer con mayor exactitud las fallas que pueden surgir durante su funcionamiento; cabe señalar la presencia de las luces de advertencia que también nos proporcionan un aviso de que alguna irregularidad se presenta en ese momento dentro de la máquina.

Admisión: El combustible almacenado en el depósito de combustible a baja presión es aspirado por una bomba de transferencia accionada eléctricamente y enviado a una segunda bomba, en este caso, de alta presión que inyecta el combustible a entre 1500 y 1600 bar al cilindro.

La bomba de transferencia puede ir montada en la propia bomba de alta presión, accionada por el mecanismo de distribución y sobre todo en el interior del depósito de combustible. El conducto común es una tubería o "rampa" de la que parte una ramificación de tuberías para cada inyector de cada cilindro.

La principal ventaja de este sistema es que nos permite controlar electrónicamente el suministro de combustible permitiéndonos así realizar hasta 5 pre-inyecciones antes de la inyección principal con lo que conseguimos preparar la mezcla para una óptima combustión. Esto genera un nivel sonoro mucho más bajo y un mejor rendimiento del motor.

La principal ventaja de este sistema es que se puede regular la presión en los inyectores en función de la carga, de una manera muy precisa, con que se obtiene una regulación del caudal óptima. Valores típicos de presión son 250 bares a ralentí, hasta 2000 bar a plena carga (no necesariamente a revoluciones máximas)

La óptima atomización del combustible por parte de los inyectores hidráulicos de mando electrónico, controlados por una centralita de inyección electrónica, y la alta presión a la que trabaja el sistema hacen que se aumente el par y por tanto la potencia en todo el rango de revoluciones, se reduzca el consumo de combustible y se disminuya la cantidad de emisiones contaminantes, en especial los óxidos de nitrógeno, el monóxido de carbono y los hidrocarburos sin quemar.

Al no haber un mecanismo mecánico que rijá cuándo se debe inyectar el combustible se puede elegir libremente cuándo inyectar, incluso realizar varias inyecciones en un mismo ciclo. Esto permite la preinyección que se produce justo antes de la principal, aumentando la presión y temperatura dentro del cilindro, lo que mejora la combustión y disminuye el ruido característico de los diesel.

Escape: La directiva europea 97/68/EC para motores instalados en máquinas móviles no de carretera exige un valor de 0,025 g/kWh para las emisiones de partículas de motores diesel. En la actualidad, la legislación suiza ya exige la instalación de un filtro en cada máquina para la construcción.

Los procesos de combustión de diesel en los motores generan unas partículas tan finas que los pulmones no son capaces de retenerlas y pasan directamente al flujo sanguíneo.

Se ha descubierto que algunos de los gases peligrosos contenidos en el escape Diesel (por ejemplo, óxidos de nitrógeno, benceno, bióxido de azufre y formaldehído) pueden producir el cáncer. Según la Organización Mundial de la Salud, estas partículas son cancerígenas.

El respirar los gases de escape Diesel es el método más común de exposición. Según respiramos, las pequeñas partículas y los gases tóxicos del Diesel nos pueden entrar a los pulmones. El estar expuesto a los gases de escape Diesel durante períodos de tiempo cortos puede ocasionar dolor de cabeza, náusea, presión en el pecho, resuello al respirar, tos e irritación de los ojos, la nariz y la garganta.

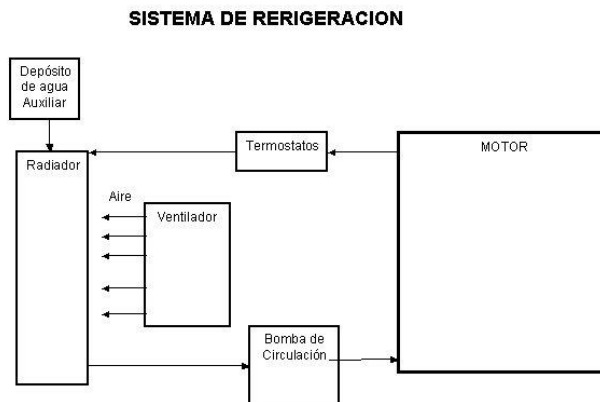
El estar expuesto a los gases de escape Diesel durante períodos de tiempo largos (generalmente años) puede aumentar la probabilidad de contraer cáncer. Los trabajadores que sufran de enfermedades del sistema respiratorio, tales como bronquitis, enfisema y/o asma, pueden sufrir efectos adversos si están expuestos a largo plazo o de forma crónica al escape Diesel.

Se pueden eliminar los gases de escape de la planta eléctrica usando ventilación local de extracción. La ventilación local de extracción, debe usar tanto ventiladores de suministro como de extracción para extraer los gases de escape de la planta eléctrica Diesel donde se producen.

1.3.6.9 Refrigeración del motor. Este sistema elimina el exceso de calor generado en el motor.

Su función es la de extraer el calor generado en el motor para mantenerlo con una temperatura de funcionamiento constante, ya que el motor por debajo o por encima de la temperatura de funcionamiento, tendría fallas pudiendo hasta no funcionar por completo.

Figura 6. Sistema de refrigeración de motor diesel



Fuente: Ouro Diesel

Consta de una bomba de circulación (hay sistemas que no la utilizan), un fluido refrigerante, por lo general agua o agua más producto químico para cambiar ciertas propiedades del agua pura, uno o más termostatos, un radiador o intercambiador de calor según el motor, un ventilador o u otro medio de circulación de aire y conductos rígidos y flexibles para efectuar las conexiones de los componentes.

En la mayoría de los sistemas de refrigeración, la bomba de circulación toma el refrigerante (fluido activo) del radiador, que repone su nivel del depósito auxiliar, y lo impulsa al interior del motor refrigerando todas aquellas partes más expuestas al calor, puede incluir refrigerar el múltiple de admisión, camisas, culatas o tapa de cilindro, radiador de aceite, etc., pasa a través de uno o varios termostatos y regresa al radiador donde se enfría al circular por tubos pequeños de gran superficie de disipación, el intercambio de calor generalmente se realiza con el aire circundante el cual es forzado a través del radiador utilizando un ventilador que generalmente es accionado por el mismo motor. Existen sistemas de

refrigeración donde el fluido activo es el aire circundante, el cual es forzado por las partes del motor que se quieren refrigerar, cilindros, tapas de cilindros, radiador de aceite, etc. Estos sistemas generalmente utilizan también un circuito auxiliar con otro fluido activo, por ejemplo el aceite del motor, el cual consta de otro radiador que intercambia calor con el aire exterior y refrigera sobre todo aquellas partes internas del motor donde es difícil o imposible que pueda alcanzar otro fluido refrigerante (agua o aire).

Para verificar que el sistema funciona bien, los motores disponen de uno o varios termómetros que indican en cada instante la temperatura del refrigerante en la parte del motor que se desea medir. La temperatura medida por los termómetros deben encontrarse en el rango de temperatura aceptado por el fabricante para las condiciones de funcionamiento del motor. Temperaturas anormales pueden indicar dos cosas: a) Hay una falla en el sistema de refrigeración, por ejemplo falta de fluido refrigerante o b) Hay una falla o defecto en una parte o en todo el motor.

Para que este sistema funcione es primordial controlar periódicamente el correcto nivel del fluido refrigerante; controlar que los termostatos abran a la temperatura indicada por el fabricante; que el radiador esté libre de incrustaciones que obturen los canales de circulación de fluido y del aire por el exterior; que el fluido refrigerante tenga la proporción correcta de anticongelante acorde al clima de la zona; que el accionamiento de la bomba de circulación esté en buen estado y esté funcionando correctamente.

Las fallas se detectan precozmente si observamos los indicadores de temperatura, estando atentos a incrementos inusuales de la misma; por eso es aconsejable instalar protecciones y/o alarmas que paren el motor por alta temperatura. Si hubiera indicadores de nivel de refrigerante sería otro parámetro para prevenir fallas del sistema.

Los cuidados pueden abarcar desde un buen mantenimiento, rellenar fluido refrigerante y limpieza externa del radiador hasta reparaciones con el reemplazo de componentes dañados como bomba de agua, termostatos, radiador, mangueras, conexiones, etc.

Las precauciones de seguridad se basan fundamentalmente en trabajar con el motor detenido y frío para evitar incidentes con objetos en movimiento y quemaduras. Para cuidar el medio ambiente debe disponerse adecuadamente el fluido refrigerante cuando se reemplaza evitando derrames.<sup>10</sup>

Los fluidos refrigerantes actuales son a base de alcoholes especialmente los glicoles, que mezclados con agua en distintas proporciones protegen al sistema de refrigeración y al motor de daños por congelamiento cuando funciona en regiones

---

<sup>10</sup> MORENO, Ángel. Notas de clase de curso de Motores de Combustión interna. Ouro Diesel, 2004, capítulo 1. Barcelona: 2004. 20 p.

con muy bajas temperaturas. Según la proporción de fluido anticongelante en el agua, variará el punto de congelamiento de la mezcla, debiéndose adecuar la misma a cada región de trabajo.

### 1.3.7 Técnicas de monitorizado y diagnóstico. Monitorizado y diagnóstico internos de motor.

Los motores diesel cada día son considerados modernos por tener complejos sistemas electrónicos y eléctricos que hacen posible su bien funcionamiento. Sin embargo aunque ha tenido un desarrollo complejo y posea alta tecnología, no quiere decir que sea imposible de diagnosticar.

Las principales herramientas para el diagnóstico de motores diesel facilitan el proceso y optimizan las operaciones enfocadas a solucionar un desperfecto o mal funcionamiento de un motor<sup>11</sup>:

1.3.7.1. Multímetro digital. Es una herramienta utilizada en los sistemas electrónicos y eléctricos el cual posee funciones para medir y diagnosticar las características eléctricas de los componentes por medio de funciones como:

- Medición de voltajes CC y AC en Voltios y mili-Voltios.
- Escala para medir resistencia eléctrica
- Escala para medir intensidad en amperes (A, mA y  $\mu$ A)
- Escala para medir la temperatura
- Escala para medir la frecuencia en Herz.
- Escala para la medición de RPM
- Escala para medir el ciclo de trabajo y el ángulo Dewel.
- Escala para medir la polaridad y diodos.

Figura 7. Multímetro digital



Fuente: Manuales automotrices.com

1.3.7.2 Escáner. Esta herramienta es la más popularizada para el diagnóstico de motores por la capacidad y el gran número de funciones que posee. En un escáner se puede obtener:

---

<sup>11</sup> MUÑOS VILLA, Oscar, Herramientas de diagnóstico automotriz. Revista Asuntos Diesel, Junio de 2008, Edición 15 p. y 32 p.

- Lectura de datos en tiempo real de operación de motor.
- Lectura y borrado de códigos de diagnóstico vigentes y en memoria.
- Historial de operación del equipo.
- Opciones de habilitación y deshabilitación de funciones de la computadora del motor.
- Comunicación con los diferentes sistemas de comunicación de la máquina.
- Pruebas dinámicas y estáticas de sensores y actuadores.
- Graficación de los valores de operación de sensores.
- Reprogramación y actualización de las computadoras.
- Posibilidad de conexión a red con la fábrica.

El escáner puede ser catalogado en las opciones: El escáner específico por marca y el genérico.

El escáner específico por marca únicamente sirve para una aplicación específica de motores pero la ventaja inigualable es que tiene un gran número de funciones. Este escáner puede ser una herramienta física o puede venir en formato magnético conectado con una interfase a un equipo de cómputo que debe poseer unas especificaciones de acuerdo a la calidad del programa.

El escáner que está instalado en un equipo de cómputo (PC) o un portátil (LAP TOP), posee mucha versatilidad, la única desventaja es que es un equipo delicado por que normalmente los equipos de cómputo portátiles no están diseñados para trabajar en ambientes pesados.

El escáner genérico sirve para la mayoría de motores, viene de acuerdo al país o zona de origen (Americanos, Asiáticos, Europeos) y aplicación (Vehículo liviano y pesado), pueden realizar la mayoría de las funciones anteriores pero están limitados por el acceso a opciones como: reprogramación, pruebas dinámicas y estáticas, etc.

En algunos casos se les conocen como "Lectores de códigos" y las versiones más simples sólo se pueden utilizar para opciones de lectura y borrado de códigos. Pero con todas sus limitaciones es la única herramienta de comunicación disponible con el computador del motor.

Normalmente estas unidades de diagnóstico vienen en presentación especial para la manipulación de ambientes pesados (mecánica), son de estructura robusta y altamente protegidos ante manipulaciones inadecuadas.

Aunque existen gran número de marcas en equipos de diagnóstico, el mejor equipo será el recomendado por el fabricante del motor debido a que posee funciones que lo hacen superior por encima de otras marcas. La selección

dependerá de de la marca del motor y de la posibilidad económica y el respaldo tecnológico que ofrezca la posibilidad de ser actualizado.

El concepto de diagnostico se ha considerado como una conexión altamente tecnológica pero no mágica, algunos creen que con la conexión de un equipo de escáner se realice un diagnostico completo y que al mismo tiempo se le de soluciones a todos los problemas.

Un escáner es una herramienta utilizada para desarrollar procesos de pruebas a fin de:

- Establecer claramente el síntoma, o manifestación del daño.
- Determinar el lugar o circuito donde se puede estar presentando el daño.
- Determinar los valores de funcionamiento para ser relacionados con el daño.<sup>12</sup>

El diagnóstico solo lo puede hacer el operario siguiendo el proceso. Primero, se debe definir el uso de escáner para después analizar los datos y establecer el proceso de causa, búsqueda y reparación del daño. El uso del escáner, así como el diagnóstico, es un arte en el que se deben seguir ciertas reglas ya establecidas por el fabricante.

Dado que el computador no monitorea el 100%, es necesario cumplir algunos requisitos previos antes de conectar el escáner: revisar el estado de las fuentes eléctricas, su funcionamiento mecánico y las condiciones en general de los conectores. Verificar el suministro de del caudal de combustible, así como la presión de alimentación. Se debe conocer las funciones del computador. Siempre se debe tener a mano el manual para la definición de códigos y valores de funcionamiento del motor.

Figura 8. Escáner



Fuente: Caterpillar

<sup>12</sup> LINERO WELCKER, Alejandro. Las funciones de un escáner. Revista Asuntos Diesel. Agosto de 2008, Edición 16. 8 p.

Las funciones generales de un escáner son determinadas funciones básicas o funciones primarias:

- Lectura de códigos de falla. Debe utilizar en primer lugar, aún si no se ha encendido la señal de advertencia en el tablero del generador. En el caso de los códigos se debe establecer si el código es actual (la falla existe en el momento del escaneo), intermitente o histórica (código que indica que la falla no está presente en el momento de diagnóstico).

Dado que el escáner establece los códigos por orden numérico, se debe ordenar para su posterior solución según la importancia de la alarma. Esto quiere decir que el operario debe primero conocer el sistema de control electrónico de inyección (control sobre la bomba, sistema con inyectores bomba, sistema con inyectores electrohidráulicos o riel común), para así conocer las diferencias estratégicas que utiliza el computador. De esta manera puede conocer el orden en que el computador lee las entradas y la importancia de las mismas. Es muy importante establecer si el código es de primero o segundo nivel, ya que si es de primer nivel lo más seguro es que el computador haya adoptado unas estrategias de emergencia que esta afectando las medidas de cada componente electrónico<sup>13</sup>.

- Lectura de PID's. La lectura de parámetros de identificación (PID's) en donde se puede leer en tiempo real los valores de todas las entradas así como los promedios de las diferentes salidas del computador. Adicionalmente se puede determinar si los diferentes sistemas de control se encuentran activados o desactivados. Los PID's pueden ser ordenados en el mismo escáner de acuerdo con el código existente, ya sea en un menú determinado por el fabricante del escáner o en uno de tres menús que el operador puede crear. La lectura de cada PID's debe estar de acuerdo con el momento que en código o síntoma se manifiesta. Por ejemplo, si la falla se presenta en marcha mínima, la lectura de los PID's debe hacerse en dicha marcha, si la falla se presenta en velocidad crucero bajo carga, al acelerar, durante el arranque, etc., los PID's deben ser leídos en el mismo modo de operación. En el caso de que la falla se presente en condiciones de arranque, se recomienda utilizar funciones de grabación o de cuadro congelado. La primera puede ser activada por el operario en el momento que desee, la segunda es automática.

---

<sup>13</sup> Ibíd. P. 9

- Borrado de códigos. Para el borrado de códigos se den tener en cuenta los siguientes factores:

Solo se borran los códigos después de la solución de los mismos.

Se borran los códigos para comprobar el instante en que aparecieron los mismo, en el caso de que no haya podido determinar en qué modo de operación se ha presentado, este código puede ser borrado con el fin de que si en una prueba de ruta o de campo se repite la falla y así sea posible verificar el código nuevamente.

Solo se borran códigos que el computador no borre automáticamente después de solucionar la falla y realizar una prueba de ruta. En el caso que de los códigos que afecten el control de emisiones, estos normalmente se barran solo después de reparado el daño.

- **Funciones especiales.** Las funciones especiales son utilizadas como un ayuda para descartar posibles causas del daño o también para recrear el problema

La activación de salidas en una función en la que con ayuda del escáner se activa o se desactiva un dispositivo. Una de sus funciones más comunes es el bloqueo de los inyectores o el balance de potencia, en donde con el escáner es posible anular el funcionamiento de los inyectores (o inyectores bomba), para establecer su correcto control eléctrico o bien, para establecer que se encuentran funcionando desde el punto eléctrico en forma correcta.

En algunos sistemas se puede remplazar una señal de entrada por una adquirida o establecida con el escáner, con el fin de comprobar si dicha entrada es la generadora del problema.

En el caso que cada módulo cuente con un código de activación y se haya desconectado la batería, es necesario reiniciar los códigos y fijar unos nuevos o los iniciales. Sin este proceso en módulo permanecerá inactivo impidiendo el funcionamiento del sistema que controla. La única manera de conocer si un modulo se encuentra codificado es con la información suministrada con el fabricante o utilizando el manual de servicio respectivo del motor estacionario.

1.3.7.3 Proceso real de diagnóstico de motores Diesel<sup>14</sup>. La clave para el diagnostico se encuentra en la habilidad y el conocimiento del operador al igual que la información del fabricante, para esto el correcto uso de un escáner y el éxito en la solución de fallas debe seguir al siguiente proceso:

---

<sup>14</sup> Ibíd. P.10

Tabla 2. Proceso de escáner

Proceso	Características
Estado y contacto de la masa	Una mala conexión de la masa afecta cualquier circuito eléctrico
Estado y funcionamiento de las fuentes eléctricas	Todo componente electrónico alimentado de una manera incorrecta funciona de forma deficiente. Se puede identificar los cortos que pueden dañar el escáner.
Determinar el estado mecánico	Las fallas de tipo mecánico que afectan las lecturas de los sensores.
Inspeccionar los conectores eléctricos	Cada conector debe ser revisado, buscando un mal contacto o alguna suciedad.
Establecer el funcionamiento hidráulico de suministro de combustible.	El suministro al sistema no se encuentra monitoreado por el computador y debe ser determinado el caudal de alimentación y/o a los inyectores, al igual que la presión baja de alimentación de combustible.
Lectura de los códigos de fallas	No solo es determinar los códigos de fallas sino estos como se priorizan.
Lecturas de PID's	Escoger de forma correcta los que se encuentren relacionados con la falla
Datos normales de operación	Con el manual de servicio se debe establecer los valores correctos de los PID's con el fin de establecer su desviación.
Medición de datos del dispositivo	Los valores deben ser medidos en el dispositivo en el orden correcto.
Activaciones y simulaciones	Se requiere aislar un síntoma se deben simular o activar en los mecanismos relacionados con la falla.
Solución de daño	Con los datos y sus desviaciones estándar, se debe corregir los problemas mecánicos o eléctricos.
Barrado de códigos	Si el barrado no es automático se debe borrar los códigos.
Prueba de funcionamiento	Revisión de funcionamiento normal del equipo.

Fuente: El autor.

1.3.8 Diagnóstico de motores por sus síntomas internos. Para el diagnóstico de motores se tienen en cuenta:

- Temperatura de los gases de escape: La contaminación de los motores diesel es peligrosa, en especial en países como los nuestros en los cuales o no existen reglamentaciones, o donde no se hacen cumplir las mismas.

La ausencia de normas al respecto, hace que los habitantes de las grandes ciudades respiremos sustancias nocivas, con alto contenido de veneno.

Se puede afirmar entonces que gran parte de los contaminantes de los gases de escape, inhalados en una fuerte dosis son muy nocivos para la salud. Algunos de ellos provocan enfermedades graves en el sistema respiratorio y en la piel, mientras que otros en ciertas condiciones, pueden provocar la muerte a corto o largo plazo.

El monóxido de carbono (CO) es un tóxico violento, los hidrocarburos no quemados o evaporados, los óxidos de nitrógeno y los dióxidos de azufre atacan las vías respiratorias. En cuanto a las partículas de carbono, las mismas podrían ser cancerígenas.

Las soluciones para el motor diesel con el objetivo de eliminar o reducir la contaminación de los motores, es que se crean las normas y las reglamentaciones, éstas obligan a que cada constructor deba trabajar para que sus motores sean menos contaminantes sin sacrificar el rendimiento.

La electrónica, es decir La regulación o el reglaje electrónico de las bombas inyectoras de gasoil, o el comando de los conjuntos inyectores-bombas se torna cada día más importante sobre los motores Diesel en general.

Estos dispositivos presentan las siguientes particularidades:

Los mismos disponen de una extensa gama de "programas", que permiten una adaptación del sistema de inyección a las normas vigentes en cada país, y a los distintos tipos de vehículos y aplicaciones.

Estos realizan el reglaje o la regulación de la inyección en función de criterios ya determinados. La optimización casi instantánea de las cantidades de gasoil inyectado, en función del estado de carga del motor, contribuye a la disminución de las emisiones contaminantes tales como; los óxidos de nitrógeno; las partículas y los hidrocarburos no quemados.

La unidad de control electrónico o calculador, corazón del sistema, recibe las señales o pulsos eléctricos enviadas por las distintos "sensores" o sondas; de temperatura de aire de admisión y del circuito de enfriamiento del motor; de la presión de sobrealimentación; de la velocidad del motor; de la posición o relación de caja de velocidades colocada; de la posición de la mariposa de aceleración;

etc. Estos comandos electrónicos de inyección, evitan las variaciones demasiado importantes de los niveles de contaminación en función del funcionamiento.

El reciclado de los gases de escape, debido a la reducción de la temperatura de combustión que produce, obtiene un efecto positivo sobre las emisiones de óxidos de nitrógeno.

Como contrapartida podemos decir que una "relación" demasiado alta de recirculación, puede ser negativa respecto a la vida útil del motor, la cual puede verse disminuida por polución interna y desgaste.

Para efectuar la recirculación de los gases, se utiliza una válvula EGR (Exhaust Gas Recirculation) que permite el reciclado de una parte de los gases, es decir del 30% como máximo, entre el colector de admisión y el múltiple de escape<sup>15</sup>.

Esta válvula es controlada por una unidad o central electrónica, en donde son memorizadas en forma permanente las características propias del motor, sin afectar el consumo de gasoil y la producción de hidrocarburos, los óxidos de nitrógeno (NOx) pueden ser reducidos en un 40% en forma aproximada.

La medición de la opacidad tiene una aplicación de gran importancia en materia ambiental, ya que está referida a la evaluación de emisión de gases a la atmósfera generados por la combustión de diesel en algunos equipos.

Los opacímetros como instrumentos de medición, que deben cumplir ciertas características físicas y ópticas, así como el requisito de calibración.

Actualmente se tiene la normatividad que rige los niveles máximos permisibles de opacidad, a los cuales deben de apegarse los Laboratorios de Calibración y Unidades de Verificación autorizados, para asegurar resultados confiables en la medición de la opacidad.

1.3.9 Endoscopía de motores. La utilización de Endoscopios Industriales ( también llamado algunas veces Boroscopios, del inglés Boroscope”), en el Mantenimiento ahorra muchas horas de montajes y desmontajes con la finalidad de poder efectuar una Inspección Visual en un punto concreto de un equipo o máquina industrial.

- Endoscopia Industrial. La Endoscopia Industrial consiste en la utilización de equipos adecuados para lograr Inspecciones Visuales Remotas, con suficiente facilidad y calidad, que permita decidir sobre el estado de los elementos y/o componentes inspeccionados, y poder decidir cualquier tipo de acción

---

<sup>15</sup> MÁLVATE, Paulo. Revista caminos y buses, El motor Diesel y la contaminación. Ediciones Hispanoamericana. Marzo 2004. 26 p.

preventiva o correctora de mantenimiento. La mayoría de los Endoscopios permiten la utilización de innumerables accesorios que facilitan las Inspecciones Visuales, como cámaras fotográficas, luces, lentes de ampliación o enfoque, etc.<sup>16</sup>

- Tipos de Endoscopios Industriales. La mayoría de los Endoscopios Industriales modernos pueden dividirse en:

**Endoscopios Rígidos:** Son los endoscopios Industriales más simples y económicos, pero tienen la limitación de que su rigidez (normalmente una varilla de acero) no permite flexión alguna, por lo que podría no llegar a ciertos puntos a examinar.

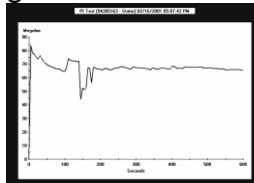
**Fibroscopios o Endoscopios Flexibles:** Son equipos basados en fibra óptica que, al contrario de los rígidos, si permiten adoptar formas curvadas y ángulos para poder acceder a puntos complicados de los equipos a inspeccionar. Suelen llevar en su cuerpo central el mecanismo de articulación y enfoque, que facilita su uso.

1.3.10 Mantenimiento predictivo de generadores eléctricos. El proceso de generación puede afectar al circuito eléctrico donde se encuentra instalado por tanto debe monitorearse por medio de análisis predictivo.

La calidad de energía evalúa el nivel de distorsión armónico en voltaje y corriente así como el nivel de distorsión armónica total (THD) recomendado para maquinas eléctricas rotatorias según norma IEEE 519-1992. Una distorsión en la calidad de la señal de voltaje aplicada a la maquina resulta en funcionamiento inadecuado del motor, así como degradación prematura y daño irreversible.

Se evalúa el sistema de aislamiento total de la maquina, incluyendo pruebas de aislamiento a tierra, evaluación y graficación del índice de polarización, coeficiente y grafico de nivel de absorción dieléctrica, de acuerdo a la norma IEEE 43-2000. Es posible medir además el nivel de capacitancia a tierra, el cual es un indicador de acumulación de contaminación en las partes constructivas del motor-generador que afectan en forma directa el nivel de aislamiento global de la maquina.

Figura 9. Prueba de aislamiento generador eléctrico



Fuente: MCEmax

<sup>16</sup> Técnicas de inspección, recuperador el 15 de enero de 2010. [http://: www.Solomantenimiento.com](http://www.Solomantenimiento.com).

En el caso del generador eléctrico se evalúan los puntos como son:

- Estator: Se evalúa el nivel de desbalance resistivo y el nivel de desbalance inductivo en los bobinados estatóricos para determinar problemas de bobinas/espiras en corto circuito en bobinados de alambre magneto y barra sólida de cobre. Se evalúa el nivel de degradación del cobre en el bobinado.
- Rotor: Se evalúan rotores de jaula de ardilla y rotores bobinados. Mediante un espectro de Fourier FFT, se obtiene el patrón en función de la frecuencia para encontrar bandas laterales con cierta amplitud para detectar barras flojas, barras degradadas o completamente rotas en el rotor.
- Entrehierro (airgap): Se evalúa el espacio físico entre el rotor y estator, de manera que es posible detectar condición de excentricidad estática y dinámica relacionada con deformaciones en el rotor o condiciones mecánicas inapropiadas externas al motor.

1.3.10.1 Ensayo estático. Los ensayos estáticos son:

- Prueba estándar. evalúa nivel de aislamiento a tierra, capacitancia a tierra, impedancia e inductancia de los bobinados, desbalance inductivo y desbalance resistivo para evaluación de bobinas/espiras abiertas o en corto circuito.
- Prueba de índice de polarización y absorción dieléctrica. Prueba recomendada por IEEE 43-2000, donde se obtiene el valor numérico y el grafico correspondiente a ambos parámetros. Los niveles obtenidos y el voltaje de aplicación dependerá del tipo de aislamiento de la maquina (clase, B, F, etc) así como de la temperatura y voltaje de operación. Completamente no destructiva y no degradante del sistema de aislamiento al momento de su evaluación y valoración. Esta prueba es aplicable en transformadores también.
- Etapas de voltaje (step voltaje). Aplicación gradual de varios niveles de voltaje a los bobinados para evaluar el comportamiento del sistema de aislamiento en el tiempo.
- Chequeo de influencia del rotor. Se evalúa la influencia del campo magnético remanente del rotor sobre el estator y viceversa, evaluando el nivel de

desbalance inductivo producto de problemas en los bobinados, daño en el laminado del núcleo magnético tanto del estator como del rotor, excentricidad estática (entrehierro no uniforme) y degradación del rotor.

#### 1.3.10.2 Ensayo dinámico. Los ensayos dinámicos son<sup>17</sup>:

- Prueba de potencia: evalúa los siguientes parámetros:

Niveles de voltaje línea-línea y línea-neutro.

Desbalance de voltaje.

Corrientes de línea.

Desbalance de corrientes de línea.

Desbalance de impedancia, corrientes y voltajes de secuencia positiva, negativa y cero.

Potencia activa.

Potencia aparente.

- Potencia reactiva. Factor de potencia, eficiencia, valores puntuales de potencia.

Graficación de componentes armónicas individuales y distorsión armónica total en voltaje y corriente.

Graficación con osciloscopio incorporado de las señales de corriente y voltaje y calculo de factores de degradación para motores con alto contenido armónico y el caso de motores manejados por variador de frecuencia, de acuerdo a los estándares NEMA respectivos.

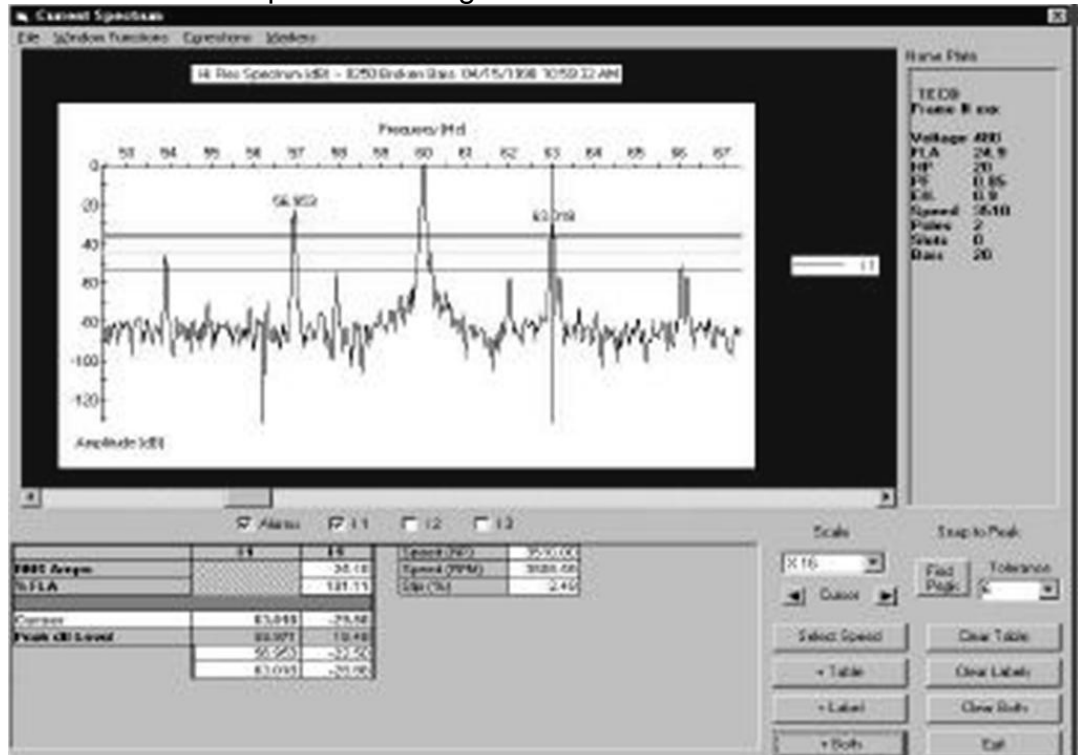
- Prueba de alta y baja resolución. Evalúa la condición integral del rotor mediante el despliegue del espectro en frecuencia aplicando la técnica de transformada rápida de Fourier. Además del rotor, es posible evaluar condiciones mecánicas externas al motor que afectan el comportamiento del campo magnético de la maquina, lo cual se complementa con la prueba de des-modulación de frecuencia descrita mas adelante.
- Prueba de excentricidad. Mediante la técnica de Fourier, se evalúa la condición de excentricidad dinámica de la maquina producto de deformación del rotor y condiciones mecánicas irregulares.
- Demodulación: Esta técnica emplea el principio de la onda transportadora y las señales transportadas. Desmodulando la frecuencia de línea del motor, es

---

<sup>17</sup> ORTEGA PLANA, Juan María y VÁZQUEZ, José Ramírez. Maquinas de corriente alterna. Barcelona, Ediciones Ceac S.A, 1973. 255 p.

posible obtener el espectro en frecuencia total de la maquina y detectar problemas mecánicos relacionados con desgaste de rodamientos, poleas, fajas de transmisión de potencia así como el calculo de la velocidad de rotación real de la maquina únicamente mediante la medición de las corrientes de línea. No requiere tacómetro ni luz estroboscópica para la evaluación de la velocidad de giro.

Figura 10. Análisis de predictivo de generadores



Fuente: MCEmax.

- Prueba de arranque. Se grafica la curva de arranque del motor como función del tiempo, donde es posible detectar problemas de inestabilidad producto de daños en el rotor o pérdida de potencia en la maquina, de acuerdo al nivel de eficiencia especificado por el fabricante. Tiene función de trigger manual y trigger automático, con valor de tiempo ajustable para la captura de datos.

El análisis completo de zonas de falla una vez realizadas todas las pruebas, evalúa y genera en forma automática e inmediata un informe completo con niveles de alarma dependiendo de la severidad de las fallas encontradas en la maquina. Estos niveles de alarma se basan en las normas IEEE y en los parámetros del fabricante ya incluidos en el software. Una vez efectuadas una serie de pruebas con cierta periodicidad, el equipo almacena el historial de resultados para efectuar un estudio de tendencias basado en el análisis estadístico.

## 2. GRUPOS ELECTRÓGENOS DE EMERGENCIA

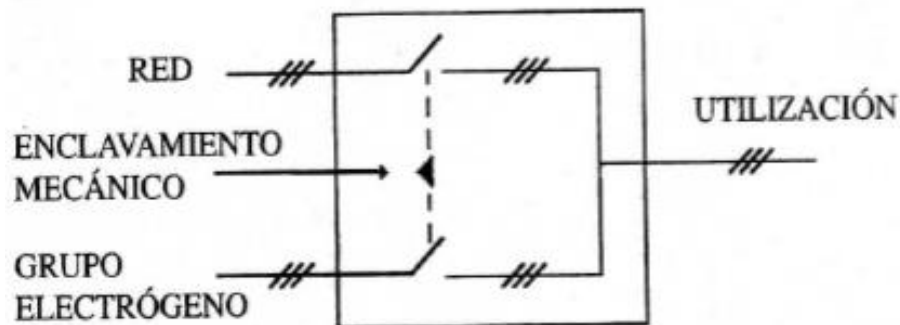
Se llama grupo electrógeno de emergencia a los que suministran corriente eléctrica al fallar la red de suministro habitual, arrancándolo de manera automática.

Existen varios criterios para en cuanto a la clasificación, pero la más común es atendiendo a su arranque después que la red habitual falla y son<sup>18</sup>:

- Grupos electrógenos de emergencia de arranque manual.
- Grupos electrógenos de emergencia con arranque automático.
- Grupos electrógenos de emergencia de continuidad.

Una precaución de vital importancia a tener en cuenta, independientemente del tipo de sistema utilizado (manual, automático, de continuidad, etc.), es disponer de un enclavamiento, mecánico o eléctrico, entre los interruptores, contactores y demás elementos del sistema que llevan a cabo la conmutación para que NUNCA se pueda quedar acoplado el grupo con la red.

Figura 11. Disposición del enclavamiento que impide conectar la red y el grupo a la vez.



Fuente: Paraninfo.

### 2.1 GRUPOS DE EMERGENCIA CON ARRANQUE MANUAL

Como cualquier grupo de emergencia, es el que puede suministrar corriente eléctrica cuando falla la red de suministro, pero el arranque y parada del grupo, así como la conmutación red-grupo o grupo-red, tiene que realizarse manualmente, teniendo la necesidad que esta maniobra la realice personal capacitado.

<sup>18</sup> PULIDO ARBELÁEZ, Manual. Equipos eléctricos autónomos: generadores, motosoldaduras y grupos electrógenos. Madrid: Editorial Paraninfo. 1999. 159 p.

Estos grupos de emergencia, generalmente de potencia menor que la necesaria en la instalación, funciona de tal manera que al producirse un corte de la red de suministro es el propio usuario quien pone en marcha el grupo electrógeno y determina el número de receptores le conviene conectar para no sobre cargarlo.

Al restablecerse la tensión de la red, se tiene que para el grupo electrógeno manualmente y hacer la conmutación grupo-red, también manualmente, para evitar que pueda existir un choque la las tensiones.

## 2.2 GRUPO ELECTRÓGENOS DE EMERGENCIA AUTOMÁTICOS

Son grupos electrógenos que detectan la ausencia de tensión de red mediante un circuito electrónico, y ponen en marcha automáticamente, en el transcurso de un tiempo, regulable a voluntad, el grupo electrógeno de emergencia; un vez que analiza la tensión generada por el grupo de emergencia, conmuta automáticamente la carga desde la red al grupo electrógeno.

Al restablecerse la tensión de la red, espera unos segundos, regulables a voluntad del usuario, y vuelve a conmutar la carga a la red, ordenando parar el grupo posteriormente y quedando este en guardia para actuar frente a un nuevo daño de la red.

La maniobra de arranque del grupo de manera automática, así como la parda del mismo, se realiza mediante la actuación del sistema de transferencia que generalmente se instala en un armario que alberga todos los elementos que controlan y ordenan las maniobras que debe realizar en función de los parámetros que analiza.

Los parámetros que se analizan durante los periodos en marcho y los periodos de inactividad son<sup>19</sup>:

- Tensión de la red.
- Tensión del generador.
- Presión de aceite.
- Temperatura de agua.
- Combustible.
- Arranque del grupo.
- Carga de baterías.
- Frecuencia (velocidad).
- Sobrecarga del generador.

2.2.1 Unidad de control. La unidad de control es un procesador de la central automática; ordena actuar a los dispositivos de los componentes de la central en función a los parámetros que le llegan.

---

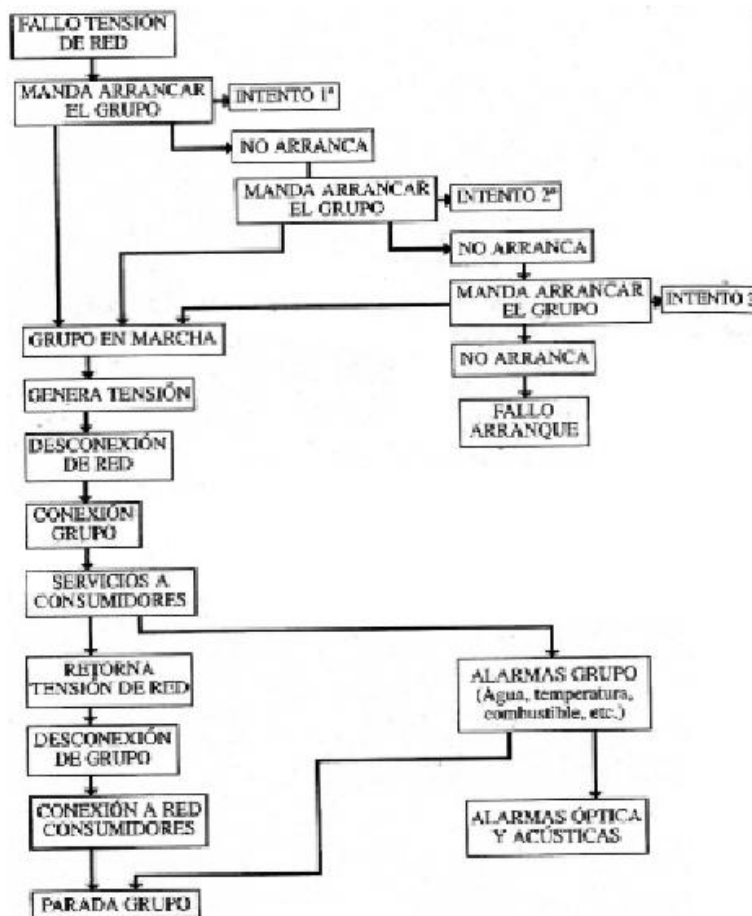
<sup>19</sup> Ibíd. 162 p.

Para establecer la efectividad de la unidad de control es necesario establecer una secuencia que sigue la unidad para la puesta en marcha o no del grupo electrógeno, donde se establece un flujo ordenando de decisión para realizar las funciones necesarias evitando la falla del grupo y los riesgos al realizar una secuencia de conexión y re-conexión.

En el tercer intento de arranque el grupo no realiza esta función, por las circunstancias que se generen, la unidad debe ordenar el paro total de los intentos y generara una alarma de arranque.

Si en cualquiera de los intentos el grupo arranca, éste al llegar a sus revoluciones nominales generará la tensión, procederá a desconectar el contactor de la red y conectará el contactor de grupo para generar el servicio. Este estado permanecerá hasta que se retome la tensión de la red.

Figura 12. Organigrama de secuencia de funcionamiento del grupo de emergencia automático



Fuente: Paraninfo

Una vez la tensión de la red vuelve a tener presencia, la unidad de control detectará esta tensión y esperará un tiempo para ver si se estabiliza; transcurrido este tiempo, ordenará desconectar el contactor de salida del generador y conectará el contactor de la red, dando paso hacia los consumidores, la red pública.

Si durante el tiempo que el grupo está suministrando corriente a los consumidores, se produce una anomalía en el grupo, la unidad de control la detectará y ordenará la parada inmediata del grupo, a la vez lanzará una señal óptica y acústica de la anomalía.

El esquema de las unidades de control depende del fabricante del equipo y los parámetros que el comprador quiera analizar. La gran mayoría de las unidades de control llevan en el frente de los tableros luces piloto que indican el estado de los parámetros de la red, interruptores y conmutadores.

El aspecto físico del panel de control depende del fabricante por lo tanto es necesario el conocimiento para su operación aunque se utilizan algunos símbolos considerados universales eléctricos para facilitar el entendimiento por parte del usuario.

2.2.2 Funcionamiento de un grupo automático. El sistema de control debe comprender las entradas y realizar unas salidas en cada momento, dependiendo de los parámetros que se analicen en función de las instrucciones de instalación y del esquema del fabricante.

Procedente de la red eléctrica se conectan las tres fases y el neutro a un tablero de barras que a su vez se conecta a una transferencia electrónica. Al mismo tablero se conecta la salida del generador controlada por la unidad de control.

La batería de 12 voltios o 24 voltios de corriente directa se conecta a la unidad de control teniendo en cuenta su polaridad.

Otras señales de entrada que se conectan a la unidad de control son: sensor de combustible, sensor de temperatura de agua, sensor de presión e aceite y sobrecarga del generador.

Las señales procedentes de la unidad de control destinadas a controlar los distintos elementos son: señal de arranque, señal de bocina de emergencia, marcha, parada y conexión de generador-red eléctrica. Estas salidas se realizan mediante bornes de salida, de acuerdo con lo que en el esquema de montaje proporcionado por el fabricante y a su vez activando los contactos. Es muy importante la aplicación de un enclavamiento mecánico que impide que los contactos se conecten a la vez, lo cual generaría un choque de tensiones.

Si la presencia de la red falla, transcurrido un tiempo regulado por el usuario a voluntad, la unidad de control ordenará al grupo arrancar mediante el borne de

salida de arranque motor, a su vez activará un relé, y éste conectará la puesta en marcha.

Suponiendo el arranque del grupo, comenzará a producir tensión, que la unidad de control detectará y cerrará el contacto, dando paso a los consumidores la corriente producida por el generador.

En caso de restablecerse la tensión de la red, esperará un tiempo prudencial determinado por el usuario para cerrar nuevamente el contacto de la red y suspender la tensión producida por el generador. Trascurrido otro tiempo regulado por el usuario la unidad de control enviará la orden de para el grupo mediante un electro-imán que actúa sobre el acelerador del equipo, parándolo automáticamente.

2.2.3 Ajuste de tiempos. Los potenciómetros de ajuste de tiempos son sistemas de ajuste montados sobre la unidad de fácil acceso para que el usuario manipule a voluntad. Los tiempos el sector hotelero dependen de la capacidad de salones o lugares que necesiten una respuesta que afecta al cliente directamente como la carencia de fluido eléctrico<sup>20</sup>.

a) Duración del tiempo de mando parada: Es el tiempo que dura el pulso de corriente al electroimán de parada, este parámetro se puede regular por que no todos los motores diesel tardan el mismo tiempo en para, una vez se ponen en marcha.

El tiempo de regulación generalmente es de 5 a 250 segundos.

b) Duración del tiempo de marcha: es el tiempo que dura el pulso de puesta en marcha, y oscila entre 1 y 5 segundos.

c) Duración del tiempo de vuelta de red: es el tiempo que tarda en ordenar parar el grupo desde que analiza la existencia de tensión en la red externa.

d) Duración del tiempo de intervención al faltar la tensión de la red: es el tiempo que tarda en ordenar poner en marcha el grupo cuando falla la tensión de la red. En el sector hotelero se contempla un tiempo de 5 a 7 segundos cuando se tienen salones de reunión.

e) Duración del tiempo de llegada de red: es el tiempo que tarda en conmutar el generador a red desde que retorna la tensión externa.

2.2.4 Cargador de baterías automático. El cargador de baterías automático es el encargado de mantener en condiciones óptimas la batería del grupo electrógeno, por que permanece conectado a ella y su funcionalidad está sujeta a su estado.

---

<sup>20</sup> Ibíd. 171 p.

El cargador de baterías se conecta a la red de consumo externa generalmente a 220 voltios de corriente alterna y la salida del cargador es de 12 a 24 voltios de corriente directa, dependiendo del grupo generador. El cargador se conecta a la batería y además alimenta la unidad de control para que cuando no exista tensión en la red y el grupo electrógeno esté parado, sin generar tensión, pueda actual a través de los bornes de salida, a 12 o 24 voltios y ordenar poner en marcha del grupo.

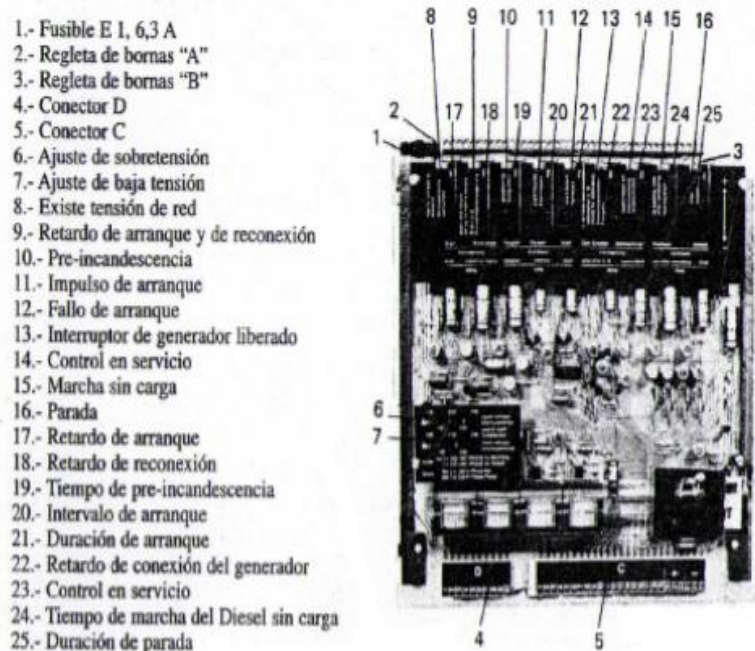
Asimismo, la unidad de control analiza si la carga de la batería se esta efectuado en perfectas condiciones.

2.2.5 Pre calentamiento de motor. Como opción para motores diesel se puede incorporar al sistema un pre-calentador con el objeto de mantener la temperatura adecuada en el circuito de combustible, agua y aceite, para que en el momento que se requiera la utilización del grupo electrógeno este se arranque con facilidad.

Es muy común en los sistemas electrónicos la incorporación de un termostato en serie para desconectar las resistencias a una temperatura adecuada y constante.

2.2.6 tarjeta electrónica de unidad de control. La tarjeta electrónica integrada con micro-procesadores mejora el rendimiento y controlan otros parámetros adicionales que son herramientas para conocer el estado del grupo electrógeno.

Figura 13. Tarjeta electrónica de unidad de control Nxe



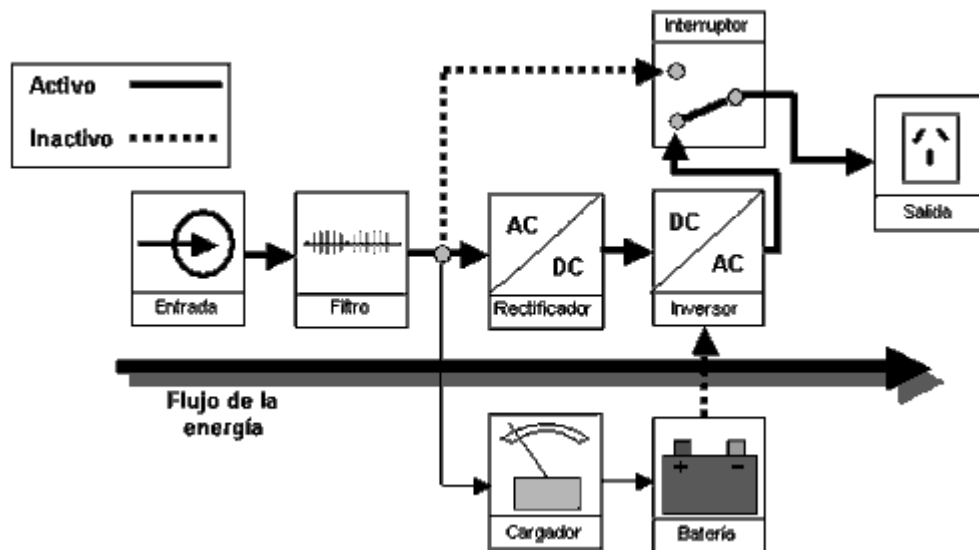
Fuente: Seg Ibérica

### 2.3 GRUPOS DE EMERGENCIA AUTOMÁTICOS DE CONTINUIDAD

En los grupos de emergencia anteriormente mencionados es necesario que la tensión se interrumpa por unos segundos, pero en los casos donde la tensión constante es vital como son centros de procesamiento de datos, aeropuertos, hospitales, etc., donde la interrupción del servicio puede generar daños cuantiosos o pérdida de las vidas humanas, es necesario utilizar un sistema de continuidad, el cual tiene como característica principal el de no interrumpir el suministro a las zonas de vital importancia.

Al fallar la red eléctrica, entra automáticamente e instantáneamente un servicio de alimentación interrumpida, que mantiene la tensión durante el tiempo que tarda el grupo electrógeno en ponerse en marcha y hacer la conmutación a la carga.

Figura 14. Diagrama eléctrico de central de emergencia de tensión UPS



Fuente: Electrónica unicrom

### 3. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO

#### 3.1 GESTIÓN DE INFORMACIÓN PARA EL MANTENIMIENTO PREDICTIVO DE GENERADORES ELÉCTRICOS

##### 3.1.1 Información general del grupo electrógeno.

Tabla 3. Información básica de generadores eléctricos

HOTEL		MANTENIMIENTO TARJETA BÁSICA DE INFORMACIÓN DE GENERADORES ELÉCTRICOS							
<b>INFORMACIÓN GENERAL</b>									
NOMBRE:				CÓDIGO INTERNO:					
MARCA:				CÓDIGO DE IMPORTANCIA:					
AÑO DE FABRICACIÓN:			PAÍS:						
UBICACIÓN:			RESPONSABLE:						
<b>DATOS TÉCNICOS</b>									
MODELO:				SERIE:					
CAPACIDAD NOMINAL:									
CORRIENTE:			VOLTAJE:			POTENCIA:			
LARGO:		ANCHO:		ALTO:		PESO:			
<b>DATOS DE ADQUISICIÓN</b>									
FABRICANTE:									
DIRECCIÓN:						TELÉFONO:			
REPRESENTANTE:									
DIRECCIÓN:						TELÉFONO:			
<b>LUBRICANTES</b>									
DESCRIPCIÓN		DATOS DEL LUBRICANTE			PARTES DE APLICACIÓN				
<b>MOTOR DIESEL, GENERADOR ELÉCTRICO Y TRANSFERENCIA</b>									
MOTOR DIESEL			GENERADOR ELÉCTRICO			TRANSFERENCIA			
MARCA:			MARCA:			MARCA:			
MODELO:			MODELO:			MODELO:			
SERIE:			SERIE:			SERIE:			
INYECCIÓN:	RPM:		A.C.:	RPM:		A.C.:	CONTACTO:		
POTENCIA:		BATERÍA:	POTENCIA:		FASES:	POTENCIA:	FASES		
NÚMERO DE PISTONES:		VOLTAJE:			VOLTAJE:				
TIPO:			TIPO:			TIPO:			
<b>RODAMIENTOS DEL GENERADOR</b>									
No. RODAMIENTOS:		TIPO DE RODAMIENTOS:			REFERENCIA:				
<b>TRANSMISIÓN DE POTENCIA</b>									
TIPO DE TRANSMISIÓN		COMPONENTES DE TRANSMISIÓN			RELACIÓN DE POTENCIA				
<b>GENERALIDADES</b>									
DOCUMENTO EXISTENTE		SI	NO	LUGAR	DOCUMENTO EXISTENTE		SI	NO	LUGAR
INSTRUCCIONES DE OPERACIÓN					PLANOS HIDRÁULICOS				
INSTRUCCIONES DE SERVICIO					PLANOS ELÉCTRICOS				
HOJA DE VIDA					PLANOS MECÁNICOS				
INSTRUCCIONES DE INSTALACIÓN					PLANOS NEUMÁTICOS				

Fuente:

El autor.

### 3.1.2 Orden de trabajo de mantenimiento preventivo y predictivo.


Tabla 4. Orden de trabajo de mantenimiento

HOTEL		MANTENIMIENTO			
ORDEN DE TRABAJO					
CÓDIGO EQUIPO:		NOMBRE:			No. O/T:
FECHA EMISIÓN:	COD. TRABAJO:	PRIORIDAD:	CÓD. IMPORTANCIA:	SIN PARADA <input type="checkbox"/>	CON PARADA <input type="checkbox"/>
TRABAJO A EJECUTAR:			TRABAJO EJECUTADO:		
MATERIALES Y HERRAMIENTAS A EMPLEAR:		EMPLEADO		MATERIALES Y HERRAMIENTAS ADICIONALES EMPLEADOS:	
		SI NO		1.	
1.		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		2.	
2.		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		3.	
3.		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		4.	
4.		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		5.	
5.		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		6.	
6.		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		7.	
7.		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		8.	
8.		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		9.	
REPUESTOS A UTILIZAR:		EMPLEADO		REPUESTOS ADICIONALES EMPLEADOS:	
		SI NO		1.	
1.		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		2.	
2.		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		3.	
3.		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		4.	
4.		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		5.	
5.		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		6.	
6.		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		7.	
7.		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		8.	
8.		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		9.	
CONSIGNAS DE SEGURIDAD:			TRABAJOS ADICIONALES:		
PERSONAL PREVISTO:	TIEMPO PREVISTO:	H-H PREVISTAS:	COSTO H-H:	\$	
			COSTO MATERIALES:	\$	
			COSTO REPUESTOS:	\$ _____	
			TOTAL COSTOS:	\$ 0	
PERSONAL EMPLEADO:	TIEMPO EMPLEADO:	H-H EMPLEADAS:	TIPO:	REPETITIVA:	TIEMPO DE PARADA DE PRODUCCIÓN:
			Correctiva: <input type="checkbox"/>	Si <input type="checkbox"/>	
			Preventiva: <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	

Fuente: El autor



Tabla 7. Frontera del sistema

Frontera del Sistema	Generador eléctrico (grupo electrógeno)
<p>El sistema se analizará de la siguiente manera:  <b>Desde:</b>                      Entrada de combustible fuel oil diesel.                      Entrada de aire por el filtro de aire.                      Carga de batería  <b>Hasta:</b>                      La salida de los bornes del generador eléctrico.</p>	

Fuente: el autor.

Interface:

La interface se realiza por medio de la unidad de control o transferencia donde por medio de la lectura de las condiciones de falla o no de la red eléctrica externa se toma la decisión de arrancar o no arrancar el grupo electrógeno.

Tabla 8. Condiciones operativas del equipo

Open Generator Set - 1800 rpm/60 Hz/480 Volts	DM8161											
Low BSFC												
<b>Generator Set Package Performance</b> Genset Power rating @ 0.8 pf Genset Power rating with fan	500 kVA 400 ekW											
<b>Fuel Consumption</b> 100% load with fan 75% load with fan 50% load with fan	<table border="1"> <tr> <td>107.5 L/hr</td> <td>28.4 Gal/hr</td> </tr> <tr> <td>81.7 L/hr</td> <td>21.6 Gal/hr</td> </tr> <tr> <td>58.0 L/hr</td> <td>15.3 Gal/hr</td> </tr> </table>		107.5 L/hr	28.4 Gal/hr	81.7 L/hr	21.6 Gal/hr	58.0 L/hr	15.3 Gal/hr				
107.5 L/hr	28.4 Gal/hr											
81.7 L/hr	21.6 Gal/hr											
58.0 L/hr	15.3 Gal/hr											
<b>Cooling System<sup>1</sup></b> Air flow restriction (system) Air flow (max @ rated speed for radiator arrangement) Engine Coolant capacity with radiator/exp. tank Engine coolant capacity Radiator coolant capacity	<table border="1"> <tr> <td>0.12 kPa</td> <td>0.48 in. water</td> </tr> <tr> <td>720 m<sup>3</sup>/min</td> <td>25427 cfm</td> </tr> <tr> <td>57.8 L</td> <td>15.3 gal</td> </tr> <tr> <td>20.8 L</td> <td>5.5 gal</td> </tr> <tr> <td>37.0 L</td> <td>9.8 gal</td> </tr> </table>		0.12 kPa	0.48 in. water	720 m <sup>3</sup> /min	25427 cfm	57.8 L	15.3 gal	20.8 L	5.5 gal	37.0 L	9.8 gal
0.12 kPa	0.48 in. water											
720 m <sup>3</sup> /min	25427 cfm											
57.8 L	15.3 gal											
20.8 L	5.5 gal											
37.0 L	9.8 gal											
<b>Inlet Air</b> Combustion air inlet flow rate	<table border="1"> <tr> <td>30.7 m<sup>3</sup>/min</td> <td>1084.2 cfm</td> </tr> </table>		30.7 m <sup>3</sup> /min	1084.2 cfm								
30.7 m <sup>3</sup> /min	1084.2 cfm											
<b>Exhaust System</b> Exhaust stack gas temperature Exhaust gas flow rate Exhaust flange size (internal diameter) Exhaust system backpressure (maximum allowable)	<table border="1"> <tr> <td>519.1 ° C</td> <td>966.4 ° F</td> </tr> <tr> <td>85.6 m<sup>3</sup>/min</td> <td>3022.9 cfm</td> </tr> <tr> <td>152.4 mm</td> <td>6.0 in</td> </tr> <tr> <td>6.8 kPa</td> <td>27.3 in. water</td> </tr> </table>		519.1 ° C	966.4 ° F	85.6 m <sup>3</sup> /min	3022.9 cfm	152.4 mm	6.0 in	6.8 kPa	27.3 in. water		
519.1 ° C	966.4 ° F											
85.6 m <sup>3</sup> /min	3022.9 cfm											
152.4 mm	6.0 in											
6.8 kPa	27.3 in. water											
<b>Heat Rejection</b> Heat rejection to coolant (total) Heat rejection to exhaust (total) Heat rejection to atmosphere from engine Heat rejection to atmosphere from generator	<table border="1"> <tr> <td>171 kW</td> <td>9725 Btu/min</td> </tr> <tr> <td>400 kW</td> <td>22748 Btu/min</td> </tr> <tr> <td>50 kW</td> <td>2843 Btu/min</td> </tr> <tr> <td>29.2 kW</td> <td>1660.6 Btu/min</td> </tr> </table>		171 kW	9725 Btu/min	400 kW	22748 Btu/min	50 kW	2843 Btu/min	29.2 kW	1660.6 Btu/min		
171 kW	9725 Btu/min											
400 kW	22748 Btu/min											
50 kW	2843 Btu/min											
29.2 kW	1660.6 Btu/min											
<b>Alternator<sup>2</sup></b> Motor starting capability @ 30% voltage dip Frame Temperature Rise	<table border="1"> <tr> <td>880 skVA</td> <td></td> </tr> <tr> <td>LC6114B</td> <td></td> </tr> <tr> <td>150 ° C</td> <td>270 ° F</td> </tr> </table>		880 skVA		LC6114B		150 ° C	270 ° F				
880 skVA												
LC6114B												
150 ° C	270 ° F											
<b>Emissions (Nominal)<sup>3</sup></b> NOx g/hp-hr CO g/hp-hr HC g/hp-hr PM g/hp-hr	<table border="1"> <tr> <td>6.83 g/hp-hr</td> <td></td> </tr> <tr> <td>.37 g/hp-hr</td> <td></td> </tr> <tr> <td>.01 g/hp-hr</td> <td></td> </tr> <tr> <td>.055 g/hp-hr</td> <td></td> </tr> </table>		6.83 g/hp-hr		.37 g/hp-hr		.01 g/hp-hr		.055 g/hp-hr			
6.83 g/hp-hr												
.37 g/hp-hr												
.01 g/hp-hr												
.055 g/hp-hr												

Fuente: Generadores Caterpillar.

### 3.2.1 Condiciones Ambientales.

- Cuarto aislado acústicamente.
- Ubicación en sótanos, semisótanos, aéreas de mantenimiento, áreas de servicio hoteleras y aéreas de manejo de basuras y reciclaje.
- Alimentación de aire limpio.
- Gran cantidad de partículas disueltas en el aire.

### 3.2.2 Funciones principales.

- Generar energía eléctrica cuando falla la red eléctrica.
- Mantener una generación a 220 voltios a 60 hertzios o a 440 voltios a 60 hertzios dependiendo de la red de instalación.
- Mantener la frecuencia de generación.
- Mantener la generación ininterrumpida mientras está encendido regulando la carga suministrada.
- Estar siempre preparado para suplir la emergencia.

### 3.2.3 Funciones Secundarias.

- Trabajar con el menor ruido posible.
- Controlar la combustión del motor diesel para disminuir la contaminación de sus gases de escape.
- Mantener el precalentamiento del motor y la batería cargada.

### 3.2.4 Análisis de fallas.

Tabla 9. Criterios para calificación de falla por consecuencia

VALOR	CONSECUENCIA	CRITERIO
10	Extremadamente dañino	Muerte, otros lesionados y enorme perdida financiera
7	Muy dañino	Lesionados y pérdidas considerables
5	dañino	Pocos lesionados y perdidas considerables
3	leve	Ningún lesionado o daño

Fuente: el autor.

Tabla 10. Criterio para la calificación de falla por Probabilidad

VALOR	PROBABILIDAD	CRITERIO
10	Muy probable	El daño ocurrirá siempre o casi siempre
7	Probable	El daño ocurrirá en algunas ocasiones
5	Poco probable	El daño ocurrirá ocasionalmente
3	Improbable	El daño no ocurrirá

Fuente: el autor

Tabla 11. Criterio de intervención

VALOR	SEÑAL DE INTERVENCIÓN	COLOR
70-100	Máximo	
50-69	Tolerable	
9-49	Mínimo	

Fuente: el autor.

Tabla 12. Fallas funcionales y los parámetros realizar el mantenimiento predictivo

Falla funcional	Síntoma de la falla funcional	Modo de falla	Efecto de la falla funcional	Críticidad de la falla		Intervención	Tareas a realizar	Herramienta predictiva	Rango de medición adecuada
				Cons	Prob				
No esta preparado para suplir una emergencia	Fallas antes de arrancar el equipo	El alternador no carga	No arranca el motor de grupo	3	7	21	Repara alternador El circuito de conexión del alternador o la masa se encuentran desconectadas	Multímetro automotriz	Continuidad
No esta preparado para suplir una emergencia	Fallas antes de arrancar el equipo	El interruptor de presión de aceite de la bomba de lubricación se encuentra pegado	El motor se quedaría sin lubricación	10	6	60	Cambio del interruptor de presión de aceite	Multímetro automotriz	Continuidad
No esta preparado para suplir una emergencia	Fallas antes de arrancar el equipo	La bomba de aceite no se mueve	El motor no tiene lubricación	10	6	60	Retire del equipo y repararlo	Manómetro	1 Kg/cm <sup>2</sup> al ralentí y de 4 a 5 kg/cm <sup>2</sup>
No esta preparado para suplir una emergencia	Daño en el motor	Agua en el cilindro.	No arranca el motor de grupo	10	4	40	Empaquetadura de la culata defectuosa, se debe reemplazar	Instrumentos	No aplica
No esta preparado para suplir una emergencia	Daño en el motor	El pistón golpea las válvulas	No arranca el motor de grupo	10	4	40	Calentamiento del motor Regulación incorrecta de las válvulas. Válvulas trabadas.	Analizador de vibraciones	Según indicación de fabricante
No esta preparado para suplir una emergencia	Daño en el motor	El pistón cabecea	No arranca el motor de grupo	10	4	40	Cilindros desgastados Segmentos desgastados Segmentos atascados o rotos	Analizador de vibraciones	Según indicación de fabricante

Tabla 12. (Continuación)

Falla funcional	Síntoma de la falla funcional	Modo de falla	Efecto de la falla funcional	Críticidad de la falla		Intervención	Tareas a realizar	Herramienta predictiva	Rango de medición adecuada
				Cons	Prob				
No mantiene la generación a las condiciones deseadas	Fallas antes de arrancar el equipo	Las conexiones y los interruptores se encuentran oxidados	Las conexiones generan calentamientos	3	3	9	Corregir las conexiones eléctricas	Termografía	entre 55 °C o más
No mantiene la generación a las condiciones deseadas	el motor no arranca	Baja velocidad del giro de arranque	No arranca el motor de grupo	2	10	20	Revise el motor de arranque	Instrumentos	No aplica
No mantiene la generación a las condiciones deseadas	El motor arranca pero el generador no funciona	Falta de potencia	No arranca el generador	4	7	28	Combustible malo, debe remplazarse Existen fugas o dobleces en las tuberías	Instrumentos	No aplica
No mantiene la generación a las condiciones deseadas	El motor arranca pero el generador no funciona	Fuga en la admisión del aire	No se estabiliza el motor	3	10	30	Se debe verificar el múltiple de admisión de aire Limpie o remplace el filtro de aire	Instrumentos	No aplica
No mantiene la generación a las condiciones deseadas	El motor arranca pero el generador no funciona	Falta de potencia	No se estabiliza el motor	5	9	45	La sincronización de inyección de combustible no funciona Ajuste la potencia, es muy bajo en la inyección.	Escáner para motor diesel	Manual del equipo, listado de fallas
No mantiene la generación a las condiciones deseadas	El motor arranca pero la velocidad de baja no es correcta	El turbo compresor no funciona	La generación se realiza a una frecuencia incorrecta, el voltaje es muy bajo	6	9	54	El turbo compresor tiene mucho carbón	Instrumentos	No aplica
No mantiene la generación a las condiciones deseadas	El motor arranca pero la velocidad de baja no es correcta	La presión de combustible es variable	La generación se realiza a una frecuencia incorrecta, el voltaje es muy bajo	5	8	40	Examine la bomba de combustible o la bomba de transferencia del equipo	Manómetro	Según indicación de fabricante

Tabla 12. (Continuación)

Falla funcional	Síntoma de la falla funcional	Modo de falla	Efecto de la falla funcional	Críticidad de la falla		Intervención	Tareas a realizar	Herramienta predictiva	Rango de medición adecuada
				Cons	Prob				
No mantiene la generación a las condiciones deseadas	El motor arranca pero la velocidad de baja no es correcta	La velocidad en RPM es muy baja	La generación se realiza a una frecuencia incorrecta, el voltaje es muy bajo	5	10	50	El regulador de velocidad se encuentra desajustado	Escáner para motor diesel	Manual del equipo, listado de fallas
No mantiene la generación a las condiciones deseadas	El motor arranca pero la velocidad de baja no es correcta	cambios repentinos de velocidad	La generación se realiza a una frecuencia incorrecta, el voltaje es muy bajo	5	10	50	Se debe buscar daños y roturas en las varillas del regulador. Verifique el desplazamiento libre de las varillas	Instrumentos	No aplica
No mantiene la generación a las condiciones deseadas	Fallas detectadas por el control del grupo electrógeno antes de la conmutación	La variación de tensión es superior a un minuto	El generador genera un fluido eléctrico no conforme	7	5	35	se deben instalar intercambiadores automáticos de taps en los transformadores luego del generador	Analizador de redes eléctricas	220 Voltios a 60 Hz, carga de 500 KVA
No mantiene la generación a las condiciones deseadas	Fallas detectadas por el control del grupo electrógeno antes de la conmutación	Desbalance de tensión	El generador genera un fluido eléctrico no conforme	7	5	35	Las cargas monofásicas no están balanceadas en los sistemas trifásicos Existen anomalías en los bancos de condensadores	Analizador de redes eléctricas	220 Voltios a 60 Hz, carga de 500 KVA
No mantiene la generación a las condiciones deseadas	Fallas detectadas por el control del grupo electrógeno antes de la conmutación	Generación con armónicos de tensión	El generador genera un fluido eléctrico no conforme	7	5	35	Presenta daños en el embobinado	Analizador de redes eléctricas	220 Voltios a 60 Hz, carga de 500 KVA
No mantiene la generación a las condiciones deseadas	Fallas detectadas por el control del grupo electrógeno antes de la conmutación	Generación de armónicos de corriente	El generador genera un fluido eléctrico no conforme	7	5	35	La conmutación de la transferencia no es correcta, debe ser calibrada	Analizador de redes eléctricas	220 Voltios a 60 Hz, carga de 500 KVA

Tabla 12. (Continuación)

Falla funcional	Síntoma de la falla funcional	Modo de falla	Efecto de la falla funcional	Críticidad de la falla		Intervención	Tareas a realizar	Herramienta predictiva	Rango de medición adecuada
				Cons	Prob				
No mantiene la generación a las condiciones deseadas	Fallas detectadas por el control del grupo electrógeno o antes de la conmutación	Muestras de tensión (NOTCHES)	El generador genera un fluido eléctrico no conforme	7	5	35	La conmutación de la transferencia no es correcta, debe ser calibrada	Analizador de redes eléctricas	220 Voltios a 60 Hz, carga de 500 KVA
No mantiene la generación a las condiciones deseadas	Fallas detectadas por el control del grupo electrógeno o antes de la conmutación	variaciones de frecuencia	El generador genera un fluido eléctrico no conforme	7	5	35	El motor cambia de velocidad súbitamente	Analizador de redes eléctricas	220 Voltios a 60 Hz, carga de 500 KVA
No se mantiene la tensión de generación interrumpidamente	El motor arranca pero tiene una combustión ruidosa	El motor arranca y para repentinamente	La generación se interrumpe	4	9	36	Combustible de mala calidad Baja la sincronización de combustible	Escáner para motor diesel	Manual del equipo, listado de fallas
No se mantiene la tensión de generación interrumpidamente	El motor arranca pero tiene una combustión ruidosa	Ruido en el tren de válvulas	El motor genera mucho ruido	4	9	36	Reemplace los resortes y trabas de las válvulas se encuentran rotas	Instrumentos	No aplica
No se mantiene la tensión de generación interrumpidamente	El motor arranca pero tiene una combustión ruidosa	Golpeteo en el tren de válvulas	El motor genera mucho ruido	9	6	54	La lubricación es insuficiente Ajuste o reemplace los puentes de las válvulas Cambie los resortes de las válvulas se encuentran rotos	Analizador de vibraciones	Según indicación de fabricante
No se mantiene la tensión de generación interrumpidamente	El motor arranca pero tiene una combustión ruidosa	Ruido en el motor	El motor genera mucho ruido	6	4	24	Falla en el cojinete de biela, debe remplazarse Engranajes averiados, deben remplazarse	Analizador de vibraciones	Según indicación de fabricante

Tabla 12. (Continuación)

Falla funcional	Síntoma de la falla funcional	Modo de falla	Efecto de la falla funcional	Críticidad de la falla		Intervención	Tareas a realizar	Herramienta predictiva	Rango de medición adecuada
				Cons	Prob				
No se mantiene la tensión de generación interrumpidamente	El motor arranca pero la vibración es muy alta	El amortiguador de vibración y la polea se han aflojado	El motor genera mucho ruido	3	5	15	Ajuste los pernos de tuercas amortiguador de vibración	Analizador de vibraciones	Según indicación de fabricante
No se mantiene la tensión de generación interrumpidamente	El motor arranca, pero genera mucho humo blanco o azul	Guías de válvulas gastadas	El motor genera muchos gases tóxicos durante la combustión	8	6	48	Reemplace las grúas de la culata	Analizador de vibraciones	Según indicación de fabricante
No se mantiene la tensión de generación interrumpidamente	El motor arranca, pero genera mucho humo blanco o azul	Anillos de pistón rotos o desgastados	El motor genera muchos gases tóxicos durante la combustión	8	6	48	Reemplace los anillos, reparación intermedia de motor	Opacímetro	Tabla por generación de motor
No se mantiene la tensión de generación interrumpidamente	El motor arranca, pero genera mucho humo blanco o azul	Fuga por le sello de aceite de turbo-compresor	El motor genera muchos gases tóxicos durante la combustión	8	7	56	Reemplace el sello de aceite del turbo-compresor	Instrumentos	No aplica
No se mantiene la tensión de generación interrumpidamente	El motor arranca, pero genera mucho humo blanco o azul	Aceite en el escape	El motor genera muchos gases tóxicos durante la combustión	8	6	48	Fugas de aceite	Instrumentos	No aplica
No se mantiene la tensión de generación interrumpidamente	Demasiado humo gris - negro	Anillos de pistón rotos o desgastados	El motor genera muchos gases tóxicos durante la combustión	8	6	48	Reemplazar los anillos gastados	Opacímetro	Tabla por generación de motor
No se mantiene la tensión de generación interrumpidamente	Demasiado humo gris - negro	Inyectores en malas condiciones	El motor genera muchos gases tóxicos durante la combustión	8	6	48	Revisión de inyectores	Escáner para motor diesel	Manual del equipo, listado de fallas

Tabla 12. (Continuación)

Falla funcional	Síntoma de la falla funcional	Modo de falla	Efecto de la falla funcional	Críticidad de la falla		Intervención	Tareas a realizar	Herramienta predictiva	Rango de medición adecuada
				Cons	Prob				
No se mantiene la tensión de generación interrumpidamente	Demasiado humo gris - negro	Refrigerante en el aceite	El motor genera muchos gases tóxicos durante la combustión	8	6	48	Reemplace la empaquetadura de culata o la culata	Opacímetro	Tabla por generación de motor
No se mantiene la tensión de generación interrumpidamente	Demasiado humo gris - negro	Refrigerante demasiado caliente	El motor se recalienta	8	6	48	Reemplace el refrigerante del motor La válvula de alivio del motor tiene un defecto El termostato del motor se encuentra dañado y debe remplazarse	Termómetro	88°C a 100°C
No se mantiene la tensión de generación interrumpidamente	Demasiado humo gris - negro	La temperatura en el escape es demasiado alta	El motor se recalienta	8	5	40	Revisar la inyección de combustible es incorrecta	Opacímetro	110 °C 200 °C
No se realiza generación eléctrica	Fallas antes de arrancar el equipo	Batería tiene poca carga	No arranca el motor de grupo	3	7	21	Verificar la condición de la batería	Multímetro automotriz	Voltaje
No se realiza generación eléctrica	Fallas antes de arrancar el equipo	El solenoide del motor de arranque no se mueve	No arranca el motor de grupo	3	7	21	Reemplazar el solenoide	Multímetro automotriz	Continuidad
No se realiza generación eléctrica	Fallas antes de arrancar el equipo	el motor de arranque no se mueve	No arranca el motor de grupo	3	7	21	Retire del equipo y repararlo	Multímetro automotriz	Voltaje
No se realiza generación eléctrica	Fallas antes de arrancar el equipo	El motor se encuentra atorado en el cigüeñal	No arranca el motor de grupo	10	2	20	Retira los inyectores y revisar los pistones	Instrumentos	No aplica
No se realiza generación eléctrica	el motor no arranca	Tubería de combustible sucia o rota	No arranca el motor de grupo	6	2	12	Repara las tuberías del equipo	Instrumentos	No aplica

Tabla 12. (Continuación)

Falla funcional	Síntoma de la falla funcional	Modo de falla	Efecto de la falla funcional	Criticidad de la falla		Intervención	Tareas a realizar	Herramienta predictiva	Rango de medición adecuada
				Cons	Prob				
No se realiza generación eléctrica	el motor no arranca	La presión de combustible es muy baja	No arranca el motor de grupo	3	4	12	A las RPM de arranque, la presión mínima del combustible en la bomba de transferencia debe ser 20 kPa, cambie el elemento filtrante. Busque aire en el sistema de combustible es todavía baja compruebe si la válvula de control de combustible y la bomba de transferencia de combustible funcionan correctamente.	Manómetro	20 Kpa
No se realiza generación eléctrica	el motor no arranca	No llega combustible a los cilindros	No arranca el motor de grupo	3	6	18	Poco combustible en le tanque, saque el aire del sistema de combustible. El combustible es de muy baja calidad	Instrumentos	No aplica
No se realiza generación eléctrica	el motor no arranca	Pistón atascado, cojinetes atascados	No arranca el motor de grupo	10	4	40	Escases de aceite, fuga de aire en el lado de aspiración de la bomba de aceite.	Instrumentos	No aplica
No se realiza generación eléctrica	el motor no arranca	Baja presión de combustible	No arranca el motor de grupo	3	9	27	Asegúrese de que haya combustible en el tanque Curre las fugas de combustible. Cambie la válvula de control de combustible	Manómetro	20 Kpa

Fuente: el autor.

### 3.3 PARÁMETROS PARA LA REALIZACIÓN DE MEDICIONES CON ANALIZADORES DE REDES ELÉCTRICAS

3.3.1 Variaciones de tensión de estado variable. Son las desviaciones de valor de eficacia de la tensión de alimentación a la frecuencia establecida.

Los valores de referencia son<sup>21</sup>:

Tabla 13. Valores de referencia variaciones de tensión

Periodo de evaluación con el analizador	La tensión debe permanecer en estado estable entre +/- 10% de la tensión de alimentación
---	--

<sup>21</sup> INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS. Norma colombiana par a la calidad de la potencia eléctrica NTC 5001. Primera actualización. Bogotá: ICONTEC 2008. 14 p.

	externa, en un periodo de evaluación una semana cada 10 minutos al día.
--	---

Fuente: al autor

3.3.2 Desbalance de la tensión. Este índice caracteriza la magnitud y las asimetrías del ángulo de fase de las tensiones trifásicas en operación de estado estable.

Tabla 14. Valores de referencia de porcentaje máximo de desbalance de tensión

Rango de tensión	Valores de referencia
Vn<69 KV	2.0%
Vn>69 KV	1.5%

Fuente: ICONTEC, NTC 5001.

3.3.3 Armónicos de tensión. Los armónicos de tensión son ondas sinodales cuyas frecuencias son múltiplos enteros de la frecuencia fundamental de 60 Hertzios.

Tabla 15. Valores de referencia de distorsión de armónicos totales de tensión<sup>22</sup>

Rango de tensión	Distorsión armónica individual (%)	Distorsión armónica total (%)
1 KV a < Vn < 69 kV	3.0	5.0
69 KV < Vn < 161 KV	1.5	2.5
Vn > 161 KV	1.0	1.5

Fuente: ICONTEC, NTC 5001.

3.3.4 Armónicos de corriente. Las cargas no lineales conectadas a un generador producen corrientes armónicas que se propagan al sistema de potencia causando distorsión en los armónicos de tensión.

Se deben registrar en intervalos de 10 minutos en un periodo de evaluación de una semana.

Los valores límites de distorsión de corriente armónica individual (Di) y la distorsión total de demanda (TDD) en porcentaje de la corriente de carga (IL).

Tabla 16. Valores límites de distorsión de corrientes

Relación Is/IL	<11	11<h<17	17<h<23	23<h<35	h>35	TDD
<25	1.0	0.5	0.38	0.15	0.1	1.5
25<50	2.0	1.0	0.75	0.3	0.15	2.5
>50	3.0	1.5	1.15	0.45	0.22	3.75

Fuente: ICONTEC, NTC 5001.

<sup>22</sup> Ibit 16 p.

### 3.4 PARÁMETROS PARA LA REALIZACIÓN DE PRUEBAS CON OPACÍMETROS EN MOTORES DIESEL.

La normatividad europea para el control de gases de combustión establece unos porcentajes mínimos para los motores diesel desde el año 2000, esta normativa busca que los motores de los vehículos industriales y los motores estacionarios sean vendidos en el territorio europeo siguiendo esta normatividad y establecer los parámetros de funcionamiento adecuado de los motores.

Los motores de inyección electrónica producidos y comercializados en Europa deben cumplir esta normatividad y son los parámetros para las inspecciones predictivas para determinar la condición del equipo<sup>23</sup>.

Tabla 17. Valores propuestos por Europa para el manejo de motores diesel y su verificación para el mantenimiento predictivo

Sustancia química	EURO 3 en el 2000 (en g/Km)	EURO 4 en el 2005 (en g/Km)
CO	2	1.4
HC	0.6	0
NOx	5	3.5
HC + NOx	0.6	0.46
Partículas	0.1	0.065
Tipo de motor	Motor industrial o vehículo industrial de más de 7.5 toneladas	Motor industrial o vehículo industrial de más de 7.5 toneladas

Fuente: Christian Barstsch.

<sup>23</sup> BRATSH CRISTIAN. Revolución del motor diesel, desarrollo de la inyección directa. Editorial CEAC técnica automóvil: Barcelona (España) .2005. 255 p.

#### 4. RUTAS PARA EL MANTENIMIENTO PREDICTIVO

##### 4.1 RUTA DE INSPECCIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y PREDICTIVO PARA VERIFICAR EL ESTADO Y CORREGIR FALLAS

Tabla 18. Ruta de mantenimiento preventivo y predictivo

HOTEL		PUNTOS CLAVES DE INSPECCIÓN							Ubicación:	PLANTA ELÉCTRICA
		Nombre:	CATERPILLAR 512 kw A 1800 RPM	Código	1	Hoja	1	de	2	PROGRAMA DE MANTENIMIENTO
ÍTEM	DETALLE DE INSPECCIÓN	CANTIDAD DE PUNTOS	LÍMITES		TIEMPO (min)		FRECUENCIA (semanas)	OBSERVACIONES		
<b>RUTA (DIARIA)</b>										
1	Estado filtro de aire	1	Que no se encuentre sucio u obstruido		3		0			
2	Nivel de aceite		Que no tenga escapes y estado de nivel de aceite		2			Varilla de nivel		
3	Estado del separador de aceite	1	Que no tenga fugas en la tapa del filtro y sus mangueras		10					
4	Verificar que no existan fugas de aceite en los conductos	1	que no tenga fugas en el sistema de lubricación del motor		12					
5	Estado de las mangueras	6	Que no éste rota o cristalizada		10					
6	Estado del drenaje de combustible	1	Separador de combustible y agua		5			Válvula de drenaje		
7	Estado del horometro	1	A tenga accionamiento manual		7					
<b>RUTA(MENSUAL)</b>										
8	Estado de la válvula de seguridad	1	Que se deslice el pistón		10		4			
9	Estado del filtró de aceite		Lectura en el visor "verde"		7					
10	Estado del cargador de baterías	1	Nivel de baterías en 12 voltios y 24 voltios respectivamente		12					
11	Estado del horometro		Hora de operación mensual		7					

Tabla 18 (continuación)

12	Número de ejercicios realizados en la semana	1	Programación de rutina de ejercicio de arranque semanal	10	4	Control electrónico del equipo
13	Ajuste de las racores de las mangaras	1	Utilizar los torques recomendados en el manual del fabricante	15		Mangueras de motor
14	Drenaje automático	1	Drenaje automático de equipo	8		Tanque de drenaje
15	Paso de aceite del bloque del motor	1	Línea de retorno desde el tanque separador	5		Visor de tanque
<b>RUTA(BIMENSUAL)</b>						
16	Inspección del alternador	1	Desmante del alternador y verificación	25	8	
17	Inspección de la correa del alternador	1	Revisión de la correa del alternador	15		
18	Revisión de las baterías	1	Inspeccionar nivel de líquido y carga	10		
19	Revisión del motor de arranque	1	Desmante del motor de arranque y verificación	30		
20	Inspección de los cables del motor de arranque y al tierra	1	revisión de los cables del motor	10		
21	Inspección del filtro de aire	1	Inspección para su aceptación o su remplazo	5		Cambio del filtro
22	Inspección para el cambio de separador de agua	1	Inspección para su aceptación o su remplazo	5		Cambio del filtro
23	inspección del nivel de refrigerante y tanque de recuperación	1	Rellenado de nivel de refrigerante	10		
24	Inspección del radiador del motor	1	Estructura y que no tenga fugas	15		
<b>RUTA(ANUAL)</b>						
25	Conexiones eléctricas	6	resistibilidad relevo y arranque	20	52	Con Multímetro
26	Protecciones eléctricas	60	conductividad eléctrica en contactores, cable, breaker	25	52	Con Multímetro
27	Inspección termográficas de los tableros eléctricos	4	Limites de temperatura por pruebas con el generado encendido sin carga	160	52	cámara termográficas
28	Sistema de control y protección	1	Monitor del panel de control, indicadores en verdes y rojos	20	52	Con Multímetro
29	Toma de muestra de Carter del motor para análisis de aceite	1	Análisis de concentración de partículas y elementos en el aceite lubricante del motor. Las concentraciones dependen del tipo de lubricante y su tiempo de uso.	30	52	Realización en campo y desplazamiento a laboratorio especializado

Tabla 18 (continuación)

30	Revisión del computador de motor	1	Conexión del escáner de motor, análisis de fallas y borrado de alarmas	150	52	Conexión del escáner del motor
31	Revisión del generador por medio de un analizador de red eléctrica	1	Conexión del analizado y revisión con el generador encendido y sin carga	150	52	conexión del analizador de red
21	Análisis de gases de combustión de motor diesel	1	Análisis de concentraciones de partículas y gases de combustión del motor diesel	120	52	Opacímetro

Fuente: el autor.

## 5. TÉCNICAS DE MONITOREO POR CONDICIÓN DEL MANTENIMIENTO PREDICTIVO

Cada uno de los métodos de orden instrumental pueden aportar resultados importantes para el análisis de la situación que genera alguna o todas las causas raíces de las fallas presentadas en el análisis de fallas.

De las técnicas de control descritas, se pueden agrupar tres de ellas para la aplicación en el mantenimiento predictivo de generadores eléctricos en general: Térmicas, Tribología y de vibraciones<sup>24</sup>.

Tabla 19. Comparación de los tres instrumentos avanzados específicos técnicos de control

<b>Elementos de control</b>	<b>Estudios y vigilancia térmicos</b>	<b>Monitoreo tribológico</b>	<b>Vigilancia con vibraciones</b>
<b>Medios para la transmisión de información a través de la máquina</b>	Objetos o elementos sólidos o fluidos, que posean conductividad térmica.	Aceites lubricantes o de refrigeración, grasas u otro fluido con características medibles.	Elementos sólidos. Están en función de las características elásticas y másicas de los sólidos.
<b>Elementos vigilados y monitoreados</b>	Elementos o sistemas que desprenden calor por movimientos físicos o transmisión de energía. Sistemas térmicos con fluidos para transmitir calor. Intercambiadores.	Cualquier componente que esté lubricado: cojinetes, componentes de transmisión (engranes, acoples, levas, ejes), bombas de lubricación etc.	Elementos, componentes o máquinas con movimiento independiente o relativo entre sus partes.
<b>Averías encontradas</b>	Averías en el sistema de daño en mecanismos, bloqueo de contactos, fugas de calor, contaminación de líquidos refrigerantes. Excesos de carga en equipos estándares y convencionales.	Daños, averías, fugas, grietas, etc. o cualquier otro tipo de deterioro puntual o progresivo de sistema. Características de materiales, de desgaste, de aceites o fugas en los sistemas lubricados.	Elementos de reposición de elementos en movimiento, formas de desgaste en materiales por fricción. Elementos de rotación ejes y flechas.
<b>Maquinas de vigilancia y monitoreo</b>	Termocuplas, termómetros de fluidos o bimetálicos, termopares, termo-resistencias, termistores, instrumentos asociados a registros de temperatura,	Elementos o filtros cambiables en carga, clavijas magnéticas para examen visual de restos utilizando microscopio, espectrómetro para el análisis de material en suspensión,	Acelerómetro más equipos electrónicos de proceso para visualizar valores promedios en el tiempo. Filtros de frecuencias y registradores para análisis de

<sup>24</sup> MORA Alberto. Mantenimiento Industrial Efectivo. primera edición. Medellín. Fuentes Litográficas Limitada. 2009. 290 p.



certificados metrológicamente para garantizar las mediciones y eliminar las fallas y ruidos presentados en los elementos de medición.

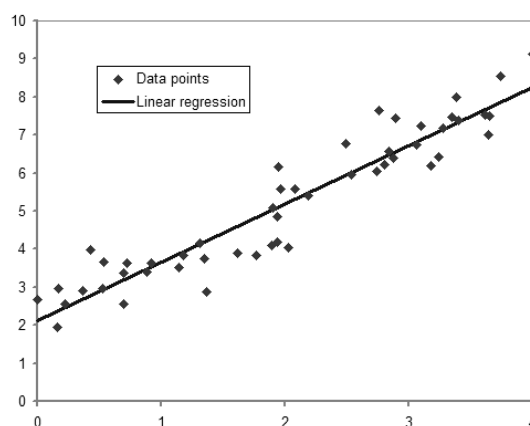
Por medio de la rutina de mantenimiento predictivo se realizan inspecciones sobre el generador eléctrico dependiendo del tiempo de medición y se registra las mediciones en el formato de registro de mediciones y tendencias de falla en generadores eléctricos.

Por medio del “cuadro de fallas” se puede establecer la falla dependiendo del instrumento de medición utilizado y la dimensión estableciendo un rango de valor de cada una de las dimensiones metrológicas establecidas en la instalación por el fabricante del equipo, por ejemplo al realizar una medición en los gases de combustión y estableciendo el tipo de motor se puede establecer un rango de más o menos un porcentaje mínimo para que el equipo sea confiable y determinar como este se ha comportado durante dos a más mediciones.

Por medio del formato de información básica de generadores eléctricos y las tablas de condiciones suministradas por el fabricante se puede establecer cada rango de condición.

Por medio de una herramienta de regresión de tipo lineal se puede establecer en que momento se encontrará fuera de los parámetros y proceder a su corrección de manera predictiva, planificando la reparación sin detener el servicio.

Figura 14. Regresión lineal



Fuente: Amatulic

Las predecir el momento de falla se puede establecer los tipos de fallas y tomar acciones para corregirlas según la condición del equipo, lo cual es muy útil en equipos que permanecen en espera de funcionamiento o standby como los generadores eléctricos.

## CONCLUSIONES

En costos indirectos de prestación del servicio de alojamiento, uno de los rubros que requiere de medición permanente y adecuado control debido a su alto valor, es el de los “energéticos”. Los planes de mantenimiento deben ser implementados para el adecuado uso y control en los hoteles de los sistemas energéticos, los cuales requieren fuertes inversiones de implementación pero al largo plazo ahorran en los costos operativos.

Los costos del mantenimiento requieren de una buena planificación en cuanto a la prevención y predicción, el control adecuado en la asignación y contratación de recursos en reparaciones correctivas, para garantizar el servicio y hacer aumentar la rentabilidad del negocio.

El mantenimiento predictivo establece rutinas de inspección y seguimiento de mediciones de parámetros establecidos para la predicción de fallos por condición los equipos, evitando las fallas correctivas no planificadas y el desperdicio de recursos por falta de mantenimiento o sobre-mantenimiento a los generadores eléctricos.

Los grupos electrógenos utilizados por los 10 hoteles más representativos del sector en la ciudad de Bogotá se encuentran tienen similares características y la utilización de fuel diesel como combustible, por lo tanto el plan de mantenimiento predictivo se puede implementar en estos hoteles.

La condición de emergencia de las plantas eléctricas utilizadas por el sector hotelero hacen que el plan de mantenimiento predictivo garantice la prestación de servicio y la disponibilidad a sus huéspedes.

## BIBLIOGRAFÍA

ARIAS GALICIA, Fernando. Introducción a la técnica de investigación en la ciencia de la administración, México: Trillas, 1971.

ASOCIACIÓN HOTELERA COLOMBIANA (COTELCO), Boletín de indicadores Hoteleros. Marzo de 2010. Número 101

BOTERO BOTERO, Ernesto, Notas de clase de Mantenimiento Preventivo, Post Grado en Gerencia de Mantenimiento. Universidad Industrial de Santander. Escuela de Ingeniería Mecánica: Bucaramanga. 2009. 25 p.

DEUTZ AG, Manual de taller para motores Diesel Deutz refrigerados por aire. 1ed. Köln. Frankfurt: Edición de la Sección de Servicio de la Klöckner-Humboldt Deutz AG. 1879. 52 p.

DETROIT DIESEL, Manual de taller de controles electrónicos del motor Detroit. Explica los dispositivos de control como el optimizador de marcha. Escrito en español. Chicago: 2009. 25 p.

DOUNCE VILLANUEVA, Enrique. La productividad en el mantenimiento industrial. Segunda edición. México D.F.: Cecsa, 1998. 1-348 p.

ENCICLOPEDIA SALVAT DE LAS CIENCIAS. Mecánica .1ª .ed. Pamplona: Salvat, S.A. de ediciones, 1968. 324 p.

HERNÁNDEZ, Natacha, Importancia del mantenimiento en los motores diesel, Madrid: Editores PUERTO ORDAZ, 2005. 1 p.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS. Norma Técnica sectorial Colombiana NTSH 006, Clasificación de establecimientos de alojamiento y hospedaje. Categorización por estrellas de hoteles. Requisitos, Bogotá: ICONTEC. 2009. 12 p.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS. Norma técnica colombiana de sistemas de Gestión de la Calidad. Requisitos. Segunda actualización. Bogotá D.C.: ICONTEC, 2000. 28 p. NTC 9001 versión 2000.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS. Norma técnica colombiana de sistemas de mantenimiento. Segunda actualización. Bogotá D.C.: ICONTEC, 1990. 28 P. NTC 68. 12 p.

LINERO WELCKER, Alejandro. Las funciones de un escáner. Revista Asuntos Diesel. Agosto de 2008, Edición 16. 8 p.

MÁLVATE, Paulo. Revista caminos y buses, El motor Diesel y la contaminación. Ediciones Hispanoamericana; Marzo 2004. 26 p.

MINISTERIO DE COMERCIO, INDUSTRIA Y TURISMO, Plan sectorial 2002-2006, Bogotá, 2002, 5 p.

MORENO, Ángel. Notas de clase de curso de Motores de Combustión interna. Ouro Diesel, 2004, capítulo 1. Barcelona: 2004. 20 p.

MUÑOS VILLA, Oscar, Herramientas de diagnóstico automotriz. Revista Asuntos Diesel, Junio de 2008, Edición 15 p. y 32 p.

ORTEGA PLANA, Juan María y VÁZQUEZ, José Ramírez. Maquinas de corriente alterna. Barcelona, Ediciones Ceac S.A, 1973. 255 p.

PULIDO ARBELÁEZ, Manual. Equipos eléctricos autónomos: generadores, motosoldaduras y grupos electrógenos. Editorial Paraninfo. Madrid. 1999 159 p.