

**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DE LAS
AMÉRICAS**

ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN

**Diseño del manual de mantenimiento para generadores
eléctricos de un hospital público**

NOMBRE DEL AUTOR

Luis Alfredo Achan Rojas

Contenido

1. Justificación	1
2. Planteamiento del problema	2
3. Objetivos.....	2
3.1 Objetivo general del proyecto.....	2
3.2 Objetivos específicos del proyecto	2
4. Antecedentes.....	3
4.1 Antecedente 1	3
4.2 Antecedente 2	5
4.3 Antecedente 3	8
5. Alcance	10
6. Limitaciones.....	10
Capítulo 1	11
7. Diagnóstico	12
7.1 Descripción de la empresa.....	12
7.2 Instalaciones	12
7.3 Equipo.....	13
7.4 Situación actual.....	15
Capítulo 2	17
8. Marco teórico	18
8.1 Definición de mantenimiento	18
8.2 Mantenimiento correctivo	21
8.3 Mantenimiento predictivo	22
8.4 Mantenimiento preventivo	23
8.5 Beneficios del mantenimiento preventivo	24
8.6 Los requisitos del mantenimiento preventivo.....	25

	xx
8.7 Características del mantenimiento preventivo	26
8.8 Pasos para un efectivo mantenimiento preventivo	22
8.9 Pasos por seguir	23
8.10 Procedimiento de mantenimiento preventivo (listado de rutinas).....	24
8.11 Plan de implementación	24
8.12 Grupo electrógeno	25
8.13 Arranque manual o automático	28
8.14 Motor de combustión interna.....	29
8.15 Motor de diésel.....	30
8.16 Principio de funcionamiento del motor de diésel	30
8.17 Hoja de trabajo.....	31
8.18 Guía para la elaboración de rutinas de mantenimiento preventivo CCSS	32
8.19 Licitación	32
Capítulo 3	33
9. Marco metodológico	34
9.1 Método	34
9.2 Tipo de investigación.....	34
9.3 Fuentes de información.....	35
9.3.1 Fuentes primarias.....	35
9.3.2 Fuentes secundarias	35
9.4 Variables	35
9.4.1 Definición conceptual.....	35
9.4.2 Definición instrumental	35
9.5 Definición operacional.....	36
9.6 Descripción de instrumentos.....	36

Capítulo 4	37
10. Desarrollo	38
10.1 Diagnóstico de la situación actual	38
10.1.1 Descripción de la empresa	38
10.1.2 Definición del proyecto por diseñar o problema por solucionar	41
10.1.3 Recolección de información y lista de necesidades	42
10.2 Propuesta de solución.....	46
10.2.1 Tabulación de datos y diseño de la propuesta	46
10.3 Interpretación de resultados y aportes	57
10.3.1 Cronograma de implementación.....	57
10.3.1.1 Lista de <i>Check List</i> por frecuencia y sistema.....	66
10.3.2 Equipo y herramientas.....	78
10.3.3 Inventario.....	79
10.3.4 Evaluación económica.....	84
11. Conclusiones	88
12. Recomendaciones	89
13. Bibliografía.....	91
14. Anexos	92
14.1 Guía para la elaboración de rutinas de mantenimiento preventivo CCSS	92
14.2 Empresa externa que realiza el mantenimiento preventivo.....	107
14.3 Procedimientos de mantenimiento	110
14.4 Sustitución del aceite de motor	110
14.5 Cambio del filtro de aceite.....	111
14.6 Cambio de filtro de combustible	112
14.7 Inspección de la batería	113
14.8 Inspección de fugas	113

	xxi
14.9 Revisión de mangueras.....	114
14.10 Chequeo de fajas	114

Indice de tablas

Tabla 1 Generadores eléctricos. Fuente propia	13
Tabla 2 Cambios de insumos para generadores. Fuente: Licitación	43
Tabla 3 Costos de mantenimiento mensual y anual. Fuente: Licitación	43
Tabla 4 Actividades de mantenimiento. Fuente: Licitación	44
Tabla 5 Actividades de mantenimiento. Fuente: Licitación	45
Tabla 6 Actividades de mantenimiento. Fuente: Licitación	45
Tabla 7 Actividades de mantenimiento. Fuente: Licitación	45
Tabla 8 Sistema de admisión y escape. RP-EMA-01	48
Tabla 9 Sistema de combustible, RP-EMA-02.....	49
Tabla 10 Sistema eléctrico. RP-EMA-03.....	50
Tabla 11 Sistema de lubricación. RP-EMA-04.....	51
Tabla 12 Sistema de refrigeración. RP-EMA-05	52
Tabla 13 Sistema motriz. RP-EMA-06	53
Tabla 14 Sistema de transferencia y control. RP-EMA-07.....	54
Tabla 15 Sistema de generación. RP-EMA-08	55
Tabla 16 Otros sistemas. RP-EMA-09.....	56
Tabla 17 Hoja de trabajo. Sistema de admisión y escape, rutina RP-EMA-01. Fuente: Guía CCSS.....	57
Tabla 18 Hoja de trabajo. Sistema de combustible, rutina RP-EMA-02. Fuente: Guía CCSS.....	58
Tabla 19 Hoja de trabajo. Sistema eléctrico, rutina RP-EMA-03. Fuente: Guía CCSS	59
Tabla 20 Hoja de trabajo. Sistema de lubricación, rutina RP-EMA-04. Fuente: Guía	

CCSS.....	60
Tabla 21 Hoja de trabajo. Sistema de refrigeración, rutina RP-EMA-05. Fuente: Guía CCSS.....	61
Tabla 22 Hoja de trabajo. Sistema motriz, rutina RP-EMA-06. Fuente: Guía CCSS	62
Tabla 23 Hoja de trabajo. Sistema de transferencia y control, rutina RP-EMA-07. Fuente: Guía CCSS	63
Tabla 24 Hoja de trabajo. Sistema de generación, rutina RP-EMA-08. Fuente Guía CCSS.....	64
Tabla 25 Hoja de trabajo. Otros sistemas, rutina RP-EMA-09. Fuente Guía C.C.S.S.	65
Tabla 26 Tiempo requerido por el sistema de escape y admisión.	75
Tabla 27 Tiempo requerido por el sistema de combustible.....	75
Tabla 28 Tiempo requerido por el sistema eléctrico	76
Tabla 29 Tiempo requerido por el sistema de lubricación.....	76
Tabla 30 Tiempo requerido por el sistema de refrigeración.....	76
Tabla 31 Tiempo requerido por el sistema motriz.....	77
Tabla 32 Tiempo requerido por el sistema de transferencia y control	77
Tabla 33 Tiempo requerido por el sistema de generación.....	77
Tabla 34 Tiempo requerido por otros sistemas.....	78
Tabla 35 Inventario de consumibles	80
Tabla 36 Repuestos para generador Caterpillar modelo 3406	81
Tabla 37 Repuestos para generador Caterpillar modelo SRCR D343.....	82
Tabla 38 Repuestos para generador Cummins modelo QST30-G3	82
Tabla 39 Repuestos para generador Olympian modelo Perkins serie 700	83
Tabla 40 Repuestos para generador Olympian modelo Perkins serie 900	83
Tabla 41 Repuesto para generador Olympian modelo Perkins serie 400.....	84

Tabla 42 Hoja de trabajo. Fuente Guía CCSS	99
Tabla 43 Programación y periodicidad. Fuente: Guía CCSS.....	101
Tabla 44 Descripción de actividades. Fuente: Guía C.C.S.S.....	102
Tabla 45 Rutina de mantenimiento. Fuente: Empresa externa.....	108
Tabla 46 Rutina de mantenimiento. Fuente: Empresa externa.....	109

Índice de ilustraciones

Ilustración 1. Componentes de un generador eléctrico. Fuente: http://www.demaquinasyherramientas.com	29
Ilustración 2. Tiempos de un motor de diésel: Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Ciclo_de_cuatro_tiempos	31
Ilustración 3. Ubicación del Hospital San Juan de Dios	40
Ilustración 4. Gráfico de distribución del costo por sistema	86
Ilustración 5 Distribucción del costo de mantenimiento	87
Ilustración 6 Desmontaje y colocación del tapón del cárter. Fuente: Manual de operación de planta Cummins	110
Ilustración 7 Chequeo del nivel de aceite. Fuente: Manual de operación, planta Cummins.....	111
Ilustración 8 Desmontaje del filtro de aceite. Fuente: Manual de operación, planta Cummins.....	111
Ilustración 9 Montaje del filtro de aceite. Fuente: Manual de operación, planta Cummins.....	112
Ilustración 10 Montaje del filtro de combustible. Fuente: Manual de operación, planta Cummins.....	112
Ilustración 11 Llenado de líquido electrolítico. Fuente: Manual de operación, planta Cummins.....	113
Ilustración 12 Ejemplo de fugas de aceite en el motor. Fuente: Manual de operación, planta Cummins.....	113
Ilustración 13 Chequeo de mangueras. Fuente: Manual de operación, planta Cummins.....	114
Ilustración 14 Chequeo de fajas. Fuente: Manual de operación, planta Cummins .	114

Resumen ejecutivo

La finalidad de elaborar el presente trabajo final de graduación es diseñar un manual de mantenimiento preventivo de los generadores eléctricos del Hospital San Juan de Dios, ubicado en San José, Costa Rica. El principal objetivo de la investigación es detallar en dicho manual las actividades y la duración y la frecuencia con que se deben revisar los generadores eléctricos para su óptima condición de funcionamiento.

Como punto de partida se hace una recopilación de buenas prácticas de ingeniería de programas de mantenimiento para plantas de emergencia, partiendo de la licitación de mantenimiento preventivo de los generadores del hospital; esto con el fin de impulsar las actividades y la gestión mínima que requiere la institución en ese campo.

Para lograr una mayor gestión y adaptación del manual de mantenimiento preventivo al contexto operacional del hospital el manual se elabora en conjunto con la guía para la elaboración de rutinas de mantenimiento preventivo de la CCSS.

A la hora de plantear y preparar las actividades de mantenimiento se empieza por dividir el equipo (máquina) en sistemas. Posteriormente se definen las actividades de mantenimiento y se redactan las hojas de trabajo para cada sistema; esto con el objetivo de facilitar la gestión de mantenimiento de los generadores.

1. Justificación

El Hospital San Juan de Dios pertenece a la red de hospitales situados en la Gran Área Metropolitana con los que cuenta la Caja Costarricense de Seguro Social, y su función es dar atención médica continua a sus asegurados. Este hospital cuenta con varios generadores eléctricos que son los encargados de suplir la energía eléctrica en caso de problemas con la red eléctrica que alimenta a dicho hospital. Con la gran demanda de servicios que tiene la Caja costarricense de Seguro Social se han ampliado las instalaciones del hospital, lo que ha ocasionado mayor inversión en los equipos encargados de suministrar energía en caso de una avería o de corte del suministro. Todo ello ha provocado nuevas necesidades en las actividades de mantenimiento. Es importante recordar que las funciones de mantenimiento producen un bien real, que puede enfocarse en la capacidad de producir energía con eficiencia, seguridad y rentabilidad. Al sobrepasar la cantidad de años de vida útil de los equipos y si el mantenimiento que se aplica no es el adecuado esos equipos tienden a incrementar considerablemente su frecuencia de falla en perjuicio de la confianza en ellos. La aplicación oportuna del mantenimiento preventivo y predictivo en los equipos es un factor determinante para establecer las condiciones en las cuales está operando. Por medio de él es posible detectar y disminuir las averías que pueden presentar esos equipos. Es por ello que ante el crecimiento del hospital se ha detectado la necesidad inminente de crear procedimientos y diseñar programas de mantenimiento que garanticen la fiabilidad de los generadores cuando estén operando, con el fin de obtener un funcionamiento óptimo y reducir así los paros por averías. Los programas y procedimientos serán dotados de características para que el mantenimiento sea operativo, duradero y adaptable al contexto operacional de la institución.

2. Planteamiento del problema

¿Cuáles son las tareas de mantenimiento que deben incluirse en un programa de mantenimiento preventivo que permitan prevenir y por ende reducir las fallas en los generadores eléctricos del Hospital San Juan de Dios, ubicado en San José, Costa Rica?

3. Objetivos

3.1 Objetivo general del proyecto

Diseñar las tareas de mantenimiento que deben incluirse en un programa de mantenimiento preventivo que permita prevenir y por ende reducir las fallas en los generadores eléctricos del Hospital San Juan de Dios, ubicado en San José, Costa Rica?

3.2 Objetivos específicos del proyecto

- Recopilar información sobre buenas prácticas de ingeniería de programas de mantenimiento para plantas de emergencia, de la casa matriz, de la empresa ejecutora del programa y del área de mantenimiento de la CCSS, para una mejor gestión del manual de mantenimiento y su adaptación al contexto operativo del departamento de mantenimiento del hospital.
- Establecer actividades de mantenimiento, su duración y la frecuencia con la que se deben realizar, que permitan mantener los equipos en condiciones óptimas de trabajo.
- Recomendar una lista de repuestos que contribuya a reducir el tiempo de respuesta que se da cuando se reporta una avería.
- Estimar los costos que implica la implementación del plan de mantenimiento preventivo por proponer a la institución.

4. Antecedentes

4.1 Antecedente 1

Título: Plan de mantenimiento preventivo de equipos de inspección de la compañía Riteve SyC

Lugar: Universidad Internacional de las Américas.

Autor: Ing. Róger Alfredo Zúñiga Campos.

Año: 2007.

Este proyecto tuvo como objetivo el diseño de un programa de mantenimiento preventivo de los equipos de inspección con que cuenta la estación de RTV, ubicada en Lagunilla de Heredia. Para ello el autor realiza una evaluación de los equipos con el fin de asignar una clasificación adecuada para equipos a los que se le va a implementar el programa de mantenimiento preventivo. Para ello no se dejan de lado los criterios técnicos e incluye, además, el grado de afectación de estos equipos en los procesos de trabajo, lo que no permite dejar por fuera de la clasificación a equipos que técnicamente podrían estar fuera de un mantenimiento preventivo, pero que por políticas y características de la empresa deben ser incluidos a la hora de realizar el plan de mantenimiento. También se realiza una recopilación de las recomendaciones de la casa fabricante de los equipos de inspección. El autor las toma como propuestas iniciales para el programa que se desea establecer, que es muy importante, ya que basa el

diseño en el conocimiento del fabricante del equipo, quien en este caso es el que mejor lo conoce.

Durante el desarrollo de la investigación el autor propone apoyarse en la información del historial de mantenimiento con la que cuenta la empresa, la cual es necesaria para conocer la tendencia en cuanto a fallas y a equipos problemáticos. Estos pueden variar por diferentes factores pero ante la falta de esta información el investigador debe realizar una evaluación del estado actual en el que se encuentran los equipos. Como resultado de esta situación el autor encuentra dos favorables propuestas de mantenimiento preventivo. Ante eso expone la importancia del presupuesto destinado a la ejecución del programa de mantenimiento, así como aspectos como el tiempo y la disponibilidad de repuestos, los cuales podrían ser motivo de un paro prolongado de alguna de las líneas de inspección.

Por medio de la evaluación que se le asignó a cada equipo el investigador determina que varios de estos no se encuentran en buenas condiciones para las labores por el deterioro en que se encuentran. Por tal motivo un mantenimiento preventivo no llenaría las necesidades de la empresa, por lo cual el autor recomienda la implementación de un proceso correctivo para dejar en punto los equipos más deteriorados y, seguidamente, empezar con la implementación del mantenimiento preventivo, el cual va a garantizar a la empresa el buen estado de sus equipos. Se tendrá presente la recopilación de información de la casa fabricante y también el criterio del personal técnico. También se recomienda apoyarse en el historial de mantenimiento a la hora de confeccionar el manual.

4.2 Antecedente 2

Título: Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para equipos de lavandería

Lugar: Universidad Internacional de las Américas.

Autor: Jonathan Zúñiga Cambroner.

Año: 2009.

Este trabajo se realizó para crear un programa de mantenimiento preventivo de los equipos de lavandería de la empresa DRY CLEAN USA. Primeramente se hace un inventario técnico de los equipos de lavandería con los que cuenta la empresa, en el cual se recopila información técnica sobre los diferentes equipos. Además, el autor investiga y compila información relativa a recomendaciones de las casas fabricantes de los equipos de lavandería con los que cuenta la empresa para realizar las rutinas de mantenimiento. Se realiza también un inventario de los equipos, en el cual se resaltan aspectos y características como marca, modelo, número de placa y una breve descripción de las funciones que se realizan con dichos equipos. Cabe destacar que el autor hace una división de los equipos con los que cuenta la empresa y los clasifica en equipos electromecánicos, equipos de lavado, equipos de planchado y equipos de secado. Esto para tener un mayor control y orden a la hora de la asignación de las actividades de mantenimiento. Al referirse al desarrollo del plan de mantenimiento el autor se enfoca en aspectos como definición de actividades de mantenimiento para los diferentes equipos de la empresa con su respectiva clasificación, sistematización y descripción de las actividades por realizar, periodo en el cual se va a desarrollar dicha actividad y herramientas por utilizar; así mismo se incluye la duración que van a tener estas actividades.

En la descripción de las actividades el investigador indica: “Se definieron las actividades según las diferentes clases de equipos, para definir las se utilizaron los manuales respectivos de las casas fabricantes, quienes son los mejores conocedores de las capacidades de los mismos, sin embargo no se dejaron de lado las recomendaciones del personal técnico encargado del mantenimiento actual”.

Al realizar la clasificación el autor utiliza el método ABC (Activity Based Costing System), con el cual obtiene gran variedad de equipos tanto A o C y opina que “resultaría sencillo plantear un plan de mantenimiento preventivo que abarque la totalidad de los equipos, lo cual sería lo idóneo, sin embargo, la empresa se dedica al tratamiento y limpieza de textiles, no al mantenimiento de sus equipos”. De esto resulta que en el plan de mantenimiento se deben preferir los equipos clasificados como A por aspectos propios de la empresa.

Los periodos en los cuales se van a efectuar las actividades los define el fabricante tomándolos de los manuales técnicos de los diferentes equipos; no obstante, en algunos casos los periodos fueron definidos con ayuda de los técnicos. Estos periodos se encuentran incluidos en tiempos asignados con una o varias letras mayúsculas.

D: Diario

S: Semanal

M: Mensual

SM: Semestral y;

A: Anual

El autor le da gran importancia a estos periodos porque son la base del funcionamiento del equipo. Son guías que otorga el fabricante para prolongar la vida útil del equipo.

La intención con este proyecto era desarrollar un plan de mantenimiento de los equipos de lavandería de la empresa DRY CLEAN USA. Cabe destacar que este tipo de equipos trabaja como todo un proceso, en el que cada equipo depende de otro para realizar su función, y algunos van a ser más dependientes que otros.

4.3 Antecedente 3

Título: Diseño del sistema de mantenimiento preventivo de equipos de climatización

Lugar: Universidad Internacional de las Américas.

Autor: Angel Yeldo Pinelo.

Año: 2006.

El objetivo de este trabajo fue desarrollar el Programa de mantenimiento preventivo más adecuado para los equipos de climatización que atiende la Dirección Administrativa de Bienes Inmuebles de Paso Ancho, del Instituto Costarricense de Electricidad. Dentro de los aspectos más importantes de este proyecto se destacan las etapas con que se debe cumplir para el desarrollo de un programa de mantenimiento preventivo y la formación del archivo técnico.

Para la realización de este proyecto lo primero que se hizo fue seleccionar las máquinas que formaron parte del programa. Esta selección ayuda a visualizar la cantidad de equipos a los que se les aplicó una rutina de mantenimiento. Posteriormente el investigador procede a realizar un estudio del grado de deterioro de los equipos, en el cual analiza y evalúa el estado actual de cada parte del equipo tomando en cuenta si los daños fueron provocados por otras personas o solo se debieron a factores de uso. Tal evaluación le ayuda en el desarrollo del manual de mantenimiento cuando establece las actividades de mantenimiento preventivo.

En la formación del archivo técnico el autor indica que se procedió a recolectar toda la información técnica posible de los equipos (manuales, folletos, información de proveedor, etcétera), para la cual solicita la colaboración de empresas y personal

técnico. Lo toma como un punto de inicio para la formación del programa de mantenimiento, acción que es de gran importancia ya que se basa en el diseño, en el conocimiento del fabricante, que es el que mejor conoce el equipo. Se utilizarán como guía las etapas para desarrollar un programa de mantenimiento preventivo y para la formación del archivo técnico, que consiste en manuales, folletos, información del proveedor, entre otros; esto para dar respaldo a las actividades que se incluyan en el manual de mantenimiento.

5. Alcance

Como alcance de este proyecto se espera contar con un plan de mantenimiento preventivo que contemple las actividades, la duración y la frecuencia de esas actividades de los generadores eléctricos en hojas de trabajo para su óptima condición de trabajo. Mas no el procedimiento de como ejecutarlas, para ello consultar los manuales de los equipos.

Así mismo, se elaborará un inventario de repuestos para los equipos y se estimarán los costos que tendría la implementación del plan de mantenimiento propuesto a la institución.

6. Limitaciones

- Los generadores no cuentan con su debido manual de uso.
- No existe un historial adecuado de los paros y fallas de los equipos.
- Poca comunicación con el departamento de mantenimiento.
- La institución fue declarada patrimonio arquitectónico por lo cual toda acción implica un proceso y el debido tiempo para su desarrollo.
- En el hospital no se cuenta con la guía de elaboración de rutinas de la CCSS.

Capítulo 1

7. Diagnóstico

7.1 Descripción de la empresa

El Hospital San Juan de Dios, ubicado en San José Costa Rica, es uno de los principales hospitales públicos con los que cuenta la Caja Costarricense de Seguro Social (CCSS). Su función es dar la atención médica a los miles de asegurados suyos residentes en la capital del país y sus alrededores, por lo cual trabaja durante los siete días de la semana durante las veinticuatro horas del día.

7.2 Instalaciones

El Hospital San Juan de Dios se caracteriza por ser uno de los establecimientos de salud más desarrollados y complejos con los que cuenta la CCSS en su red de hospitales. Al ser patrimonio arquitectónico esto implica que para cualquier modificación que se realice en él debe seguirse un proceso y esperar un tiempo determinado. El hospital lo componen diferentes departamentos como: sección de cirugía, consulta externa, servicios de emergencias, departamento de hemato-oncología, servicios de apoyo al diagnóstico y tratamiento y sección de medicina. Algunos de estos departamentos trabajan las veinticuatro horas del día, como los de cuidados intensivos, cirugías, medicina nuclear, entre otros. Por eso es de suma importancia que estos departamentos trabajen siempre al ciento por ciento, ya que de ellos dependen vidas humanas.



Por lo antes expuesto el Hospital San Juan de Dios cuenta con varios generadores eléctricos que le dan el respaldo de energía eléctrica necesario a los diferentes edificios en los cuales se encuentran los departamentos más importantes e influyentes a la hora de salvar una vida humana.

7.3 Equipo

El Hospital San Juan de Dios cuenta con un grupo de respaldo eléctrico de varios generadores, que son los encargados de suplir energía eléctrica si en determinado momento la red eléctrica sufriera un desperfecto o en su momento hubiera algún problema con la compañía encargada de suplir la electricidad al hospital.

Los generadores con los que cuenta el hospital son de diferentes capacidades, así como de diferentes marcas. Entre ellas se pueden resaltar OLYMPIAN y CATERPILLAR. Los generadores están distribuidos a lo largo de todo el área para dar respaldo a los diferentes departamentos. Algunos se encuentran dentro de su carcasa y otros en estructuras solidas de hormigón. Esto se puede apreciar en la tabla 1 - Generadores eléctricos.

Tabla 1 Generadores eléctricos. Fuente propia

MODELO	POTENCIA KVA	MARCA	FOTOGRAFÍA
GEH200	247	OLYMPIAN	
3406	456	CATERPILLAR	

MODELO	POTENCIA KVA	MARCA	FOTOGRAFÍA
GEP83-3	85	OLYMPIAN	
QST30-G3	986	CUMMINS	
GEP150	165	OLYMPIAN	
SRCR	312	CATERPILLAR	

Tabla 1. Generadores eléctricos, continuación. Fuente propia

Los generadores eléctricos con los que cuenta el Hospital San Juan de Dios son de mucha importancia para la institución, puesto que son los encargados de mantener la energía eléctrica en las instalaciones si ocurriera un desperfecto en la red eléctrica. Esto por cuanto, como se dijo, hay departamentos del hospital que trabajan las veinticuatro horas del día y de ellos dependen vidas humanas. Ejemplos de esto son el área de cuidados intensivos y los quirófanos en los que se realizan todas las operaciones. Por ello estos y otros departamentos no pueden dejar de funcionar.

Dado lo anterior, surge la necesidad de tener un respaldo eléctrico para el caso de una emergencia. Esto mediante los generadores eléctricos del hospital, los cuales tienen que estar en condiciones óptimas de trabajo para cualquier eventualidad que se presente, caso en el cual tengan que entrar en funcionamiento. Este sería el respaldo requerido para que las actividades hospitalarias no se vean afectadas por la suspensión de la electricidad. Todo lo anterior explica la necesidad de que los generadores eléctricos se encuentren siempre en condiciones óptimas de trabajo y no detenidos por fallas o averías, lo que pudiera poner en riesgo la vida humana.

7.4 Situación actual

Los generadores eléctricos del hospital no cuentan con manuales de mantenimiento preventivo, lo cual los pone en una situación un poco riesgosa para su óptimo funcionamiento. También está en riesgo su disponibilidad a la hora de que deba entrar en funcionamiento, pues no se aplica un mantenimiento preventivo en las unidades por parte del área de mantenimiento del hospital, sino que para el caso se subcontrata a una empresa que es la encargada de ese mantenimiento preventivo de todas las unidades de respaldo eléctrico con las que cuenta el hospital.

De todo lo explicado surge la inquietud de solucionar el problema y que el hospital

cuenta con un manual de mantenimiento preventivo que contemple todo lo necesario para que los generadores eléctricos se mantengan en óptimas condiciones de trabajo, y no vayan a sufrir un desperfecto mecánico o una irregularidad a la hora de dar el respaldo requerido. Este manual será de gran importancia para el área de mantenimiento porque estará a disposición del personal de mantenimiento para el óptimo funcionamiento de los generadores eléctricos.

Es importante recalcar que para elaborar este manual de mantenimiento preventivo se establecerá contacto con la distribuidora o el fabricante de cada generador en el país, para conocer más en detalle sobre ellos dado que ellos son los que mejor los conocen y lo que opinen será de gran importancia a la hora de asignar las tareas. Con tal información se considerarán todas las rutinas de inspección y mantenimiento que permitan asegurar que los equipos estén en condiciones óptimas de trabajo.

Para lo anterior se detallarán todas las actividades que se le deben asignar al generador eléctrico, la duración que va a tener esa actividad y la frecuencia con la que se va a realizar, ya sea semanal, mensual o bimensual. Así mismo, se confeccionará una lista de repuestos básicos de los generadores que deberán tenerse en inventario para el caso de que ocurra una avería. Esto es muy importante porque así el equipo no saldrá de servicio por mucho tiempo. También se evaluarán los costos que traería la aplicación del manual de mantenimiento para la institución.

Al contar con este manual de mantenimiento y con su buena aplicación el hospital se asegura que las unidades de respaldo estén en condiciones óptimas de trabajo y puedan entrar en servicio cuando sea necesario. Todo esto es de mucha importancia porque de la energía eléctrica que se suministra a los distintos departamentos dependen las vidas humanas que se están preservando.

Capítulo 2

8. Marco teórico

8.1 Definición de mantenimiento

Habitualmente se define la palabra mantenimiento como el conjunto de técnicas destinadas a conservar equipos e instalaciones industriales en servicio durante el mayor tiempo posible, buscando la más alta disponibilidad y el máximo rendimiento¹.

A lo largo del proceso industrial vivido desde finales del siglo XIX la función del mantenimiento ha pasado por diferentes etapas. En los inicios de la Revolución Industrial los propios operarios se encargaban de las reparaciones de los equipos. Cuando las máquinas se fueron haciendo más complejas y la dedicación a tareas de reparación aumentaba empezaron a crearse los primeros departamentos de mantenimiento, con una actividad diferenciada de los operarios de producción. Las tareas en estas dos épocas eran básicamente correctivas, pues se dedicaba todo el esfuerzo a solucionar las fallas que se producían en los equipos.

A partir de la Primera Guerra Mundial y, sobre todo, de la Segunda, aparece el concepto de fiabilidad, y entonces los departamentos de mantenimiento buscan no solo solucionar las fallas que se producen en los equipos sino sobre todo prevenirlas, actuar para que no se produzcan. Esto supone crear una nueva figura en los departamentos de mantenimiento: personal cuya función es estudiar cuáles tareas de mantenimiento deben realizarse para evitar las fallas. El personal indirecto que no está involucrado directamente en la realización de las tareas aumenta y con él los costos de mantenimiento. Pero se busca aumentar y fiabilizar la producción y evitar las pérdidas por averías y sus costos. Aparecen

entonces el mantenimiento preventivo, el mantenimiento predictivo, el mantenimiento proactivo, la gestión de mantenimiento asistida por ordenador y el mantenimiento basado en fiabilidad (RCM). El RCM, como estilo de gestión de mantenimiento, se basa en el estudio de los equipos, en el análisis de los modos de fallo y en la aplicación de técnicas, estadísticas y tecnología de detección.

Se podría decir que el RCM es una filosofía de mantenimiento básicamente tecnológica. Paralelamente, sobre todo a partir de los años ochenta, comienza a introducirse la idea de que puede ser rentable volver de nuevo al modelo inicial, a que los operarios de producción se ocupen del mantenimiento de los equipos. Se desarrolla así el TPM o mantenimiento productivo total en el que algunas de las tareas normalmente realizadas por el personal de mantenimiento son ahora realizadas por operarios de producción. Esas tareas “transferidas” son trabajos de limpieza, lubricación, ajustes, reaprietes de tornillos y pequeñas reparaciones. Se pretende conseguir con ello que el operario de producción se implique más en el cuidado de la máquina, con el objetivo último del TPM de conseguir cero averías. El TPM se basa en la formación, motivación e implicación del equipo humano, en lugar de la tecnología.

El TPM y el RCM no son formas opuestas de dirigir el mantenimiento sino que ambas conviven en la actualidad en muchas empresas. En algunas de ellas el RCM impulsa el mantenimiento y con esta técnica se determinan las tareas por efectuar en los equipos. Después algunas de las tareas son transferidas a producción en el marco de una política de implantación de TPM. En otras plantas, en cambio, es la filosofía TPM la que se impone, y el RCM es una herramienta más para la determinación de tareas y frecuencias en determinados

equipos.

Por desgracia, en otras muchas empresas ninguna de las dos filosofías triunfa. Es muy alto el porcentaje de empresas que dedican todos sus esfuerzos a mantenimiento correctivo y, en las que no, se plantea si esa es la forma en la que se obtiene un máximo beneficio (objetivo último de la actividad empresarial). Son muchos los responsables del mantenimiento, tanto de empresas grandes como de pequeñas, que creen que estas técnicas están muy bien en el campo teórico, pero que en su planta no son aplicables. Parten de la idea de que la urgencia de las reparaciones es la que marca y marcará siempre las pautas por seguir en el departamento de mantenimiento.¹

¹ Tomado de <http://www.renovetec.com>

8.2 Mantenimiento correctivo

Este mantenimiento, que también es denominado “mantenimiento reactivo”, tiene lugar luego de que ocurre una falla o avería, es decir, que solo se aplica cuando se presenta un error en el sistema. En este caso, si no se produce ninguna falla el mantenimiento será nulo, por lo que se tendrá que esperar hasta que se presente el desperfecto para tomar medidas de corrección de errores. Este mantenimiento trae consigo las siguientes consecuencias²:

- ✓ Paradas no previstas en el proceso productivo, lo cual disminuye las horas operativas.
- ✓ Afecta las cadenas productivas, es decir, que los ciclos productivos posteriores se verán paralizados a la espera de la corrección de la etapa anterior.
- ✓ Presenta costos por reparación y repuestos no presupuestados, por lo cual se dará el caso de que por falta de recursos económicos no se puedan comprar los repuestos en el momento deseado.
- ✓ Es uno de los mantenimientos más caros porque se enfoca solo en la reparación de la pieza o sistema dañado. No se lleva un mantenimiento preventivo o predictivo que se enfoque en darle seguimiento al sistema y a las piezas, con el propósito de evitar una avería en el sistema. Todo ello se ve reflejado en costos de reparación y producción.

- ✓ La planificación del tiempo que estará el sistema fuera de operación no es predecible.²

8.3 Mantenimiento predictivo

El mantenimiento predictivo es un tipo de mantenimiento que relaciona una variable física con el desgaste o estado de una máquina. El mantenimiento predictivo se basa en la medición, seguimiento y monitoreo de parámetros y condiciones operativas de un equipo o instalación.

A tal efecto, se definen y gestionan valores de pre-alarma y de actuación de todos aquellos parámetros que se considera necesario medir y gestionar. La información más importante que arroja este tipo de seguimiento de los equipos es la tendencia de los valores, puesto que es la que permitirá calcular o prever, con cierto margen de error, cuándo un equipo fallará; por ese motivo a esto se le denomina técnicas predictivas.³

Las técnicas que se utilizarán para lo que sigue serán:

- Análisis de vibraciones.
- Análisis de humos de combustión.
- Análisis de la gravedad específica de las baterías.

² Tomado de <http://www.mitecnologico.com>

³ Tomado de <http://ingenieriadelmantenimiento.com/index.php/26-articulos-destacados/19-mantenimiento-predictivo>

8.4 Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo se aplica fundamentalmente para medir, por medio de la adecuada planificación y la programación de las intervenciones periódicas que se harán, las fallas imprevistas en equipos, sistemas e instalaciones que trastornan ya sea el proceso productivo o el desempeño normal del elemento dañado.

Este tipo de mantenimiento, a diferencia del correctivo, tiende a conservar en las mejores condiciones las instalaciones, los equipos, los sistemas, la maquinaria y cualquier otro elemento que esté sometido a él. Se utilizan para este fin programas previamente establecidos de inspecciones periódicas, que tienen como meta detectar las fallas que desde su fase inicial puedan presentarse en ellos, lo cual permite que se proceda a la respectiva corrección en el momento más oportuno, todo dentro de la programación. Esto garantiza un máximo rendimiento de los sistemas y equipo de trabajo dentro de condiciones adecuadas de funcionamiento y sin que haya paro por falla, con sus conocidas implicaciones.

Muchas son las ventajas que se tienen al aplicar un sistema programado de mantenimiento preventivo en una empresa cualquiera. Pero debe recordarse que el programa por aplicar en una empresa siempre estará definido por las características propias de esa empresa. Por esta razón vale la pena recalcar que cualquier empresa, por pequeña que sea, puede montar un programa propio de mantenimiento preventivo y disfrutar de sus beneficios. Debe insistirse entonces en un programa propio de mantenimiento para cada empresa, importado o copiado de otras empresas, que -aunque de tamaño o tipo similar-

tendrá características diferentes.

8.5 Beneficios del mantenimiento preventivo

Con la aplicación del mantenimiento preventivo se pueden lograr las siguientes ventajas:

- 1- Tiempo: el tiempo que requiere normalmente un gran número de reparaciones de emergencia en gran escala se ve disminuido, con la consecuente reducción en el tiempo total de intervenciones del grupo de mantenimiento. De esta forma, es mejor empleado el tiempo de trabajo de cada uno de los hombres que conforman el grupo de mantenimiento, dado que permite que se programen las tareas diarias y las rutas por seguir por parte de cada uno de ellos.

- 2- Costo: una disminución de los egresos por mantenimiento y un mayor control de gastos son los principales indicadores del beneficio del mantenimiento preventivo respecto a este factor. El primero se demuestra claramente con la reducción del costo de las reparaciones y muy especialmente con la disminución del pago de horas extraordinarias. Esto porque al programarse las reparaciones y sustituciones dentro de las horas normales de trabajo se da una mejor utilización de la jornada laboral de los hombres de mantenimiento. Con el segundo aspecto se demuestra que un sistema de mantenimiento preventivo permite una fácil identificación del equipo y de los controles de costo establecidos en el programa, lo que reduce los gastos exagerados de mantenimiento correctivo. Además, permite un mejor control del inventario de repuestos y esto contribuye a mantener un inventario mínimo.

- 3- Seguridad: una vez puesto en marcha el MP la maquinaria, los equipos, los sistemas y las instalaciones operan en condiciones de mayor seguridad. Además, al disminuir las fallas imprevistas disminuyen igualmente los riesgos laborales de operarios y trabajadores que en general laboran en condiciones menos peligrosas.
- 4- Producto: al aumentar la garantía de funcionamiento de equipos y sistemas en condiciones óptimas aumentan las posibilidades de que el producto final cumpla satisfactoriamente con los controles de calidad.

8.6 Los requisitos del mantenimiento preventivo

Es importante anotar que el mantenimiento preventivo (MP), si bien ha demostrado sus beneficios a través de los años también presenta exigencias respecto al mantenimiento correctivo, algunas veces difíciles de cumplir y que deben ser consideradas al planearse su aplicación:

- 1- Un MP exige mayores conocimientos por parte del personal y una organización eficiente del programa.
- 2- El costo de entrenamiento del personal de MP es elevado al inicio.
- 3- La inversión inicial que exige este tipo de mantenimiento es muy significativa y debe considerarse de acuerdo con las posibilidades económicas de la empresa.

Los logros del MP se dan en forma constante y en el largo plazo. Esto último tiende a desalentar a muchos empresarios que esperan beneficios inmediatos que se puedan observar en el corto plazo, dado el costo de la inversión inicial. No siempre puede aplicarse un MP en todos los equipos, máquinas e instalaciones existentes en la empresa. Esta práctica podría convertir el sistema en muy costoso e ineficiente. La escogencia debe hacerse de acuerdo con parámetros lógicos y que en buen grado dependen de las características de la empresa, tales como costos de implementación del sistema, tipo y calidad de los equipos, importancia de los equipos dentro del contexto de la producción, etc.⁴

8.7 Características del mantenimiento preventivo

- ✓ Se realiza en un momento en el que no se está produciendo, por lo cual se aprovechan las horas ociosas de la planta.

⁴ Tomado de Arturo Céspedes “Principios de Mantenimiento”

- ✓ Se lleva a cabo siguiendo un programa previamente elaborado en el que se detallan el procedimiento por seguir y las actividades por realizar, a fin de tener las herramientas y repuestos necesarios “a la mano”.
- ✓ Cuenta con una fecha programada, además de un tiempo de inicio y de terminación preestablecido y aprobado por la directiva de la empresa.
- ✓ Está destinado a un área en particular y a ciertos equipos, específicamente, aunque también se puede llevar a cabo un mantenimiento generalizado de todos los componentes de la planta.
- ✓ Permite a la empresa contar con un historial de todos los equipos y también ofrece la posibilidad de actualizar la información técnica de los equipos.
- ✓ Permite contar con un presupuesto aprobado por la directiva.⁵

Así mismo, es muy importante considerar la posibilidad de que ocurra una falla en un equipo y ponga en peligro la seguridad de las personas cercanas a él. Además, ha de medirse la gravedad con la que esa falla incidirá en las líneas de producción. También debe tomarse en cuenta, de acuerdo con el inventario en bodega, cuáles maquinarias o equipos cuentan con sustitutos o repuestos en caso de fallas. Finalmente, se debe cuantificar y estimar el costo de las inspecciones periódicas y valorarse el costo que tendría su reparación por falla o su sustitución.

⁵ Tomado de <http://www.mitecnologico.com>

8.8 Pasos para un efectivo mantenimiento preventivo

Pasos necesarios para establecer un programa efectivo de mantenimiento preventivo.

- Determinar metas y objetivos. El primer paso para crear un programa de mantenimiento preventivo es determinar exactamente qué es lo que se quiere obtener de ese programa. Usualmente el mejor inicio es trabajar sobre una base limitada y expandirse después de obtener algunos resultados positivos.
- Establecer los requerimientos de un mantenimiento preventivo. Posteriormente se decide qué tan extenso puede ser ese programa, qué debe incluir y con qué se debe empezar.
- Maquinaria y equipo por incluir. La mejor forma de iniciar esta actividad es determinando cuáles son la maquinaria y el equipo más necesario en la planta. Algunas veces esto es muy fácil y otras veces no, ya que depende de lo que se produce o del servicio que se da.
- Definir los puntos que se van a incluir en el mantenimiento preventivo, por ejemplo el subsistema que tiene el equipo y la adecuación de las tareas de mantenimiento a cada uno de ellos.
- Definir los tiempos con que se va realizar cada tarea para llevar un control de tiempo de las horas hombre que se destinan a cada subsistema.
- Definir la frecuencia con la que se van a realizar las tareas de mantenimiento, con el propósito de que el plan de mantenimiento sea más efectivo.
- Establecer cómo se va gestionar el plan de mantenimiento.

8.9 Pasos por seguir

- Incluir en el listado de equipos todos aquellos a los que se les va a aplicar mantenimiento preventivo.
- Confeccionar una tabla con las frecuencias de mantenimiento preventivo. Esta tabla le indicará al sistema con qué frecuencia debe generar las órdenes de trabajo, o su gráfico de MP, así como el establecimiento de otros parámetros para crear su programa.
- Planear la contratación de operarios y contratistas para que atiendan las órdenes de trabajo de MP. Su programa necesitará de códigos de oficios y actividades. Adicionalmente necesitará introducir estos detalles en la base de datos electrónicos o enlazarlos de alguna manera con su programa de MP.
- Planear el uso de materiales y refacciones en los registros del MP por máquina. Para ello se requiere ingresar con anticipación los artículos del inventario y enlazarlos con su programa de MP.
- Establecer procedimientos detallados de rutinas, listos en el sistema o en algún procesador que facilite su control, de allí que tenga que planear su codificación. También es buena idea mantenerlos en archivo por máquina o equipo.
- Elaborar una tabla de frecuencias de mantenimiento preventivo. Una vez que se han seleccionado la maquinaria y el equipo que serán incluidos en el programa de MP se necesitará determinar con qué frecuencia se va a utilizar en cada orden de trabajo que se ha de emitir. Una máquina puede llegar a tener programados varios MP, como los de simple inspección, ruta de lubricación, análisis de aceite, reposición de partes, diagnósticos de predictivo, etc.

- Establecer un calendario y determinar un número de días entre las inspecciones o la ejecución de los MP. Usualmente la mayoría del equipo caerá dentro de esta categoría. Este tipo de mantenimiento preventivo es más fácil para establecer y controlar.
- Establecer el USO. El número de horas, litros, kilogramos, piezas u otra unidad de medición en las inspecciones requiere establecer alguna rutina para la lectura y la medición de los parámetros.

8.10 Procedimiento de mantenimiento preventivo (listado de rutinas)

El programa de mantenimiento preventivo deberá incluir procedimientos detallados que deben completarse en cada inspección o ciclo. Existen varias formas de establecer estos procedimientos en las órdenes de trabajo de mantenimiento preventivo. Los procedimientos permiten insertar detalles de liberación de máquina o equipo, trabajo por hacer, diagramas por utilizar, planos de la máquina, ruta de lubricación, ajustes, calibración, arranque y prueba, reporte de condiciones, carta de condiciones, manual del fabricante, recomendaciones del fabricante, observaciones, etc. Se deben relacionar los procedimientos con la orden de trabajo y los reportes maestros individuales de mantenimiento preventivo. De ser posible, utilizar o diseñar procedimientos para la orden de trabajo correctivo o rutinario. En algunos casos se colocan los procedimientos en un lugar específico en la máquina y se utiliza un procesador de palabras externo para esta función, lo mismo que programas para planos, dibujos y fotografías.

8.11 Plan de implementación

Una vez que todos los ajustes se hayan hecho se genera el primer listado de órdenes de trabajo de mantenimiento preventivo. Una vez generado se le puede realizar cualquier ajuste fino a las características de programación de órdenes de

trabajo.

Cuando se tiene todo como se requiere se generan los programas y se despachan las órdenes de trabajo.⁶

8.12 Grupo electrógeno

Un grupo electrógeno es una máquina que mueve un generador eléctrico por medio de un motor de combustión interna.

Son comúnmente utilizados cuando hay déficit en la generación de energía eléctrica de algún lugar, o cuando son frecuentes los cortes del suministro eléctrico. Así mismo, la legislación de los diferentes países puede obligar a instalar un grupo electrógeno en lugares en los que haya grandes densidades de personas, como hospitales, centros de datos, centros comerciales, restaurantes, cárceles, edificios administrativos, etc⁶.

Una de las utilidades más comunes es la de generar electricidad en aquellos lugares en donde no hay suministro eléctrico. Generalmente son zonas apartadas con pocas infraestructuras y muy poco habitadas. Otro caso sería el de locales de pública concurrencia: hospitales, fábricas, etc.; lugares en los que la energía eléctrica de red es insuficiente y por ende es necesaria otra fuente de energía alterna para abastecerse.

⁶Tomado de: <http://www.mailxmail.com>

Componentes de un sistema electrógeno

- *Motor.* El motor representa la fuente de energía mecánica para que el alternador gire y genere electricidad. Existen dos tipos de motores: motores de gasolina y de gasoil (diésel). Generalmente los motores de diésel son los más utilizados en los grupos electrógenos por sus prestaciones mecánicas, ecológicas y económicas.
- *Regulación del motor.* El regulador del motor es un dispositivo mecánico diseñado para mantener una velocidad constante del motor en relación con los requisitos de carga. La velocidad del motor está directamente relacionada con la frecuencia de salida del alternador, por lo que cualquier variación de la velocidad del motor afectará la frecuencia de la potencia de salida.
- *Sistema eléctrico del motor.* El sistema eléctrico del motor es de 12 V ó 24 V, negativo a masa. El sistema incluye un motor de arranque eléctrico, una/s batería/s, y los sensores y dispositivos de alarmas de los que disponga el motor. Normalmente, un motor dispone de un mano-contacto de presión de aceite, un termo-contacto de temperatura y un contacto en el alternador de carga del motor para detectar un fallo de carga en la batería.
- *Sistema de refrigeración.* El sistema de refrigeración del motor puede ser por medio de agua, aceite o aire. El sistema de refrigeración por aire consiste en un ventilador de gran capacidad que hace pasar aire frío a lo largo del motor para enfriarlo. El sistema de refrigeración por agua/aceite consta de un radiador y un ventilador interior para enfriar sus propios componentes.
- *Alternador.* La energía eléctrica de salida se produce por medio de un alternador apantallado protegido contra salpicaduras, autoexcitado,

autorregulado y sin escobillas, acoplado con precisión al motor; aunque también se pueden acoplar a alternadores con escobillas para aquellos grupos cuyo funcionamiento vaya a ser limitado y, en ninguna circunstancia, forzado a regímenes mayores.

- *Depósito de combustible y bancada.* El motor y el alternador están acoplados y montados sobre una bancada de acero de gran resistencia. La bancada incluye un depósito de combustible con una capacidad mínima de 8 horas de funcionamiento a plena carga.
- *Aislamiento de la vibración.* El grupo electrógeno está dotado de tacos antivibrantes, diseñados para reducir las vibraciones transmitidas por el grupo motor-alternador. Estos aisladores están colocados entre la base del motor, del alternador, del cuadro de mando y la bancada.
- *Silenciador y sistema de escape.* El silenciador va acoplado al motor para reducir la emisión de ruido.
- *Sistema de control.* Se puede instalar uno de los diferentes tipos de paneles y sistemas de control para controlar el funcionamiento y la salida del grupo y para protegerlo contra posibles fallos en el funcionamiento. El manual del sistema de control proporciona información detallada del sistema que está instalado en el grupo electrógeno.
- *Interruptor automático de salida.* Para proteger el alternador se suministra un interruptor automático de salida adecuado para el modelo y régimen de salida del grupo electrógeno, con control manual. Para grupos electrógenos con control automático se protege el alternador mediante contactores adecuados para el modelo adecuado y el régimen de salida.
- *Bomba de trasiego.* Es un motor eléctrico de 220 VCA en el que va acoplada una bomba, que es la encargada de suministrar el combustible al depósito. Una boya

indicadora de nivel máximo y de nivel mínimo detecta un nivel muy bajo de combustible en el depósito y activa la bomba de trasiego.

8.13 Arranque manual o automático

El arranque manual se produce a voluntad, lo cual quiere decir que cuando se necesita disponer de la electricidad generada por el grupo electrógeno se arranque de forma manual. Generalmente el accionamiento de arranque se suele realizar mediante una llave de contacto o pulsador de arranque de una centralita electrónica con todas las funciones de vigilancia. Cuando se produzca un calentamiento del motor, cuando falte combustible o cuando la presión de aceite del motor sea muy baja, la centralita lo detectará y parará el motor automáticamente. Existen centrales automáticas que funcionan tanto en modo manual como automático. Estas centralitas o cuadros electrónicos detectan un fallo en la red de suministro eléctrico y obligan al arranque inmediato del grupo electrógeno.

Normalmente en los grupos automáticos se instalan cajas predispuestas que contienen básicamente un relé de paro y otro de arranque, además de tener instalados en el conector todos los sensores de alarma y reloj de los que disponga el grupo electrógeno. Instalado aparte está un cuadro automático en el que van instalados los accionamientos de cambio de red al grupo electrógeno⁷.

⁷Tomado de: https://es.wikipedia.org/wiki/Grupo_electr%C3%B3geno

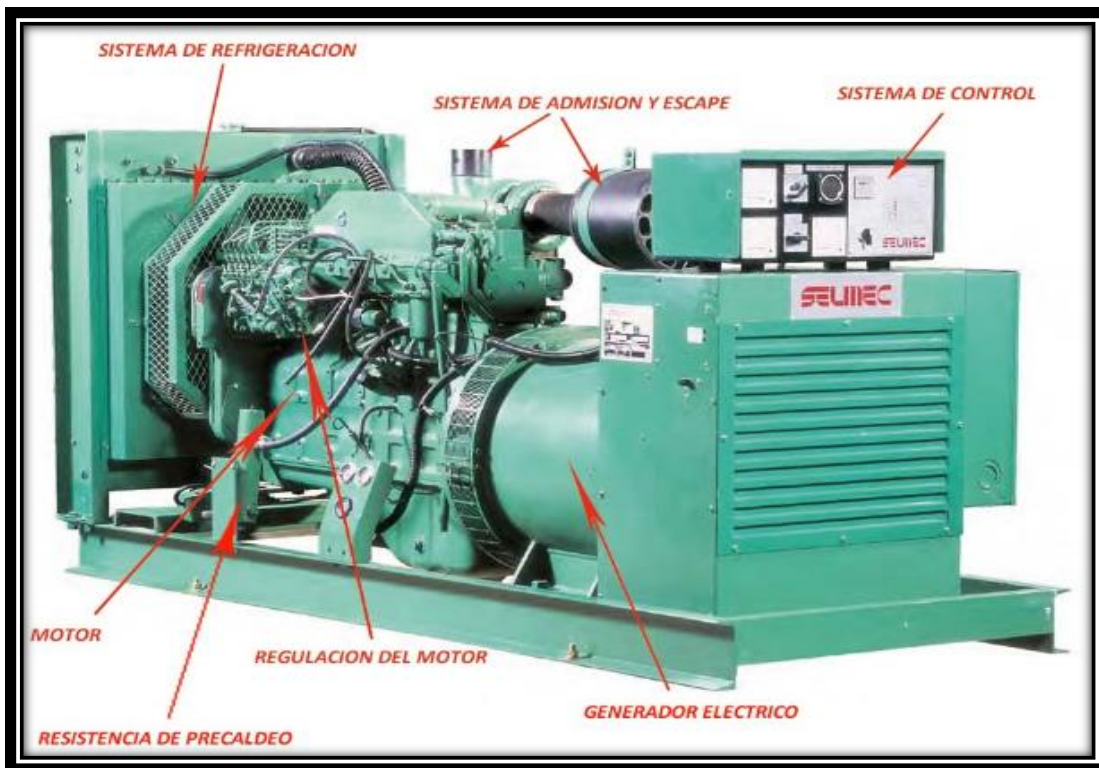


Ilustración 1. Componentes de un generador eléctrico. Fuente: <http://www.demaquinasyherramientas.com>

8.14 Motor de combustión interna

Un motor de combustión interna es un tipo de máquina que obtiene energía mecánica directamente de la energía química de un combustible que arde dentro de una cámara de combustión. Su nombre se debe a que dicha combustión se produce dentro de la máquina en sí misma, a diferencia de, por ejemplo, la máquina de vapor.⁸

⁸ Tomado de: https://www.ecured.cu/Motor_de_combusti%C3%B3n_interna

8.15 Motor de diésel

El motor de diésel es un motor térmico que tiene combustión interna alternativa, que se produce por la autoignición del combustible debido a altas temperaturas derivadas de la compresión del aire en el interior del cilindro, según el principio del ciclo del diésel. Se diferencia del motor de gasolina en que usa gasóleo como combustible.⁹

8.16 Principio de funcionamiento del motor de diésel

Un motor de diésel funciona mediante la ignición (encendido) del combustible al ser inyectado muy pulverizado y con alta presión en una cámara (o precámara, en el caso de inyección indirecta) de combustión, que contiene aire a una temperatura superior a la temperatura de autocombustión, sin necesidad de chispa como en los motores de gasolina. Este proceso es lo que se llama autoinflamación.

La temperatura que inicia la combustión procede de la elevación de la temperatura que se produce en el segundo tiempo del motor, la compresión. El combustible se inyecta en la parte superior de la cámara de combustión a gran presión desde unos orificios muy pequeños que tiene el inyector de forma, que se atomiza y se mezcla con el aire a alta temperatura (entre 700 y 900 °C) y alta presión. Como resultado la mezcla se inflama muy rápidamente. Esta combustión ocasiona que el gas contenido en la cámara se expanda e impulse el pistón hacia afuera.

⁹ Tomado de: https://es.wikipedia.org/wiki/Motor_di%C3%A9sel

Esta expansión, a diferencia del caso del motor de gasolina, es adiabática y genera un movimiento rectilíneo a través de la carrera del pistón. La biela transmite este movimiento al cigüeñal, al que hace girar, lo que transforma el movimiento rectilíneo alternativo (de va y viene, ida y vuelta) del pistón en un movimiento de rotación.⁹

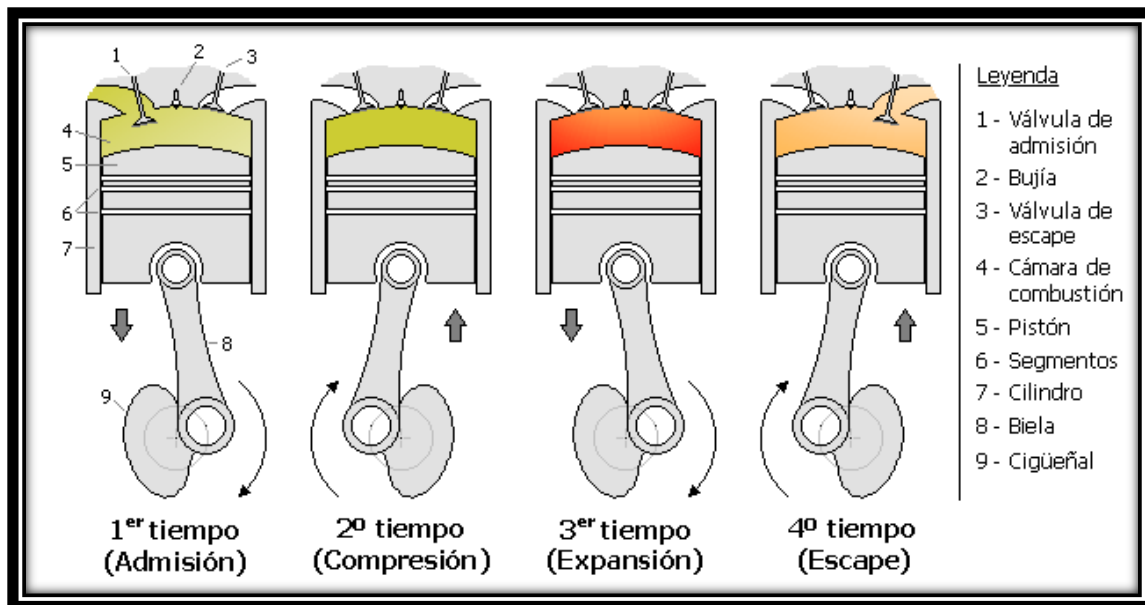


Ilustración 2. Tiempos de un motor de diésel: Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Ciclo_de_cuatro_tiempos

8.17 Hoja de trabajo

La hoja de trabajo es un elemento que se utiliza para efectuar labores de mantenimiento. Esta trae las tareas que debe realizar el personal encargado del mantenimiento. Es utilizada para llevar un mejor control de esas labores que guardarlas en un histórico para ser consultadas cuando sea necesario.

⁹ Tomado de: https://es.wikipedia.org/wiki/Motor_di%C3%A9sel

8.18 Guía para la elaboración de rutinas de mantenimiento preventivo CCSS

Es una guía de aplicación general en todas las unidades de la Caja Costarricense de Seguro Social que requieran implantar rutinas de mantenimiento preventivo para el establecimiento de nuevas o en operación (subcontratadas o con recurso propio), en las áreas de equipamiento en general, instalaciones electromecánicas y planta física.

8.19 Licitación

La licitación es el procedimiento regulado en el ámbito gubernamental o privado para dar a conocer públicamente una necesidad, para solicitar ofertas de bienes o servicios que la satisfagan, para evaluar esas ofertas o para seleccionar una de ellas.

Capítulo 3

9. Marco metodológico

9.1 Método

- a. Método deductivo. Es un método científico según el cual la conclusión se halla implícita en las premisas.¹⁰
- b. Método inductivo. Es aquel método científico con el que se obtienen conclusiones generales a partir de premisas particulares.¹¹
- c. Enfoque cuantitativo. Utiliza los datos recolectados para probar una hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento y probar teorías.
- d. Enfoque cualitativo. Tiene como objetivo describir las cualidades de un fenómeno y busca establecer un concepto que pueda abarcar una parte de la realidad.¹²

El presente trabajo de investigación se realizará utilizando los métodos deductivo e inductivo, y también se emplearán los enfoques cuantitativo y cualitativo para su desarrollo.

9.2 Tipo de investigación

El tipo de investigación aplicada será el utilizado para el desarrollo del presente trabajo, ya que es la que busca generar conocimiento con aplicación directa a los problemas de la sociedad o del sector productivo. Es la que se basa fundamentalmente en los hallazgos tecnológicos de la investigación básica y se ocupa del proceso de enlace entre la teoría y el producto.¹³

¹⁰ <http://definicion.de/metodo-deductivo/>

¹¹ <http://definicion.de/metodo-inductivo/>

¹² https://www.uaeh.edu.mx/docencia/VI_Presentaciones/...en...de.../PRES39.pdf

¹³ <http://www.uti.edu.ec/documents/investigacion/volumen3/06Lozada-2014.pdf>

9.3 Fuentes de información

9.3.1 Fuentes primarias

- Personal a cargo del mantenimiento de los equipos.
- Guías e información acerca del mantenimiento en la institución.
- Licitaciones
- Documentos y reportes facilitados por la compañía que realiza el mantenimiento.

9.3.2 Fuentes secundarias

- Medios como Internet, manuales existentes y hojas de trabajo de mantenimiento existentes.

9.4 Variables

9.4.1 Definición conceptual

- Manual de mantenimiento: planificación de actividades para aplicar mantenimiento a un grupo de equipos.
- Piezas claves: las que desempeñan funciones esenciales en el equipo y que no pueden fallar porque si no el equipo entra en paro.
- Situación actual del mantenimiento: actividades de mantenimiento desempeñadas en la actualidad.
- Sistema: conjunto de elementos relacionados entre sí para poder producir o hacer una determinada tarea.
- Subsistema: agrupación de equipos y piezas que forman un conjunto que es parte del sistema principal.

9.4.2 Definición instrumental

- Recolección de información del personal de mantenimiento, manuales existentes, guía de la CCSS y hojas de trabajo.

- Realización de tareas de mantenimiento con base en toda la información recolectada.

9.5 Definición operacional

- Manual de mantenimiento: agrupación de tareas de mantenimiento que tienen por objetivo evitar las averías en los equipos de producción.
- Piezas claves: aquellas que cuando fallan ocasionan una paralización total o suspensión drástica del equipo.
- Situación actual del mantenimiento: procedimiento llevado a cabo para efectuar las tareas de mantenimiento.
- Sistema: conjunto de instrumentos y piezas que trabajan en conjunto y realizan una tarea específica.
- Subsistema: subsistemas o partes con las que cuenta un equipo para realizar su función.

9.6 Descripción de instrumentos

- Información del personal de mantenimiento, manuales existentes, guía de la CCSS y hojas de trabajo. Se harán consultas al personal encargado del mantenimiento y se buscarán manuales existentes, hojas de trabajo y material de la CCSS del área de mantenimiento.
- Realizar las tareas de mantenimiento con base en toda la información recolectada.

Capítulo 4

10. Desarrollo

10.1 Diagnóstico de la situación actual

10.1.1 Descripción de la empresa

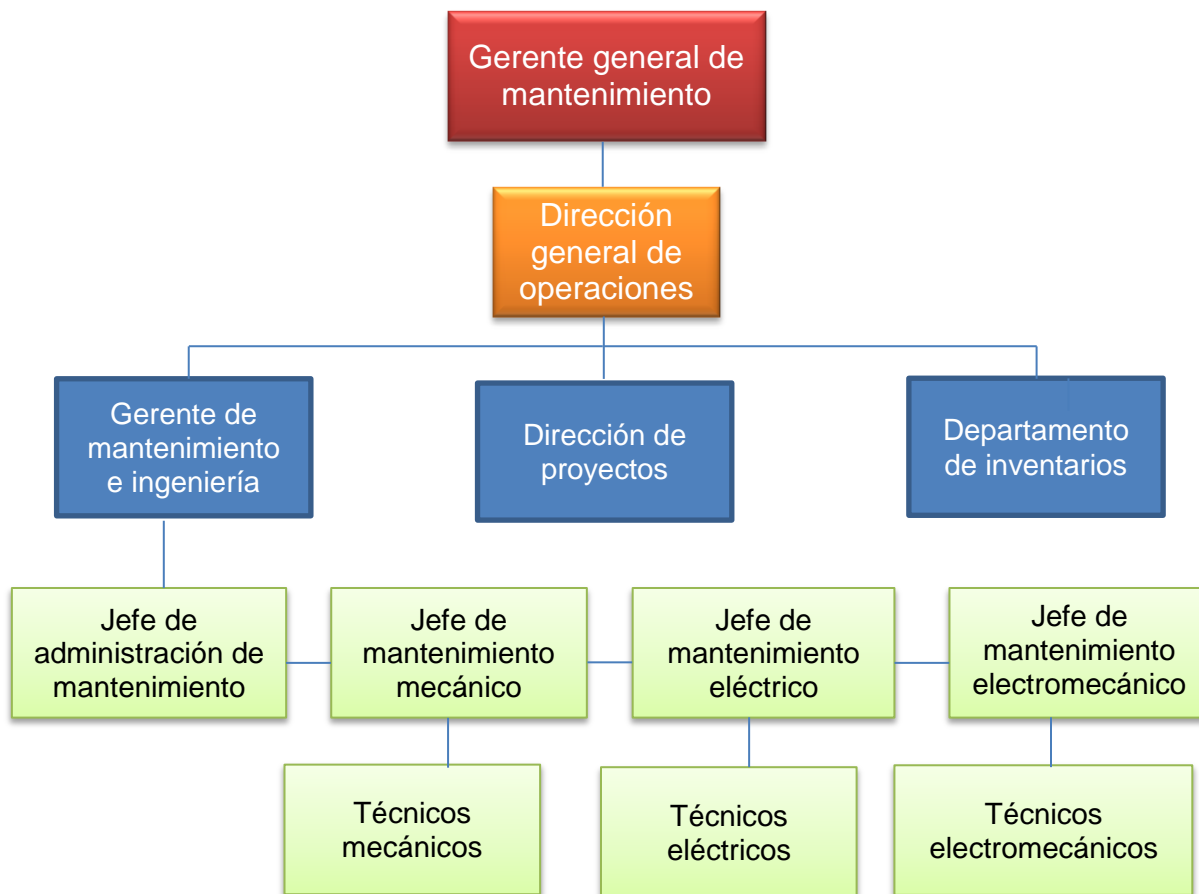
La Caja Costarricense de Seguro Social es la institución pública encargada de la seguridad social en el país, el ente encargado de la atención médica a la población asegurada. Fue creada como una institución semiautónoma el 1.º de noviembre de 1941 mediante la Ley N° 17 durante la administración del Dr. Rafael Ángel Calderón Guardia.

El 22 de octubre de 1943 fue reformada la ley de la creación de la Caja para constituir la en una institución autónoma destinada a la atención del sector de población obrera, mediante un sistema tripartito de financiamiento. La creación de esta institución quedó plasmada en los artículos 73 y 177 de la Constitución Política de 1949.

En la actualidad la CCSS es la institución del sector de salud que guía y facilita el cumplimiento de planes, políticas nacionales y estrategias en el campo de la salud y de las pensiones, con objetivos de corto, mediano y largo plazos. Además, propicia la cobertura de trabajadores y patronos, así como la integración de la comunidad en los programas de promoción, prevención y atención de la salud. Actualmente la CCSS cuenta con 29 hospitales divididos en nacionales, especializados, regionales y periféricos.

Los hospitales nacionales se encuentran localizados en el Área Metropolitana y se caracterizan por ser los establecimientos de salud más desarrollados y complejos del país. En esta categoría se encuentran los siguientes hospitales: México, Rafael Ángel Calderón Guardia y San Juan de Dios, y es acerca del San Juan de Dios del que se realiza el proyecto.

La estructura de mantenimiento del Hospital San Juan de Dios se puede apreciar en el siguiente esquema:



La Dirección de Mantenimiento es la encargada de realizar las labores de mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo en el hospital. Esta se divide en varios departamentos para la atención de actividades mecánicas, eléctricas y electromecánicas. Son los encargados de responder ante las averías que se presentan en el hospital, ya que este cuenta con muchos equipos, entre ellos generadores eléctricos, *chillers*, calderas y sistemas de presión.

El Hospital San Juan de Dios está ubicado en la avenida cero (Paseo Colón), contiguo al Hospital Nacional de Niños, en San José de Costa Rica.

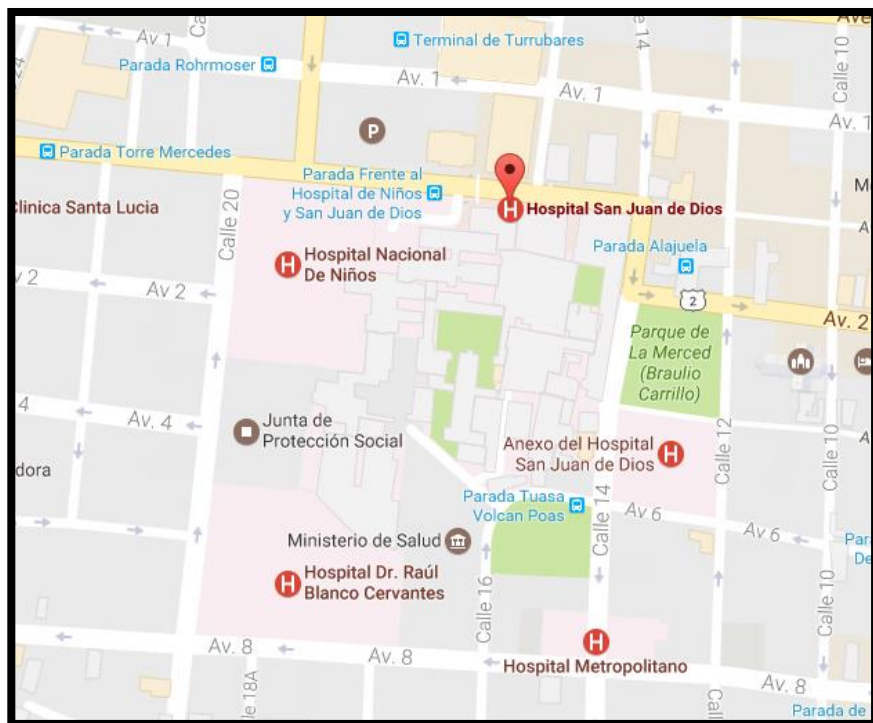


Ilustración 3. Ubicación del Hospital San Juan de Dios

10.1.2 Definición del proyecto por diseñar o problema por solucionar

Con el proyecto se tiene como fin diseñar un manual de mantenimiento preventivo que -como lo expresa el término- contribuya a prevenir y a reducir las fallas en los generadores del Hospital San Juan de Dios. El problema por resolver lo es la necesidad de definir y detallar las tareas de mantenimiento que deben incluirse en el manual por elaborar.

Para emprender esa tarea se investigará sobre buenas prácticas de ingeniería y se obtendrá información de programas de mantenimiento para plantas de emergencia en la industria, hospitales e información en la web; así mismo en la casa matriz respectiva, con el objetivo de adaptarlos al manual de mantenimiento en elaboración. También se investigará y se recopilará información acerca de la CCSS en el área de mantenimiento para una mejor versión del manual en proceso.

Terminada la recopilación de información se dará inicio a la definición de las actividades partiendo de definir los sistemas de la máquina y de las partes que la componen; así mismo de la duración de la tarea y de su frecuencia. Se recomendará un inventario de repuestos que contribuya a reducir los tiempos de paro provocados por una eventual avería y que podría sacar de servicio el equipo.

La implementación de este manual de mantenimiento tendría un costo para la empresa, por lo cual uno de los objetivos de este trabajo es estimar el monto de esos costos. Esto es de gran importancia para la institución porque así tendrá una estimación económica y podrá adjudicar el presupuesto al departamento de mantenimiento encargado de los equipos.

10.1.3 Recolección de información y lista de necesidades

Cartel del proceso licitatorio para el mantenimiento y los repuestos para las plantas eléctricas.

Se empieza por la licitación del mantenimiento y de los repuestos para las plantas eléctricas del Hospital San Juan de Dios, con el objetivo de conocer las necesidades de mantenimiento que tiene el hospital para las plantas de emergencia. Para el mantenimiento preventivo se debe asignar al hospital, por parte de la empresa externa, un mínimo de cuatro horas de mantenimiento preventivo por planta eléctrica, y su transferencia por mes durante la vigencia del contrato. En cuanto al mantenimiento correctivo la empresa externa aplicará mantenimiento correctivo a las plantas de emergencia y las transferencias detalladas.

Al realizar cualquier tipo de mantenimiento se debe presentar un informe por escrito del servicio realizado que contenga la siguiente información:

- Planta eléctrica a la cual se le prestó el servicio.
- Fecha y tiempo que se tardó en su realización.
- Técnico que atendió la reparación (nombre completo y firma).
- Descripción del trabajo realizado.
- En caso de cambio de repuestos, detallarlos y especificar su valor.

En cuanto a los repuestos estos únicamente deben ser originales de fábrica y solo la administración se reservará el derecho de aprobar un repuesto genérico según el grado de la emergencia, o en caso de que el repuesto original no se consiga o esté discontinuado.

En el cartel de licitación se incorpora una tabla la cual contiene los cambios de filtros de aceite, diesel y aire. También contiene los cambios de fajas de abanico, aceite de motor y refrigerante (*coolant*) y también los departamentos que respalda cada generador.

Tabla 2 Cambios de insumos para generadores. Fuente: Licitación

Descripción	Calderas	Edificio Anexo	Consulta Externa	Edificio Medicina	Sala de Operaciones	Medicina Nuclear
Filtros de aceite	¢		¢	¢	¢	¢
Filtros de diesel	¢		¢	¢	¢	¢
Filtro de aire	¢		¢	¢	¢	¢
Fajas abanico	¢		¢	¢	¢	¢
Aceite motor	¢		¢	¢	¢	¢
Refrigerante (coolant)	¢		¢	¢	¢	¢

Para el mantenimiento mensual se adjunta una tabla con los costos para la planta y la transferencia, en la que vienen los departamentos que respaldan los generadores.

Tabla 3 Costos de mantenimiento mensual y anual. Fuente: Licitación

Grupo electrógeno	Precio			
	Planta (unitario mensual)	Transferencia (unitario mensual)	Total mensual	Total anual
Calderas				
Edificio Anexo				
Consulta Externa				
Edificio Medicina				
Salas Operaciones				
Medicina Nuclear				

En la licitación que realiza el Hospital San Juan de Dios se describen varias tareas las cuales se deben realizar en las plantas de emergencias; estas con su frecuencia mensual, semestral y anual.

Tabla 4 Actividades de mantenimiento. Fuente: Licitación

Descripción Actividades	Mensual	Semestral	Anual
Inspección			
Revisión del nivel de líquido Refrigerante (si es necesario rellenar).	X	X	X
Revisión del nivel de aceite (si es necesario rellenar).	X	X	X
Revisión del nivel de combustible	X	X	X
Revisión del sistema de calentamiento.	X	X	X
Revisión de terminales para batería, sustituir si es necesario	X	X	X
Drenaje del filtro de combustible	X	X	X
Revisión/limpieza del filtro de aire	X	X	X
Revisión del sistema de escape (fugas en todas las conexiones, soldaduras, juntas y uniones, y asegúrese de que los tubos de escape no estén calentando)			
Limpieza general de la planta eléctrica.	X	X	X
Medición del nivel de ruido	X	X	X
Medición de la temperatura del refrigerante	X	X	X
Revisión sistema de protecciones de fallas del motor.			
Sensores de bajo nivel de refrigerante	X	X	X
Sensor de baja presión de aceite	X	X	X
Sensor de temperatura.	X	X	X
Revisión y calibración de instrumentos de medición de corriente alterna, si es necesario.			
Medidores de voltaje AC (Si aplica).	X	X	X
Medidores de corriente AC (Si aplica).	X	X	X
Revisión y limpieza de conexiones eléctricas del panel de control.			
Bornas de tarjetas y Generador,	X	X	X
Conectores de tarjetas	X	X	X
Líneas de potencia.	X	X	X
Líneas de control.	X	X	X
Revisión y limpieza de conexiones eléctricas del generador			
Estator.	X	X	X
Rotor.	X	X	X
Excitatriz.	X	X	X
Revisión agua, gravedad específica del ácido de baterías. Rellenar si es necesario.	X	X	X
Revisión configuración y operación del cargador de baterías		X	X
Revisión sistema de escape, soldaduras, empaques y juntas Flexibles .		X	X

Tabla 5 Actividades de mantenimiento. Fuente: Licitación

Reemplazo filtros del motor. (Filtros Combustible)	X	X
Filtro Aceite	X	X
Filtro(s) de Aire	X	X
Filtro Anticorrosivo (Si aplica)	X	X
Limpieza, pruebas y revisión de carga del alternador.	X	X
Revisión general de tuberías y abrazaderas	X	X
Revisión de funcionamiento de polea de fajas.	X	X
Revisión del juego axial de amortiguadores de vibración de la planta.	X	X
Revisión, limpieza y apriete del sistema eléctrico del motor.	X	X
Limpieza externa e inspección de fugas al tanque de combustible.	X	X

Tabla 6 Actividades de mantenimiento. Fuente: Licitación

Revisión de fajas y mangueras del motor y condiciones de esta.	X	X
Revisión de la tensión de la banda de transmisión	X	X
Revisión y lubricación de juego Axial del turbo cargador.	X	X
Limpieza y lavado de sistema de enfriamiento, externa.	X	X
Cambio de refrigerante.		X
Cambio de aceite al motor.		X

Tabla 7 Actividades de mantenimiento. Fuente: Licitación

Descripción Actividades	Mensual	Semestral	Anual
Inspección			
Revisión de todo el cableado eléctrico de control y potencia	X	X	X
Luces indicadoras piloto. Estar en buen estado e indicando su función	X	X	X
Tarjetas electrónicas. Revisión y limpieza con los productos especiales	X	X	X
Botoneras Revisar que estén en buen estado y en las posiciones correctas	X	X	X
Prueba con carga Medición del consumo y voltaje, revisión de parámetros, comportamiento del equipo	X	X	X
Realizar una termografía para determinar puntos calientes después de la prueba con carga.	X	X	X

De previo a incorporar las rutinas de mantenimiento se deberá realizar, como primer paso, un cambio total de cada planta de: aceite de motor, filtro(s) de combustible, filtro(s) de aire. Así mismo, se deberán inspeccionar con frecuencia los

sistemas que componen el generador para garantizar una operación segura y confiable.

10.2 Propuesta de solución

10.2.1 Tabulación de datos y diseño de la propuesta

Para el desarrollo del manual de mantenimiento es importante ver la máquina (generador) como un grupo de sistemas que trabajan en conjunto uno con el otro para lograr un objetivo.

Tomar en cuenta que las actividades que se realizan no permiten parar el sistema, ya que este es el que respalda los diferentes departamentos del hospital.

Se empieza por dividir la máquina en sistemas a los cuales se les van a realizar las tareas de mantenimiento.

Se procede a realizar la codificación de la rutina por cada subsistema con base en la codificación de la guía de la CCSS.

Para la codificación se indica la siguiente referencia:

Tipo de documento R (rutina)

Tipo de mantenimiento P (preventiva)

Especialidad EMA (electromecánica)

Número consecutivo ascendente para identificar la rutina (01, 02, 03,...)

1. Sistema de admisión y escape. Código de rutina RP-EMA-01
2. Sistema de combustible. Código de rutina RP-EMA-02
3. Sistema eléctrico. Código de rutina RP-EMA-03
4. Sistema de lubricación. Código de rutina RP-EMA-04
5. Sistema de refrigeración. Código de rutina RP-EMA-05

6. Sistema matriz. Código de rutina RP-EMA-06
7. Sistema de transferencia y control. Código de rutina RP-EMA-07
8. Sistema de generación. Código de rutina RP-EMA-08
9. Otros sistemas. Código de rutina RP-EMA-09.

Realizada la división de los sistemas se procede a la asignación de las actividades a cada sistema, en lo cual se estiman la duración y la frecuencia de cada actividad. La frecuencia se establece bajo la programación de la guía de la CCSS del anexo 14.1 utilizando las abreviaturas propuestas en la tabla 42, programación y periodicidad. Fuente: Guía CCSS.

Así mismo, la duración de la actividad estará de acuerdo con el trabajo que implique realizarla. Esto se confeccionará en tablas en las que estarán el sistema, la actividad que se requiere realizar, la duración y la frecuencia con la que se debe realizar. Posteriormente a esto se redactarán las hojas de trabajo en las que se basarán, como se indica en la tabla 41: Hoja de trabajo. Fuente: Guía CCSS, anexo 14.1.

Tabla 8 Sistema de admisión y escape. RP-EMA-01

Actividad	Duración (Min)	Frecuencia
Revisión de restricciones en el sistema de escape. Corregir si es necesario.	10	S
Revisión de restricciones en la toma de aire. Corregir si es necesario.	10	S
Revisión del condensado en el sifón del sistema de escape. Si es necesario drenarlo.	15	S
Revisión del tubo de escape. Reportar si hay anomalía.	5	Q
Revisión de conexiones, soldaduras, juntas y uniones. Reemplazar o corregir si es necesario.	15	Q
Revisión de trampas de condensado. Corregirlas o reemplazar si es necesario.	15	Q
Revisión del estado del sistema de escape en busca de corrosión. Reportar si hay presencia.	15	Q
Revisión de tubería, mangueras y conexiones de admisión. Corregir o cambiar si es necesario.	15	Q
Revisión de fugas en sistema de escape. Reportar si hay presencia.	20	1M
Revisión del distribuidor de escape. Corregir o reemplazar si es necesario.	10	1M
Revisión del silenciador de escape. Corregir o reemplazar si es necesario.	10	1M
Revisión de los aisladores de fuego. Corregir o cambiar si es necesario.	15	1M
Revisión de los soportes de escape. Corregir o cambiar si es necesario.	10	1M
Revisión de las emanaciones de escape. Reportar si hay anomalía.	10	1M
Revisión de fugas en el sistema de admisión. Reportar si hay presencia.	15	1M
Revisión del filtro de aire y limpieza.	20	1M
Cambio del filtro de aire.	20	6M

Tabla 9 Sistema de combustible, RP-EMA-02

Actividad	Duración (Min)	Frecuencia
Revisión del nivel de combustible, que esté mayor a 90%. Corregir si es necesario.	5	D
Revisión general de fugas. Si hay presencia corregir y reportar.	20	S
Inspección de líneas de suministro de combustible. Corregir si hay anomalía.	10	S
Inspección de las líneas de retroalimentación. Corregir si hay anomalía.	10	S
Inspección del tanque de combustible. Corregir o reportar anomalía.	10	Q
Revisión del interruptor de nivel de combustible. Reemplazar o reportar anomalía.	5	Q
Revisión del funcionamiento de la válvula solenoide. Corregir o cambiar si es necesario.	15	Q
Revisión de todas las mangueras. Corregir o cambiarlas si es necesario.	10	Q
Revisión de todas las conexiones. Corregir o cambiarlas si es necesario.	10	Q
Revisión de la bomba de combustible. Reportar o corregir cualquier anomalía.	10	Q
Revisión del filtro de combustible. Corregir o reportar anomalía.	10	Q
Revisión del filtro separador de agua. Corregir o reportar anomalía.	10	1M
Revisión para que no exista presencia de agua en el sistema. Remover si existe y reportar.	15	1M
Cambio del filtro de combustible.	20	6M
Cambio del filtro separador de agua.	20	6M
Limpieza del tanque de combustible.	90	A

Tabla 10 Sistema eléctrico. RP-EMA-03

Actividad	Duración (Min)	Frecuencia
Revisión terminales de las baterías de arranque. Corregir o reportar si hay anomalía en ellas.	10	S
Revisión de la carga de las baterías. Corregir si no se encuentran debidamente cargadas.	15	S
Revisión del cargador de baterías. Corregir o cambiarlo si es necesario.	15	S
Revisión del nivel electrolítico de las baterías. Rellenar si es necesario.	15	S
Limpieza general de las baterías	15	S
Revisión de alarmas, seguridad y paro. Si hay anomalías reportar y corregir.	15	S
Revisión general del estado de las baterías de arranque. Si hay desperfecto reemplazar o corregir.	15	Q
Revisión de las conexiones al motor. Socar o reemplazar si es necesario.	10	1M
Revisión de las conexiones al generador. Socar o reemplazar si es necesario.	10	1M
Revisión de las conexiones de la transferencia eléctrica. Socar o reemplazar si es necesario.	10	1M
Revisión del cableado de distribución de potencia. Reportar y corregir cualquier anomalía.	10	1M
Revisión para que todo cable y conexión del sistema se encuentre apretada, limpia y en buen estado. De no ser así corregir y reportar.	25	1M
Revisión de la gravedad específica de las baterías. Corregir si es necesario.	20	1M

Tabla 11 Sistema de lubricación. RP-EMA-04

Actividad	Duración (Min)	Frecuencia
Revisión del nivel de aceite. Rellenar si es necesario.	5	D
Revisión y registro de la presión del aceite. Reportar cualquier anomalía.	5	S
Revisión del sistema de lubricación por presencia de fugas. Si hay presencia corregir y reportar.	20	Q
Revisión del estado de las mangueras. Cambiarlas o corregir la anomalía si la hay.	15	Q
Revisión del estado del cárter. Reportar si hay anomalía en él.	15	Q
Revisión del filtro de aceite lubricante. Corregir o reemplazar si es necesario.	10	Q
Revisión del precalentador de aceite. Reportar cualquier anomalía en él.	10	1M
Limpieza del carter y del respirador del cárter.	15	1M
Revisión del filtro separador de agua. Corregir o reemplazar si es necesario.	10	1M
Cambio del filtro del aceite lubricante.	20	6M
Cambio del filtro separador de agua.	20	6M
Cambio del aceite lubricante.	30	6M

Tabla 12 Sistema de refrigeración. RP-EMA-05

Número de la actividad	Duración (Min)	Frecuencia
Revisión del nivel del refrigerante (coolant). Rellenar si es necesario.	5	D
Revisión de las fugas en el sistema de refrigeración. Corregir y reportar si es necesario.	15	Q
Revisión del estado de las mangueras y conexiones por donde circula refrigerante. Corregir o reemplazar si es necesario.	15	Q
Revisión del tapón del radiador y reemplazar si es necesario.	10	Q
Revisión de la polea ventiladora. Reportar o reemplazar si es necesario.	10	Q
Revisión de la bomba de agua. Reportar o cambiar si es necesario.	10	Q
Revisión de las restricciones de aire en el radiador. Corregir si es necesario.	15	Q
Revisión del estado y de la limpieza del panel o serpentín. Reportar y corregir cualquier anomalía si es necesario.	15	Q
Revisión de las temperaturas de operación y toma de registro. Reportar cualquier anomalía si es necesario.	5	Q
Revisión del precalentador del refrigerante. Reportar y corregir cualquier anomalía si es necesario.	10	Q
Revisión del estado del intercambiador de calor (si existe). Reportar cualquier anomalía si es necesario.	20	1M
Limpieza general del sistema de refrigeración	20	1M
Limpieza del radiador y soplar con aire "a presión" del lado opuesto al de las aspas.	60	3M

Tabla 13 Sistema motriz. RP-EMA-06

Actividad	Duración (Min)	Frecuencia
Limpieza general del motor.	10	S
Revisión de ruidos inusuales en el motor. Reportar si hay presencia.	10	Q
Revisión de vibraciones inusuales en el motor. Reportar si hay presencia.	10	Q
Revisión del estado de cables, fajas, mangueras y conexiones del motor. Corregir o cambiar si es necesario.	25	Q
Revisión de la tensión y del estado de la faja del abanico. Corregir si es necesario.	10	Q
Revisión del funcionamiento del calentador de camisas. Reportar si hay anomalías.	10	Q
Revisión de los parámetros de voltaje y los rangos de la temperatura del calentador de camisas. Reportar si hay anomalías.	10	Q
Inspección de fugas en el turbo cargador. Si hay presencia corregir y reportar.	10	Q
Inspección de ruido en el rodamiento del turbo-cargador. Reportar si es necesario.	10	Q
Revisión de la tornillería de montaje y general. Socar si es necesario.	15	1M
Revisión general del motor por presencia de fugas. Si hay presencia corregir y reportar.	20	1M
Revisión del estado general del turbo-cargador. Reportar cualquier anomalía si es necesario.	10	1M

Tabla 14 Sistema de transferencia y control. RP-EMA-07

Número de la actividad	Duración (Min)	Frecuencia
Revisión del estado de los terminales de la transferencia. Corregir si es necesario.	15	Q
Revisión del estado de luces indicadoras. Reportar cualquier anomalía.	5	Q
Revisión de las tarjetas electrónicas, ajuste y limpieza. Corregir o reportar si es necesario.	20	Q
Revisión del estado del interruptor de la transferencia (manual o automático). Reportar cualquier anomalía.	10	Q
Revisión del estado de los contactores de la transferencia. Reportar cualquier anomalía.	10	Q
Revisión de los cables y conexiones del sistema. Corregir o cambiar si es necesario.	10	Q
Revisión del control electrónico del gobernador. Reportar cualquier anomalía.	10	Q
Revisión de mecanismo y uniones del gobernador. Corregir si es necesario.	15	Q
Revisión de sensor de bajo nivel del refrigerante. Cambiar si es necesario.	5	Q
Revisión del sensor de baja presión del aceite. Cambiar si es necesario.	5	Q
Revisión del sensor de temperatura. Cambiar si es necesario.	5	Q
Revisión de la pantalla de control y verificación de parámetros. Reportar cualquier anomalía.	10	1M
Revisión del arranque automático y manual. Reportar cualquier anomalía.	25	1M
Revisión del estado de las barras de corriente. Reportar cualquier anomalía.	10	1M
Revisión de la operación del gobernador. Reportar cualquier anomalía.	10	1M
Revisión del estado de las protecciones del generador. Cambiar y reportar si es necesario.	20	1M
Lubricación del vástago de acción de la transferencia.	30	3M
Cambio del aceite hidráulico del gobernador.	30	6M

Tabla 15 Sistema de generación. RP-EMA-08

Número de la actividad	Duración (Min)	Frecuencia
Limpieza de pantalla de ventilación	15	Q
Revisión y limpieza de conexiones eléctricas del generador. Corregir si es necesario.	20	Q
Revisión de ruidos inusuales en el generador. Reportar si es necesario.	10	Q
Revisión de vibraciones inusuales en el generador. Reportar si es necesario.	10	Q
Revisión del aislamiento del generador. Corregir o cambiar si es necesario.	10	Q
Limpieza general del generador.	20	Q
Inspección y limpieza del alternador. Reportar cualquier anomalía si es necesario.	20	Q
Revisión de las líneas de distribución del generador. Corregir o reportar cualquier anomalía si es necesario.	20	Q
Inspección del devanado del generador. Reportar cualquier anomalía.	30	1M
Revisión de operación del generador. Reportar cualquier anomalía.	10	1M
Revisión de ventanas y conectores del generador. Corregir si es necesario.	15	1M
Revisión del estado del estator. Reportar cualquier anomalía.	20	1M
Revisión del estado del rotor. Reportar cualquier anomalía.	20	1M
Revisión del estado de la excitatriz. Reportar cualquier anomalía.	20	1M

Tabla 16 Otros sistemas. RP-EMA-09

Número de la actividad	Duración (Min)	Frecuencia
Poner en operación el sistema dos veces a la semana, confirmando su disponibilidad. Lunes y Viernes de 9:30 am a 10:30 am	5	S
Inspección por humedad o presencia de agua en el generador. Reportar si hay presencia.	15	Q
Revisión del juego axial de amortiguadores de vibración de la planta. Reportar si hay anomalía.	15	Q
Medición del nivel de ruido de la planta. Documentar datos y reportar si hay anomalía.	15	Q
Registros de tiempo de arranque.	5	Q
Revisión de medidores. Reportar si hay anomalía.	10	Q
Registro del tiempo de operación y paro.	5	Q
Limpieza total del generador.	30	1M
Inspección del estado de la ubicación del generador (<i>container</i> o edificación). Reportar cualquier anomalía si es necesario.	10	1M

Realizada la distribución de frecuencias y el tiempo destinado a cada actividad, se procede a redactar las hojas de trabajo con las cuales se ejecutará el programa de mantenimiento preventivo propuesto. Estas estarán divididas por sistemas, incluida la lista de actividades por realizar y su código de implementación.

Por medio de las hojas de trabajo se aplicará el mantenimiento preventivo a los equipos. De ellas se debe llevar un registro en las bitácoras.

10.3 Interpretación de resultados y aportes

10.3.1 Cronograma de implementación

Tabla 17 Hoja de trabajo. Sistema de admisión y escape, rutina RP-EMA-01. Fuente: Guía CCSS.


 <p style="text-align: center;">CAJA COSTARRICENSE DE SEGURO SOCIAL DIRECCIÓN DE MANTENIMIENTO INSTITUCIONAL Area de mantenimiento electromecánico Rutina de mantenimiento de generador eléctrico PROGRAMA DE MANTENIMIENTO ELECTROMECAÁNICO</p>			Versión	1	
			Fecha Elaboración	19/06/2017	
			Revisado por	DAO	
			Fecha Actualización	N/A	
Nombre R.F Generador eléctrico	Cód. RF:	Sistema Admisión y escape	Código rutina: RP-EMA-01		
Localización: Hospital San Juan de Dios			Parámetro operación	FRE	DUR MIN
N°	Actividades	Estándar			
1	Revisión de restricciones en el sistema de escape, corregir si es necesario.		S	10	
2	Revisión de restricciones en la toma de aire, corregir si es necesario.		S	10	
3	Revisión del condensado en el sifón del sistema de escape, si es necesario drenarlo.		S	15	
4	Revisión del tubo de escape, reportar si hay anomalía.		Q	5	
5	Revisión de conexiones, soldaduras, juntas y uniones, reemplazar o corregir si es necesario.		Q	15	
6	Revisión de trampas de condensado, corregirlas o reemplazar si es necesario.		Q	15	
7	Revisión del estado del sistema de escape en busca de corrosión, reportar si hay presencia.		Q	15	
8	Revisión de tubería, mangueras y conexiones de admisión, corregir o cambiar si es necesario.		Q	15	
9	Revisión de fugas en el sistema de escape, reportar si hay presencia.		1M	20	
10	Revisión del distribuidor de escape, corregir o reemplazar si es necesario.		1M	10	
11	Revisión del silenciador de escape, corregir o reemplazar si es necesario.		1M	10	
12	Revisión de los aisladores de fuego, corregir o cambiar si es necesario.		1M	15	
13	Revisión de los soportes de escape, corregir o cambiar si es necesario.		1M	10	
14	Revisión de las emanaciones de escape, reportar si hay anomalía.		1M	10	
15	Revisión de fugas en el sistema de admisión, reportar si hay presencia.		1M	15	
16	Revisión del filtro de aire y limpieza.		1M	20	
17	Cambio del filtro de aire.		6M	20	
Tiempo estimado de duración(min):			Cantidad de funcionarios: 1	Horas-Hombre totales: 72.67	
PELIGROS	Recomendaciones de seguridad para la ejecución de la rutina:				
Eléctricos					
Mecánicos					
Tóxicos					
Físicos					
Radiación					
Biológicos					
Observaciones*					
Firma supervisor			Firma Jefe Mantenimiento		

Tabla 18 Hoja de trabajo. Sistema de combustible, rutina RP-EMA-02. Fuente: Guía CCSS


 <p style="text-align: center;">CAJA COSTARRICENSE DE SEGURO SOCIAL DIRECCIÓN DE MANTENIMIENTO INSTITUCIONAL Área de mantenimiento electromecánico Rutina de mantenimiento de generador eléctrico PROGRAMA DE MANTENIMIENTO ELECTROMECAÁNICO</p>			Versión	1	
			Fecha Elaboración	19/06/2017	
			Revisado por	DAO	
			Fecha Actualización	N/A	
Nombre R.F. Generador eléctrico	Cód. RE:	Sistema Combustible	Código rutina: RP-EMA-02		
Localización: Hospital San Juan de Dios			Parámetro operación	FRE	DUR MIN
N°	Actividades	Estándar			
1	Revisión del nivel de combustible, que esté en más de 90%, corregir si es necesario.	La aguja marque mas del 90%	D		5
2	Revisión general de fugas, si hay presencia corregir y reportar.		S		20
3	Inspección de líneas de suministro de combustible, corregir si hay anomalía.		S		10
4	Inspección de las líneas de retroalimentación, corregir si hay anomalía.		S		10
5	Inspección del tanque de combustible, corregir o reportar anomalía.		Q		10
6	Revisar el interruptor de nivel de combustible, reemplazar o reportar anomalía.		Q		5
7	Revisar el funcionamiento de la válvula solenoide, corregir o cambiar si es necesario.		Q		15
8	Revisión de todas las mangueras, corregir o cambiarlas si es necesario.		Q		10
9	Revisión de todas las conexiones, corregir o cambiarlas si es necesario.		Q		10
10	Revisión de la bomba de combustible, reportar o corregir cualquier anomalía.		Q		10
11	Revisión del filtro de combustible, corregir o reportar anomalía.		Q		10
12	Revisión del filtro separador de agua, corregir o reportar anomalía.			1M	10
13	Revisar que no exista presencia de agua en el sistema, remover si existe y reportar.			1M	15
14	Cambio del filtro de combustible.			6M	20
15	Cambio del filtro separador de agua.			6M	20
16	Limpieza del tanque de combustible.			A	90
Tiempo estimado de duración(min):		Cantidad de funcionarios: 1	Horas-Hombre totales: 85.83		
PELIGROS	Recomendaciones de seguridad para la ejecución de la rutina:				
Eléctricos					
Mecánicos					
Tóxicos					
Físicos					
Radiación					
Biológicos					
Observaciones*					
Firma supervisor			Firma Jefe Mantenimiento		

Tabla 19 Hoja de trabajo. Sistema eléctrico, rutina RP-EMA-03. Fuente: Guía CCSS


 <p style="text-align: center;"> CAJA COSTARRICENSE DE SEGURO SOCIAL DIRECCIÓN DE MANTENIMIENTO INSTITUCIONAL Área de mantenimiento electromecánico Rutina de mantenimiento de generador eléctrico PROGRAMA DE MANTENIMIENTO ELECTROMECAÁNICO </p>			Versión	1	
			Fecha Elaboración	19/06/2017	
			Revisado por	DAO	
			Fecha Actualización	N/A	
Nombre R.F. Generador eléctrico	Cód. RF:	Sistema Eléctrico	Código rutina: RP-EMA-03		
Localización: Hospital San Juan de Dios			Parámetro operación	FRE	DUR MIN
N°	Actividades	Estándar			
1	Revisar las terminales de las baterías de arranque, corregir o reportar anomalías en ellas.		S	10	
2	Revisión de la carga de las baterías, corregir si no se encuentran debidamente cargadas.	24 V	S	15	
3	Revisión del cargador de baterías, corregir o cambiarlo si es necesario.		S	15	
4	Revisión del nivel electrolítico de las baterías, rellenar si es necesario.		S	15	
5	Limpieza general de las baterías.		S	15	
6	Revisión de alarmas, seguridad y paro; si hay anomalías reportar y corregir.		S	15	
7	Revisión general del estado de las baterías de arranque; si hay desperfecto reemplazar o corregir.		Q	15	
8	Revisar conexiones al motor, socar o reemplazar si es necesario.		1M	10	
9	Revisar conexiones al generador; socar o reemplazar si es necesario.		1M	10	
10	Revisar conexiones de la transferencia eléctrica; socar o reemplazar si es necesario.		1M	10	
11	Revisar el cableado de distribución de potencia; reportar y corregir cualquier anomalía.		1M	10	
12	Revisar que todo cable y conexión del sistema se encuentre apretada, limpia y en buen estado; de no ser así corregir y reportar.		1M	25	
13	Revisa la gravedad específica de las baterías y corregir si es necesario.	1.28 Kg/dm ³	1M	20	
Tiempo estimado de duración(min):		Cantidad de funcionarios: 1	Horas-Hombre totales: 92		
PELIGROS	Recomendaciones de seguridad para la ejecución de la rutina:				
Eléctricos					
Mecánicos					
Tóxicos					
Físicos					
Radiación					
Biológicos					
Observaciones*					
Firma supervisor			Firma Jefe Mantenimiento		

Tabla 20 Hoja de trabajo. Sistema de lubricación, rutina RP-EMA-04. Fuente: Guía CCSS


 <p style="text-align: center;">CAJA COSTARRICENSE DE SEGURO SOCIAL DIRECCIÓN DE MANTENIMIENTO INSTITUCIONAL Área de mantenimiento electromecánico Rutina de mantenimiento de generador eléctrico PROGRAMA DE MANTENIMIENTO ELECTROMECAÁNICO</p>			Versión	1	
			Fecha Elaboración	19/06/2017	
			Revisado por	DAO	
			Fecha Actualización	N/A	
Nombre R.F. Generador eléctrico	Cód. RF:	Sistema Lubricación	Código rutina: RP-EMA-04		
Localización: Hospital San Juan de Dios			Parámetro operación	FRE	DUR MIN
N°	Actividades	Estándar			
1	Revisar el nivel del aceite y rellenar si es necesario.	La aguja marque mas de los ¾	D		5
2	Revisar y registrar la presión del aceite y reportar cualquier anomalía.	25 PSI a 35 PSI	S		5
3	Revisar el sistema de lubricación por presencia de fugas y si hay presencia corregir y reportar.		Q		20
4	Revisión del estado de las mangueras y cambiarlas o corregir la anomalía si es necesario.		Q		15
5	Revisar el estado del cárter y reportar si hay anomalía en él.		Q		15
6	Revisar el filtro del aceite lubricante y corregir o reemplazar si es necesario.		Q		10
7	Revisar el precalentador del aceite y reportar cualquier anomalía en él.		1M		10
8	Limpieza del cárter y el respirador del cárter.		1M		15
9	Revisar el filtro separador de agua y corregir o reemplazar si es necesario.		1M		10
10	Cambiar el filtro del aceite lubricante.		6M		20
11	Cambiar el filtro del separador de agua.		6M		20
12	Cambiar el aceite lubricante.		6M		30
Tiempo estimado de duración(min):		Cantidad de funcionarios: 1	Horas-Hombre totales: 57.33		
PELIGROS	Recomendaciones de seguridad para la ejecución de la rutina:				
Eléctricos					
Mecánicos					
Tóxicos					
Físicos					
Radiación					
Biológicos					
Observaciones*					
Firma supervisor			Firma Jefe Mantenimiento		

Tabla 21 Hoja de trabajo. Sistema de refrigeración, rutina RP-EMA-05. Fuente: Guía CCSS


 <p style="text-align: center;">CAJA COSTARRICENSE DE SEGURO SOCIAL DIRECCIÓN DE MANTENIMIENTO INSTITUCIONAL Área de mantenimiento electromecánico Rutina de mantenimiento de generador eléctrico PROGRAMA DE MANTENIMIENTO ELECTROMECAÁNICO</p>			Versión	1	
			Fecha Elaboración	19/06/2017	
			Revisado por	DAO	
			Fecha Actualización	N/A	
Nombre R.F. Generador eléctrico	Cód. RE:	Sistema Refrigeración	Código rutina: RP-EMA-05		
Localización: Hospital San Juan de Dios			Parámetro operación	FRE	DUR MIN
N°	Actividades	Estándar			
1	Revisar el nivel del refrigerante (coolant) y rellenar si es necesario.	La aguja marque mas de los $\frac{3}{4}$	D		5
2	Revisar fugas en el sistema de refrigeración y corregir y reportar si es necesario.		Q		15
3	Revisar el estado de las mangueras y conexiones por donde circula refrigerante y corregir o reemplazar si es necesario.		Q		15
4	Revisar el tapón del radiador y reemplazar si es necesario.		Q		10
5	Revisar la polea ventiladora y reportar o reemplazar si es necesario.		Q		10
6	Revisar la bomba de agua y reportar o cambiar si es necesario.		Q		10
7	Revisar las restricciones de aire en el radiador y corregir si es necesario.		Q		15
8	Revisar el estado y la limpieza del panel o serpentín y reportar y corregir cualquier anomalía si es necesario		Q		15
9	Revisar las temperaturas de operación y tomar registro, y reportar cualquier anomalía si es necesario.	77 °C a 90°C	Q		5
10	Revisar el precalentador de refrigerante y reportar y corregir cualquier anomalía si es necesario.		Q		10
11	Revisar el estado del intercambiador de calor (si existe) y reportar cualquier anomalía si es necesario.		Q		20
12	Limpieza general del sistema de refrigeración			1M	20
13	Limpieza del radiador y soplar con aire "a presión" del lado opuesto al de las aspas.			3M	60
Tiempo estimado de duración(min):		Cantidad de funcionarios: 1	Horas-Hombre totales: 74		
PELIGROS	Recomendaciones de seguridad para la ejecución de la rutina:				
Eléctricos					
Mecánicos					
Tóxicos					
Físicos					
Radiación					
Biológicos					
Observaciones*					
Firma supervisor			Firma Jefe Mantenimiento		

Tabla 22 Hoja de trabajo. Sistema motriz, rutina RP-EMA-06. Fuente: Guía CCSS


 <p style="text-align: center;"> CAJA COSTARRICENSE DE SEGURO SOCIAL DIRECCIÓN DE MANTENIMIENTO INSTITUCIONAL Área de mantenimiento electromecánico Rutina de mantenimiento de generador eléctrico PROGRAMA DE MANTENIMIENTO ELECTROMECÁNICO </p>			Versión		1			
			Fecha Elaboración		19/06/2017			
			Revisado por		DAO			
			Fecha Actualización		N/A			
Nombre R.F. Generador eléctrico		Cód. RF:		Sistema Motriz		Código rutina: RP-EMA-06		
Localización: Hospital San Juan de Dios				Parámetro operación		FRE	DUR MIN	
N°	Actividades			Estándar				
1	Limpieza general del motor.					S	10	
2	Revisión de ruidos inusuales en el motor; reportar si hay presencia.			Menor a 50 dB		Q	10	
3	Revisión de vibraciones inusuales en el motor, reportar si hay presencia.					Q	10	
4	Revisión del estado de cables, fajas, mangueras y conexiones del motor, corregir o cambiar si es necesario.					Q	25	
5	Revisar la tensión y el estado de la faja del abanico, corregir si es necesario.			400 a 600 lb		Q	10	
6	Revisión del funcionamiento del calentador de camisas, reportar si hay anomalías.					Q	10	
7	Revisión de parámetros de voltaje y los rangos de temperatura del calentador de camisas, reportar si hay anomalías.					Q	10	
8	Inspección de fugas en el turbo cargador, si hay presencia corregir y reportar.					Q	10	
9	Inspección de ruido en el rodamiento del turbo cargador, reportar si es necesario.			Menor a 30 dB		Q	10	
10	Revisar la tornillería de montaje y general, socar si es necesario.					1M	15	
11	Revisión general del motor por presencia de fugas, si hay presencia corregir y reportar.					1M	20	
12	Revisión del estado general del turbo cargador, reportar cualquier anomalía si es necesario.					1M	10	
Tiempo estimado de duración(min):		Cantidad de funcionarios: 1		Horas-Hombre totales: 55				
PELIGROS		Recomendaciones de seguridad para la ejecución de la rutina:						
Eléctricos								
Mecánicos								
Tóxicos								
Físicos								
Radiación								
Biológicos								
Observaciones*								
Firma supervisor				Firma Jefe Mantenimiento				

Tabla 23 Hoja de trabajo. Sistema de transferencia y control, rutina RP-EMA-07.

Fuente: Guía CCSS


 <p style="text-align: center;">CAJA COSTARRICENSE DE SEGURO SOCIAL DIRECCIÓN DE MANTENIMIENTO INSTITUCIONAL Área de mantenimiento electromecánico Rutina de mantenimiento de generador eléctrico PROGRAMA DE MANTENIMIENTO ELECTROMECAÁNICO</p>			Versión	1	
			Fecha Elaboración	19/06/2017	
			Revisado por	DAO	
			Fecha Actualización	N/A	
Nombre R.F. Generador eléctrico	Cód. RF:	Sistema Transferencia y control	Código rutina: RP-EMA-07		
Localización: Hospital San Juan de Dios			Parámetro operación	FRE	DUR MIN
N°	Actividades	Estándar			
1	Revisión del estado de las terminales de la transferencia, corregir si es necesario.		Q	15	
2	Revisión del estado de luces indicadoras, reportar cualquier anomalía.		Q	5	
3	Revisión de las tarjetas electrónicas, ajuste y limpieza; corregir o reportar si es necesario.		Q	20	
4	Revisión del estado del interruptor de la transferencia (manual o automático), reportar cualquier anomalía.		Q	10	
5	Revisión del estado de los contactores de la transferencia, reportar cualquier anomalía.		Q	10	
6	Revisión de los cables y conexiones del sistema, corregir o cambiar si es necesario.		Q	10	
7	Revisión del control electrónico del gobernador, reportar cualquier anomalía.		Q	10	
8	Revisión de mecanismo y uniones del gobernador, corregir si es necesario.		Q	15	
9	Revisión de sensor de bajo nivel de refrigerante, cambiar si es necesario.		Q	5	
10	Revisión de sensor de baja presión de aceite, cambiar si es necesario.		Q	5	
11	Revisión de sensor de temperatura, cambiar si es necesario.		Q	5	
12	Revisión de la pantalla de control y verificación de parámetros, reportar cualquier anomalía.	Temperatura 77 °C a 90°C, presión aceite 25 PSI a 35 PSI, frecuencia 60 Hz, Voltaje del sistema 24 V, Combustible mayor al 90%.	1M	10	
13	Revisión del arranque automático y manual, reportar cualquier anomalía.		1M	25	
14	Revisión del estado de las barras de corriente, reportar cualquier anomalía.		1M	10	
15	Revisión de la operación del gobernador, reportar cualquier anomalía.		1M	10	
16	Revisión del estado de las protecciones del generador, cambiar y reportar si es necesario.		1M	20	
17	Lubricar el vástago de acción de la transferencia.		3M	30	
18	Cambio de aceite hidráulico del gobernador.		6M	30	
Tiempo estimado de duración(min):			Cantidad de funcionarios: 1		Horas-Hombre totales: 65
PELIGROS	Recomendaciones de seguridad para la ejecución de la rutina:				
Eléctricos					
Mecánicos					
Tóxicos					
Físicos					
Radiación					
Biológicos					
Observaciones*					
Firma supervisor			Firma Jefe Mantenimiento		

Tabla 24 Hoja de trabajo. Sistema de generación, rutina RP-EMA-08. Fuente Guía CCSS



 <p style="text-align: center;">CAJA COSTARRICENSE DE SEGURO SOCIAL DIRECCIÓN DE MANTENIMIENTO INSTITUCIONAL Área de mantenimiento electromecánico Rutina de mantenimiento de generador eléctrico PROGRAMA DE MANTENIMIENTO ELECTROMECAÁNICO</p>			Versión	1	
			Fecha Elaboración	19/06/2017	
			Revisado por	DAO	
			Fecha Actualización	N/A	
Nombre R.F. Generador eléctrico	Cód. RF:	Sistema Generación	Código rutina: RP-EMA-08		
Localización: Hospital San Juan de Dios			Parámetro operación	FRE	DUR MIN
N°	Actividades	Estándar			
1	Limpieza de pantalla de ventilación		Q		15
2	Revisión y limpieza de conexiones eléctricas del generador, corregir si es necesario.		Q		20
3	Revisión de ruidos inusuales en el generador, reportar si es necesario.	Menor a 30 dB	Q		10
4	Revisión de vibraciones inusuales en el generador, reportar si es necesario.		Q		10
5	Revisión del aislamiento del generador, corregir o cambiar si es necesario.		Q		10
6	Limpieza general del generador.		Q		20
7	Inspección y limpieza del alternador, reportar cualquier anomalía si es necesario.		Q		20
8	Revisión de las líneas de distribución del generador, corregir o reportar cualquier anomalía si es necesario.		Q		20
9	Inspección del devanado del generador, reportar cualquier anomalía.			1M	30
10	Revisión de operación del generador, reportar cualquier anomalía.			1M	10
11	Revisión de ventanas y conectores del generador, corregir si es necesario.			1M	15
12	Revisión del estado del estator, reportar cualquier anomalía.			1M	20
13	Revisión del estado del rotor, reportar cualquier anomalía.			1M	20
14	Revisión del estado de la excitatriz, reportar cualquier anomalía.			1M	20
Tiempo estimado de duración(min):		Cantidad de funcionarios: 1	Horas-Hombre totales: 73		
PELIGROS	Recomendaciones de seguridad para la ejecución de la rutina:				
Eléctricos					
Mecánicos					
Tóxicos					
Físicos					
Radiación					
Biológicos					
Observaciones*					
Firma supervisor			Firma Jefe Mantenimiento		

Tabla 25 Hoja de trabajo. Otros sistemas, rutina RP-EMA-09. Fuente Guía C.C.S.S.

 <p style="text-align: center;"> CAJA COSTARRICENSE DE SEGURO SOCIAL DIRECCIÓN DE MANTENIMIENTO INSTITUCIONAL Área de mantenimiento electromecánico Rutina de mantenimiento de generador eléctrico PROGRAMA DE MANTENIMIENTO ELECTROMECAÁNICO </p>			Versión		1			
			Fecha Elaboración		19/06/2017			
			Revisado por		DAO			
			Fecha Actualización		N/A			
Nombre R.F. Generador eléctrico		Cód. RF:		Sistema Otros		Código rutina: RP-EMA-09		
Localización: Hospital San Juan de Dios				Parámetro operación		FRE	DUR MIN	
N°	Actividades			Estándar				
1	Poner en operación el sistema dos veces a la semana, confirmando su disponibilidad. Lunes y Viernes de 9:30 am a 10:30 am					S	5	
2	Inspección por humedad o presencia de agua en el generador, reportar si hay presencia.					Q	15	
3	Revisión del juego axial de amortiguadores de vibración de la planta, reportar si hay anomalía.					Q	15	
4	Medición del nivel de ruido de la planta, documentar datos y reportar si hay anomalía.			Menor a 85 dB		Q	15	
5	Registros de tiempo de arranque.			Menor a 10 Segundos		Q	5	
6	Revisión de medidores, reportar si hay anomalía.					Q	10	
8	Registro de tiempo de operación y paro.			30 min		Q	5	
9	Limpieza total del generador.					1M	30	
10	Inspección del estado de la ubicación del generador (<i>container</i> o edificación), reportar cualquier anomalía si es necesario.					1M	10	
Tiempo estimado de duración(min):		Cantidad de funcionarios: 1		Horas-Hombre totales: 38				
PELIGROS		Recomendaciones de seguridad para la ejecución de la rutina:						
Eléctricos								
Mecánicos								
Tóxicos								
Físicos								
Radiación								
Biológicos								
Observaciones*								
Firma supervisor				Firma Jefe Mantenimiento				

10.3.1.1 Lista de *Check List* por frecuencia y sistema

Tareas diarias			
Actividad	Se Realizo	Duración (Min)	Observaciones
Sistema de combustible			
Revisar el nivel del combustible y verificar que esté a más de 90%. Corregir si es necesario.		5	
Sistema de lubricación			
Revisar el nivel del aceite y rellenar si es necesario.		5	
Sistema de refrigeración			
Revisar el nivel del refrigerante (coolant) y rellenar si es necesario.		5	

Tareas Semanales			
Actividad	Se Realizo	Duración (Min)	Observaciones
Sistema de admisión y escape			
Revisar las restricciones en el sistema de escape y corregir si es necesario.		10	
Revisar las restricciones en la toma de aire y corregir si es necesario.		10	
Revisar el condensado en el sifón del sistema de escape y si es necesario drenarlo.		15	
Sistema de combustible			
Revisar en general las fugas y si hay presencia corregir y reportar.		20	
Inspeccionar las líneas de suministro de combustible y corregir si hay anomalía.		10	
Inspeccionar las líneas de retroalimentación y corregir si hay anomalía.		10	
Sistema eléctrico			
Revisar las terminales de las baterías de arranque y corregir o reportar si hay anomalía en ellas.		10	
Revisar la carga de las baterías y corregir si no se encuentran debidamente cargadas.		15	
Revisar el cargador de baterías y corregir o cambiarlo si es necesario.		15	

Revisar el nivel electrolítico de las baterías y rellenar si es necesario.		15	
Limpiar en general las baterías.		15	
Revisar las alarmas de seguridad y paro y si hay anomalías reportar y corregir.		15	
Sistema de lubricación			
Revisar y registrar la presión del aceite y reportar cualquier anomalía.		5	
Sistema motriz			
Limpiar en general el motor		10	
Otros sistemas			
Poner en operación el sistema dos veces a la semana, confirmando su disponibilidad.		5	

Tareas quincenales			
Actividad	Se Realizo	Duración (Min)	Observaciones
Sistema de admisión y escape			
Revisar el tubo de escape. Reportar si hay anomalía.		5	
Revisar las conexiones, soldaduras, juntas y uniones. Reemplazar o corregir si es necesario.		15	
Revisar las trampas de condensado. Corregirlas o reemplazar si es necesario.		15	
Revisar el estado del sistema de escape en busca de corrosión. Reportar si hay presencia.		15	
Revisar la tubería, las mangueras y las conexiones de admision. Corregir o cambiar si es necesario.		15	
Sistema de combustible			
Inspeccionar el tanque de combustible. Corregir o reportar si hay anomalía.		10	
Revisar el interruptor del nivel de combustible. Reemplazar o reportar si hay anomalía.		5	
Revisar el funcionamiento de la válvula solenoid. Corregir o cambiar si es necesario.		15	
Revisar todas las mangueras. Corregir o cambiarlas si es necesario.		10	

Revisar todas las conexiones. Corregir o cambiarlas si es necesario.		10	
Revisar la bomba de combustible. Reportar o corregir cualquier anomalía.		10	
Revisar el filtro de combustible. Corregir o reportar si hay anomalía.		10	
Sistema eléctrico			
Revisar en general del estado de las baterías de arranque, si hay desperfecto reemplazar o corregir.		15	
Sistema de lubricación			
Revisar el sistema de lubricación por presencia de fugas. Si hay presencia corregir y reportar.		20	
Revisar el estado de las mangueras. Cambiarlas o corregir la anomalía si la hay.		15	
Revisar el estado de las mangueras. Cambiarlas o corregir anomalía si es necesario.		15	
Revisar el filtro del aceite lubricante. Corregir o reemplazar si es necesario.		10	
Sistema de refrigeración			
Revisar las fugas en el sistema de refrigeración. Corregir y reportar si es necesario.		15	
Revisar el estado de las mangueras y conexiones por donde circula refrigerante. Corregir o reemplazar si es necesario.		15	
Revisar el tapón del radiador. Reemplazar si es necesario.		10	
Revisar la polea ventiladora. Reportar o reemplazar si es necesario.		10	
Revisar la bomba de agua. Reportar o cambiar si es necesario.		10	
Revisar restricciones de aire en el radiador. Corregir si es necesario.		15	

Revisar el estado y del grado de limpieza del panel o serpentín. Reportar y corregir cualquier anomalía si es necesario.		15	
Revisar las temperaturas de operación y registrar. Reportar cualquier anomalía si es necesario.		5	
Revisar el precalentador del refrigerante. Reportar y corregir cualquier anomalía si es necesario.		10	
Sistema motriz			
Revisar ruidos inusuales en el motor. Reportar si hay presencia.		10	
Revisar vibraciones inusuales en el motor. Reportar si hay presencia.		10	
Revisar el estado de cables, fajas, mangueras y conexiones del motor. Corregir o cambiar si es necesario.		25	
Revisar la tensión y el estado de la faja del abanico. Corregir si es necesario.		10	
Revisar el funcionamiento del calentador de camisas. Reportar si hay anomalías.		10	
Revisar los parámetros de voltaje y rangos de temperatura del calentador de camisas. Reportar si hay anomalías.		10	
Inspeccionar las fugas en el turbocargador. Si hay presencia corregir y reportar.		10	
Inspeccionar el ruido en el rodamiento del turbo cargador. Reportar si es necesario.		10	
Sistema de transferencia y control			
Revisar el estado de los terminales de la transferencia. Corregir si es necesario.		15	
Revisar el estado de luces indicadoras. Reportar cualquier anomalía.		5	
Revisarlas tarjetas electrónicas, ajuste y limpieza. Corregir o reportar si es necesario.		20	

Revisar el estado del interruptor de la transferencia (manual o automático). Reportar cualquier anomalía.		10	
Revisar el estado de los contactores de la transferencia. Reportar cualquier anomalía.		10	
Revisar los cables y conexiones del Sistema. Corregir o cambiar si es necesario.		10	
Revisar el control electrónico del gobernador. Reportar cualquier anomalía.		10	
Revisar el mecanismo de uniones del gobernador. Corregir si es necesario.		15	
Revisar el sensor de bajo nivel del refrigerante. Cambiar si es necesario.		5	
Revisar el sensor de baja presión del aceite. Cambiar si es necesario.		5	
Revisar el sensor de temperatura. Cambiar si es necesario.		5	
Sistema de generación			
Limpieza de la pantalla de ventilación.		15	
Revisión y limpieza de las conexiones eléctricas del generador. Corregir si es necesario.		20	
Revisión de ruidos inusuales en el generador. Reportar si es necesario.		10	
Revisión de vibraciones inusuales en el generador. Reportar si es necesario.		10	
Revisión del aislamiento del generador. Corregir o cambiar si es necesario.		10	
Limpieza general del generador.		20	
Inspección y limpieza del alternador. Reportar cualquier anomalía si es necesario.		20	
Revisión de las líneas de distribución del generador. Corregir o reportar cualquier anomalía si es necesario.		20	

Otros sistemas			
Inspección por humedad o presencia de agua en el generador. Reportar si hay presencia.		15	
Revisión del juego axial de amortiguadores de vibración de la planta. Reportar si hay anomalía.		15	
Medición del nivel de ruido de la planta. Documentar los datos y reportar si hay anomalía.		15	
Registros del tiempo de arranque.		5	
Revisión de medidores. Reportar si hay anomalía.		10	
Registro de tiempo de operación y paro.		5	

Tareas mensuales			
Actividad	Se Realizo	Duración (Min)	Observaciones
Sistema de admisión y escape			
Revisión de fugas en el sistema de escape. Reportar si hay presencia.		20	
Revisión del distribuidor de escape. Corregir o reemplazar si es necesario.		10	
Revisión del silenciador de escape. Corregir o reemplazar si es necesario.		10	
Revisión de los aisladores de fuego. Corregir o cambiar si es necesario.		15	
Revisión de los soportes de escape. Corregir o cambiar si es necesario.		10	
Revisión de las emanaciones de escape. Reportar si hay anomalía.		10	
Revisión de fugas en el sistema de admision. Reportar si hay presencia.		15	
Revisión del filtro de aire y limpieza.		20	

Sistema de combustible			
Revisión del filtro separador de agua. Corregir o reportar si hay anomalía.		10	
Revisión para verificar que no haya agua en el sistema. Remover si existe y reportar.		15	
Sistema eléctrico			
Revisión de conexiones al motor. Socar o reemplazar si es necesario.		10	
Revisión de conexiones al generador. Socar o reemplazar si es necesario.		10	
Revisión de conexiones de la transferencia eléctrica. Socar o reemplazar si es necesario.		10	
Revisión del cableado de distribución de potencia. Reportar y corregir cualquier anomalía.		10	
Revisión para verificar que todos los cables y las conexiones del sistema se encuentren apretadas, limpias y en buen estado; de no ser así, corregir y reportar.		25	
Revisión de la gravedad específica de las baterías. Corregir si es necesario.		20	
Sistema de lubricación			
Revisión del precalentador del aceite. Reportar cualquier anomalía en él.		10	
Limpieza del carter y del respirador del cárter.		15	
Revisión del filtro separador de agua. Corregir o reemplazar si es necesario.		10	
Sistema de refrigeración			
Revisión del estado del intercambiador de calor (si existe). Reportar cualquier anomalía si es necesario.		20	
Limpieza general del sistema de refrigeración.		20	

Sistema motriz			
Revisión de la tornillería del montaje y de la general. Socar si es necesario.		15	
Revisión general del motor por presencia de fugas. Si hay presencia corregir y reportar.		20	
Revisión del estado general del turbo-cargador. Reportar cualquier anomalía si es necesario.		10	
Sistema de transferencia y control			
Revisión de la pantalla de control y verificación de parámetros. Reportar cualquier anomalía.		10	
Revisión del arranque automático y manual. Reportar cualquier anomalía.		25	
Revisión del estado de las barras de corriente. Reportar cualquier anomalía.		10	
Revisión de la operación del gobernador. Reportar cualquier anomalía.		10	
Revisión del estado de las protecciones del generador. Cambiar y reportar si es necesario.		20	
Sistema de generación			
Inspección del devanado del generador. Reportar cualquier anomalía.		30	
Revisión de la operación del generador. Reportar cualquier anomalía.		10	
Revisión de ventanas y conectores del generador. Corregir si es necesario.		15	
Revisión del estado del estator. Reportar cualquier anomalía.		20	
Revisión del estado del rotor. Reportar cualquier anomalía.		20	
Revisión del estado de la excitatriz. Reportar cualquier anomalía.		20	

Otros sistemas			
Limpieza total del generador.		30	
Inspección del estado de la ubicación del generador (<i>container</i> o edificación). Reportar cualquier anomalía si es necesario.		10	

Tareas trimestrales			
Actividad	Se Realizo	Duración (Min)	Observaciones
Sistema de refrigeración			
Limpieza del radiador. Soplar con aire "a presión" del lado opuesto al de las aspas.		60	
Sistema de transferencia y control			
Lubricación del vástago de acción de la transferencia.		30	

Tareas semestrales			
Actividad	Se Realizo	Duración (Min)	Observaciones
Sistema de admisión y escape			
Cambio del filtro de aire.		20	
Sistema de combustible			
Cambio del filtro de combustible.		20	
Cambio del filtro separador de agua.		20	
Sistema de lubricación			
Cambio del filtro del aceite lubricante.		20	
Cambio del filtro separador de agua.		20	
Cambio del aceite lubricante.		30	
Sistema de transferencia y control			
Cambio del aceite hidráulico del gobernador.		30	

Tareas anuales			
Actividad	Se Realizo	Duración (Min)	Observaciones
Sistema de combustible			
Limpieza del tanque de combustible.		90	

Elaboradas las hojas de trabajo y la lista de *check list* y dispuestas la duración y la frecuencia para las actividades, se procede a calcular la demanda en horas hombre que tienen el realizar las tareas de mantenimiento.

Sistema de admisión y escape. RP-EMA-01

Tabla 26 Tiempo requerido por el sistema de escape y admisión.

Frecuencia	Duración (min)	Duración anual (min)
Semestral (6M)	20	40
Mensual (1M)	110	1 320
Quincenal (Q)	75	1 800
Semanal (S)	25	1 200

Total de horas anuales por sistema de escape y admision, 72.67 horas anuales.

Sistema de combustible. RP-EMA-02

Tabla 27 Tiempo requerido por el sistema de combustible.

Frecuencia	Duración (min)	Duración anual (min)
Anual (A)	90	90
Semestral (6M)	40	80
Mensual (1M)	35	420
Quincenal (Q)	70	1 680
Semanal (S)	40	1 920
Diario (D)	5	960

Total de horas anuales por sistema de combustible 85.83 horas anuales.

Sistema eléctrico. RP-EMA-03

Tabla 28 Tiempo requerido por el sistema eléctrico

Frecuencia	Duración (min)	Duración anual (min)
Mensual (1M)	90	1 080
Quincenal (Q)	15	360
Semanal (S)	85	4 080

Total de horas anuales por sistema eléctrico, 92 horas anuales.

Sistema de lubricación. RP-EMA-04

Tabla 29 Tiempo requerido por el sistema de lubricación

Frecuencia	Duración (min)	Duración anual (min)
Semestral (6M)	70	140
Mensual (1M)	35	420
Quincenal (Q)	60	1440
Semanal (S)	5	240
Diario (D)	5	1200

Total de horas anuales por el sistema de lubricación, 57.33 horas anuales.

Sistema de refrigeración. RP-EMA-05

Tabla 30 Tiempo requerido por el sistema de refrigeración

Frecuencia	Duración (min)	Duración anual (min)
Trimestral (3M)	60	240
Mensual (1M)	40	480
Quincenal (Q)	105	2 520
Diario (D)	5	1 200

Total de horas anuales por el sistema de refrigeración, 74 horas anuales.

Sistema motriz. RP-EMA-06

Tabla 31 Tiempo requerido por el sistema motriz

Frecuencia	Duración (min)	Duración anual (min)
Mensual (1M)	45	540
Quincenal (Q)	95	2 280
Semanal (S)	10	480

Total de horas anuales por sistema motriz 55 horas anuales

Sistema de transferencia y control. RP-EMA-07

Tabla 32 Tiempo requerido por el sistema de transferencia y control

Frecuencia	Duración (min)	Duración anual (min)
Semestral (6M)	30	60
Trimestral (3M)	30	120
Mensual (1M)	70	840
Quincenal (Q)	120	2 880

Total de horas anuales reequeridas por el sistema de transferencia y control, 65 horas anuales.

Sistema de generación. RP-EMA-08

Tabla 33 Tiempo requerido por el sistema de generación.

Frecuencia	Duración (min)	Duración anual (min)
Mensual (1M)	115	1 380
Quincenal (Q)	125	3 000

Total de horas anuales requeridas por el sistema de generación, 73 horas anuales.

Otros sistemas. RP-EMA-09

Tabla 34 Tiempo requerido por otros sistemas

Frecuencia	Duración (min)	Duración anual (min)
Semanal (S)	10	480
Mensual (1M)	40	480
Quincenal (Q)	75	1 800

Total de horas anuales requeridas por otros sistemas, 46 horas anuales

10.3.2 Equipo y herramientas

Para realizar su labor en las áreas señaladas en el manual de mantenimiento el personal encargado de ellas deberá contar con cierto equipo y herramientas, las cuales se describen a continuación:

Herramientas generales

- Destornilladores planos
- Destornilladores Philips
- Cubos milimétricos (copas allen)
- Cubos en pulgadas (copas allen)
- Llaves allen
- Martillo de bola
- Llaves mixtas milimétricas
- Llaves mixtas en pulgadas
- Marco con sierra

Equipo de medición

- Multímetro digital

- Amperímetro digital de gancho
- Medidores de secuencia de fases
- Medidor de frecuencia
- Medidor de densidad y carga de batería
- Medidor de presión de aceite
- Medidor de temperatura de refrigerante
- Medidor de aislamiento

Herramientas especializadas

- Extractor de filtros de faja
- Extractor de filtros de cadena
- Calibradores de alambre para bujías
- Llaves tipo "C" para motor de diésel
- Torquímetro
- Nicopresadora

10.3.3 Inventario

El Departamento de Mantenimiento del hospital no cuenta con un inventario de repuestos. Estos se le adjudican actualmente a la empresa externa que gana la correspondiente licitación para realizar la labores de mantenimiento, la cual debe buscar los repuestos cuando una pieza falla. Cuando el repuesto es cambio lo cubre el hospital, lo que justifica que no se compren repuestos para no mantenerlos en bodega.

El que haya en el hospital los repuestos de uso más frecuente es de suma importancia para una reparación rápida y efectiva. En caso contrario se debe iniciar la búsqueda con participación de los diferentes proveedores, lo que alarga el tiempo de reparación.

Entre los factores que determinan la cantidad de repuestos están los siguientes:

- La cantidad utilizada.
- La frecuencia de reemplazo.
- Los efectos en la operación o depreciación, que es importante para no invertir dinero en partes o piezas que por lo general se reemplazan con baja frecuencia.

Inventario mínimo

Siempre será necesario disponer en el almacén de todos aquellos materiales utilizados en el mantenimiento de las plantas, así como los repuestos de regular recambio, como son:

Tabla 35 Inventario de consumibles

Consumible	Marca	Especificación	Cantidades	Costo económico (colones)
Refrigerante.	CAT, CUMMINS	TMC RP-338 , CAT EC-1	3 Barriles U.S	₡ 1 969 750
Terminales de batería.	CAT, CUMMINS	Material cobre	10 Unidades	₡ 10 000
Agua destilada.	MT Lubricantes	MT04000	10 Galones	₡ 21 100
Bicarbonato de sodio.	I.Q.S	Bicarbonato de sodio puro	1 Saco (25 kilogramos)	₡ 12 090
Disolvente de grasa.	Kaercher	RM 31, 20l	5 Galones	₡ 60 000
Aceite lubricante.	CAT, CUMMINS	API CH-4 , VALGAB 15W-40 CJ-4	3 Barriles U.S	₡ 1 498 958
Limpiador de contactos.	WD-40	Limpiador de contactos	10 Unidades	₡ 45 200
Limpiador dieléctrico.	CRC Industrial	Limpiador dieléctrico multiuso	10 Unidades	₡ 68 100
Total				₡ 3 685 198

Para mantener el inventario indicado cabe apoyarse en rutinas de mantenimiento planificado, como órdenes de trabajo o trabajos de mantenimiento correctivo, ya que estas contienen información muy importante acerca de todos los materiales y repuestos de uso regular.

Inventario promedio

Para reducir el tiempo de respuesta ante las averías que se pueden presentar se recomienda un inventario más amplio de repuestos para las averías más comunes. Este se ha venido trabajando en conjunto con el personal a cargo de realizar el mantenimiento en el hospital.

Tabla 36 Repuestos para generador Caterpillar modelo 3406

Repuesto	Número de parte	Cantidades	Costo económico (colones)
Filtro de aire.	6I-2507	1 Unidad	₡ 87 475
Filtro de aceite.	1R-0716	2 Unidades	₡ 49 510
Filtro de combustible.	9M-2342	2 Unidades	₡ 21 716
Filtro de refrigerante.	8N-0205	2 Unidades	₡ 77 988
Faja del motor.	6N-6652	1 Unidad	₡ 107 057
Juego de fajas secundarias motor.	4N-8217	1 Unidad	₡ 61 625
Termostato.	248-5513	1 Unidad	₡ 49 550
Manguera del radiador.	6N-7031	2 Unidades	₡ 51 644
Sensor de nivel de agua.	430-9449	1 Unidad	₡ 140 065
Sensor de presión aceite.	216-8684	1 Unidad	₡ 468 211
Sensor de velocidad.	318-1181	1 Unidad	₡ 118 425
Bomba de agua.	352-0203	1 Unidad	₡ 1 111 785
Empaque cabezote.	6I-3066	1 Unidad	₡ 115 641
Total			₡ 2 345 051

Tabla 37 Repuestos para generador Caterpillar modelo SRCR D343

Repuesto	Número de parte	Cantidades	Costo económico (colones)
Filtro de aire.	6L-3313	1 Unidad	₡ 100 126
Filtro de aceite.	1R-0721	2 Unidades	₡ 37 260
Filtro de combustible.	1R-0724	2 Unidades	₡ 23 224
Faja del motor.	6L-3408	1 Unidad	₡ 84 673
Termostato.	6N-4540	1 Unidad	₡ 58 354
Alternador	6T-1395	1 Unidad	₡ 554 318
Bomba de agua.	0R-0807	1 Unidad	₡ 652 883
Empaque de cabezote.	1P-6857	1 Unidad	₡ 7 448
Total			₡ 1 518 286

Tabla 38 Repuestos para generador Cummins modelo QST30-G3

Repuesto	Número de parte	Cantidades	Costo económico (colones)
Filtro de aceite.	LF14000NN	2 Unidades	₡ 33 476
Filtro de combustible.	FS19870	2 Unidades	₡ 50 180
Filtro de refrigerante.	WF2075	2 Unidades	₡ 15 596
Faja del motor.	3094909	1 Unidad	₡ 44 758
Termostato.	3092114	1 Unidad	₡ 39 827
Sensor de temperatura.	4088832	2 Unidades	₡ 43 042
Sensor de nivel de agua.	2872769	1 Unidad	₡ 140 652
Sensor de presión.	2872254	2 Unidades	₡ 44 504
Sensor de posiciones (ISF, ISB, ISC).	4921597	2 Unidades	₡ 68 356
Bomba de agua.	4090031NX	1 Unidad	₡ 821 385
Bomba de lubricación.	4024870NX	1 Unidad	₡ 287 802
Total			₡ 1 589 578

Tabla 39 Repuestos para generador Olympian modelo Perkins serie 700

Repuesto	Número de parte	Cantidades	Costo económico (colones)
Filtro de aceite.	2654414	2 Unidades	₡ 25 810
Filtro de combustible.	FF5114	2 Unidades	₡ 41 330
Filtro de aire.	AF25352	1 Unidad	₡ 64 335
Faja del abanico.	2614B652	1 Unidad	₡ 17 499
Termostato.	2485613	1 Unidad	₡ 14 013
Sensor de temperatura.	385720500	1 Unidad	₡ 49 445
Sensor de nivel de agua.	385720230	1 Unidad	₡ 39 179
Sensor de presión.	185246190	1 Unidad	₡ 85 387
Bomba de agua.	U5MW0175	1 Unidad	₡ 229 147
Bomba de lubricación.	4132F064	1 Unidad	₡ 248 293
Total			₡ 814 438

Tabla 40 Repuestos para generador Olympian modelo Perkins serie 900

Repuesto	Número de parte	Cantidades	Costo económico (colones)
Filtro de aceite.	2654412	2 Unidades	₡ 25 810
Filtro de combustible.	26560140	2 Unidades	₡ 49 300
Filtro de aire.	26510362	1 Unidad	₡ 72 367
Faja del abanico.	2614B659	1 Unidad	₡ 32 341
Termostato.	2485C029	1 Unidad	₡ 54 080
Sensor de temperatura.	T419380	1 Unidad	₡ 145 360
Sensor de velocidad.	U5MK1234	1 Unidad	₡ 44 312
Sensor de presión.	2848062	1 Unidad	₡ 63 278
Bomba de agua.	U5MW0181	1 Unidad	₡ 165 074
Bomba de lubricación.	41314187	1 Unidad	₡ 89 819
Total			₡ 741 741

Tabla 41 Repuesto para generador Olympian modelo Perkins serie 400

Repuesto	Número de parte	Cantidades	Costo económico (colones)
Filtro de aceite.	140517030	2 Unidades	₡ 26 356
Filtro de combustible.	130366040	2 Unidades	₡ 25 278
Filtro de aire.	135326206	1 Unidad	₡ 31 141
Faja del abanico.	080109049	1 Unidad	₡ 12 737
Termostato.	145206270	1 Unidad	₡ 34 041
Sensor de temperatura.	385720500	1 Unidad	₡ 49 445
Sensor de velocidad.	U5MK1086	1 Unidad	₡ 44 312
Sensor de presión.	T421762	1 Unidad	₡ 38 779
Bomba de agua.	145017380	1 Unidad	₡ 211 294
Bomba de lubricación.	U5MK8268	1 Unidad	₡ 250 920
Total			₡ 724 303

Estas piezas son recomendadas al hospital o a la empresa externa encargada de realizar el mantenimiento, para que analice si es rentable la compra de ellas (piezas y equipos), dado que no se tienen en inventario y debido a su alto precio.

10.3.4 Evaluación económica

Se calculará el costo anual del plan de mantenimiento y se estimarán también los costos que tiene cada sistema anualmente, así como el costo de los consumibles y los repuestos para cada generador. En base en las tablas de la 8 a la 16 se pueden establecer el tiempo y la frecuencia que requiere cada tarea de mantenimiento. Posteriormente a esto se suman todos los tiempos que contiene cada frecuencia y se estiman anualmente los costos por hora hombre que demandan las actividades de mantenimiento como se puede ver mejor en las tablas de la 26 a la 34.

Seguidamente a esto se realiza la estimación económica que demandan los consumibles “tabla 35” para las tareas de mantenimiento y el costo total de los repuestos para los generadores eléctricos en las tablas 36 a la 41.

Realizadas la sumatoria y la distribución de horas anuales por sistema de mantenimiento, se procede ahora a sacar el costo que implicaría el mantenimiento de cada sistema del generador, así como el costo anual que tendrá elaborar e implementar el manual de mantenimiento. Por políticas de la C.C.S.S. y en conjunto con la empresa ejecutora del programa de mantenimiento preventivo se asignará un precio por hora al técnico encargado de realizar las labores de mantenimiento, el cual será de 3100 colones la hora. Esta asignación se realiza con base en la página web del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social.

Costo total anual por sistema

Sistema	Horas anuales	Costo anual colones
Sistema de escape y admisión	72.67	¢ 225 277
Sistema de combustible	85.83	¢ 266 073
Sistema eléctrico	92	¢ 285 200
Sistema de lubricación	57.33	¢ 177 723
Sistema de refrigeración	74	¢ 229 400
Sistema motriz	55	¢ 170 500
Sistema de transferencia y control	65	¢ 201 500
Sistema de generación	73	¢ 226 300
Otros sistemas	46	¢ 142 600
Total	620.8	¢ 1 924 573

Por lo tanto, el recurso humano anual que se requeriría para la implementación del manual de mantenimiento tendría un costo de ₡1 924 573 colones. Como se puede ver mejor en la ilustración 4, la distribución del costo del mantenimiento anual se hace por sistema; esto por medio de un gráfico de barras.

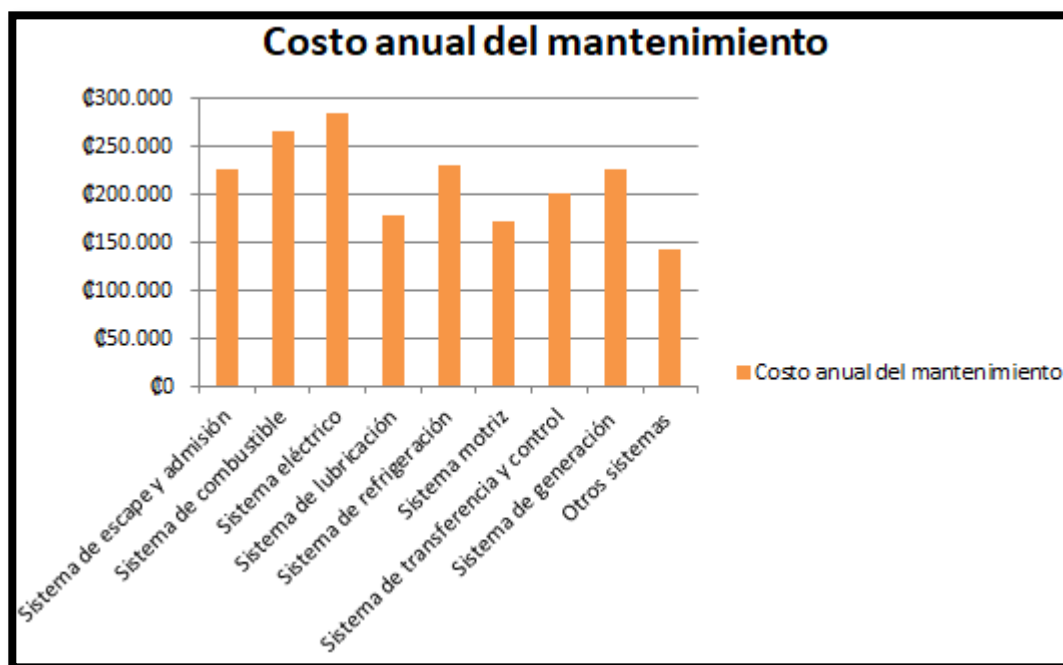


Ilustración 4. Gráfico de distribución del costo por sistema

Realizada la estimación económica de recurso humano por generador siendo equivalente a ₡1 924 573 colones, para los seis generadores que se realiza el proyecto se demanda un total de ₡11 547 438 colones en recurso humano.

Posterior a esto en base a la tabla 35 inventario de consumibles se obtiene un total de ₡3 685 198 colones para los consumibles que demandan las tareas de mantenimiento.

En cuanto al costo de los repuestos para los generadores, se realiza la estimación económica en las tablas 36 a la 41. Donde se puede ver reflejado el costo total de repuestos para cada generador, obteniendo un total para los seis generadores de ₡7 733 397 colones.

Lo que demanda la implementación del plan de mantenimiento preventivo para los generadores eléctricos del Hospital San Juan de Dios, ubicado en San José, Costa Rica. En cuanto a recurso humano, consumibles para las tareas de mantenimiento y los repuestos que se recomiendan para cada generador en específico, es un total de ₡ 22 966 033 colones.

Como se puede ver mejor en la figura , la distribución del costo en cuanto a recurso humano, consumibles y repuestos; esto por medio de un gráfico circular.

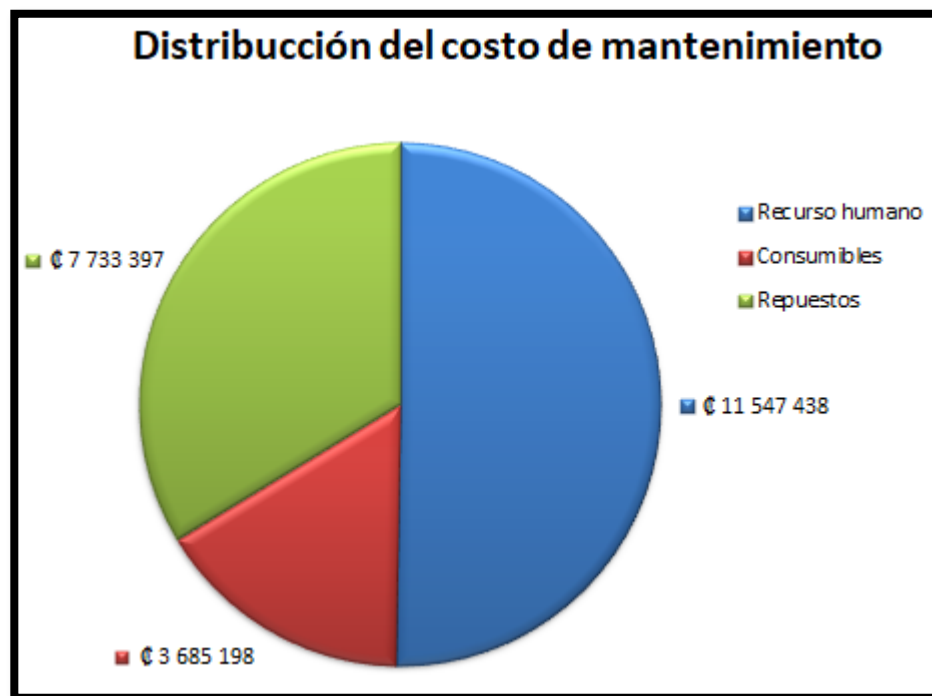


Ilustración 5 Distribución del costo de mantenimiento

11. Conclusiones

Al finalizar el diseño del manual de mantenimiento preventivo mediante la metodología y los métodos empleados, y de acuerdo con la experiencia adquirida en el desarrollo de la investigación, se llega a las siguientes conclusiones:

1. Se recopilaron buenas prácticas de ingeniería obtenidas de programas de mantenimiento de plantas de emergencia, de información de la casa matriz, de documentos de la empresa ejecutora del programa de mantenimiento; de las necesidades del hospital que solventa mediante "licitación", y del área de mantenimiento de la CCSS. Todo lo anterior con el objetivo de adaptar el manual de mantenimiento preventivo al contexto operacional del hospital y de empresa, como también al procedimiento de licitación que utiliza el hospital para llenar las necesidades de mantenimiento de los generadores eléctricos. De esa manera se procuró adecuar el manual de mantenimiento preventivo elaborado a las necesidades del hospital.
2. Se establecen las actividades de mantenimiento con la duración y la frecuencia con las que se deben realizar, con el objetivo de mantener los equipos en óptimas condiciones para cuando se requiera que entren en operación. Al elaborar el manual de mantenimiento preventivo por hojas de trabajo y asignar las tareas por sistema se asegura que sea aplicable y abarque toda la maquinaria.
3. Se confecciona el inventario de repuestos sugerido para los generadores eléctricos con el propósito de reducir los tiempos de respuesta ante las averías.
4. Se logró estimar el costo que tendría la implementación del manual de mantenimiento preventivo para la institución.

12. Recomendaciones

1. Realizar una valoración del estado de los equipos con participación de la empresa distribuidora o casa matriz antes de implementar el plan de mantenimiento. Esto con el propósito de determinar cuáles piezas o equipos se encuentran propensos a fallar y de dar a conocer la situación en la que se encuentran. Así mismo, se sugiere que, al cabo de un año de haberse implementado el plan de mantenimiento preventivo, se realice otra valoración, que deberá generar la información suficiente para poder efectuar cambios en el manual de mantenimiento preventivo, si fuera necesario. Los resultados deberán verse reflejados en la duración y la frecuencia de las actividades de mantenimiento.
2. Para el caso de que el programa de mantenimiento preventivo se llegue a implementar se recomienda su actualización. Estas actualizaciones vendrían a corregir los problemas que se pudieron haber presentado al elaborarlo. Deben hacerse anualmente, en conjunto con lo del punto 2 de la recomendación 1, ya que al generarse información suficiente se pueden tomar las medidas que el Departamento de Mantenimiento del hospital crea conveniente tomar.
3. Se recomienda asignar las labores de mantenimiento a una persona con conocimientos en gestión de mantenimiento y conocimiento técnico, para que se haga cargo de las rutinas de mantenimiento y de llevar el control de las reparaciones de los equipos. Esto con el objetivo de que se le dé seguimiento al plan de mantenimiento, para que se vele porque haya una ejecución correcta y se puedan notar los cambios y mejoras que tendrán los generadores en su funcionamiento.

4. Para cuando se tenga que realizar mantenimiento correctivo o preventivo que genere que el equipo salga de servicio se recomienda al hospital, o la empresa externa que vaya a realizar las labores de mantenimiento, que disponga de un generador de respaldo que tenga la misma capacidad del que va a salir de servicio. Ello con el propósito de tener el respaldo necesario para el edificio por si la red eléctrica falla en determinado momento.

5. Se recomienda mantener vigente el inventario de repuestos que se propone para reducir los tiempos de respuesta ante diferentes averías, lo mismo que darlo a conocer a las empresas que venden repuestos originales, como son MATRA y CUMMINS.

13. Bibliografía

- CCSS (s.f.). *Guía para la elaboración de rutinas de mantenimiento preventivo*. San José, Costa Rica: Área de Investigación y Desarrollo de Mantenimiento Institucional.
- Dios, C. H. (2015). *Modificación al cartel del proceso licitatorio 2015 LA-000040-2102 para el mantenimiento y repuestos para las plantas eléctricas*. San José, Costa Rica: Hospital San Juan de Dios Área de Gestión de Bienes y Servicios .
- Obando, B. A. (2016). *Plan de mantenimiento centrado en confiabilidad para equipos de abastecimiento de combustible de aviación*. San José, Costa Rica.
- Renovetec. (s.f.). *QUÉ ES EL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL*. Recuperado el 4 de abril de 2017, de Renove Tecnología S.L.: <http://www.renovetec.com/QUE%20ES%20EL%20MANTENIMIENTO%20INDUSTRIAL.html>
- Umaña, D. (2009). *Diseño de un plan de mantenimiento preventivo del sistema de bombeo e inyección en los motores de combustión, en la planta termoeléctrica del ICE en Colima de Tibás*. San José, Costa Rica.
- Wikipedia. (s.f.). *Grupo electrógeno*. Recuperado el 4 de abril de 2017, de Wikipedia la enciclopedia libre: https://es.wikipedia.org/wiki/Grupo_electr%C3%B3geno

14. Anexos

14.1 Guía para la elaboración de rutinas de mantenimiento preventivo CCSS

Para una mejor gestión del manual de mantenimiento preventivo que se va realizar se toma como referencia la Guía para la elaboración de rutinas de mantenimiento preventivo de la CCSS, de la cual se consideran los siguientes puntos.

- ✓ Describir las actividades de una manera secuencial y ordenada, tomando como referencia las recomendaciones del fabricante o diseñador y las experiencias del equipo de trabajo que elabora las rutinas.
- ✓ Enlistar las herramientas, equipos de medición, implementos de seguridad, instrumentos o insumos que se necesitan para realizar las actividades de mantenimiento.
- ✓ Las actividades deben ser descritas de forma general con la finalidad de que se adapten a diferentes marcas, modelos o tipos de equipos e infraestructura.
- ✓ Considerar los tipos de peligros que existan al realizar las rutinas de mantenimiento. Al identificarlos, establecer procedimientos para salvaguardar el buen estado del recurso físico y la seguridad de las personas que de forma directa o indirecta estén expuestas.
- ✓ Realizar una programación anual de las rutinas de mantenimiento preventivo por medio de un gráfico Gantt o cronograma, haciendo un análisis de las cargas de trabajo requeridas y según lo establecido en la “Guía para la Elaboración del Programa de Mantenimiento del Recurso Físico en la unidades locales de la CCSS”.
- ✓ Documentar en forma digital y física las RMP que se elaboran. Todo el

personal técnico y profesional dedicado al mantenimiento deberá tener fácil y libre acceso a estos documentos, así como a otros necesarios para la ejecución de las actividades de mantenimiento (libros, manuales, catálogos, planos, entre otros)

Actividades comunes de mantenimiento

Una actividad de mantenimiento es toda aquella labor que tenga como fin conservar en buen estado físico y de funcionamiento el recurso físico. Las actividades más comunes son: limpieza, ajuste, lubricación, inspecciones, sustitución de consumibles, mediciones y verificación de parámetros de funcionamiento, entre otros. A continuación se detallan dichas actividades:

Inspección de la condición ambiental

Se observan las condiciones del ambiente en las que se encuentra el equipo, ya sea en funcionamiento o en almacenamiento. Los aspectos que se recomienda evaluar son: humedad, exposición a vibraciones mecánicas, presencia de polvo, seguridad de la instalación y temperatura. Cualquier anomalía o no cumplimiento de estas condiciones con lo establecido debe ser notificado como observación en la rutina, o inmediatamente dependiendo de la situación.

Inspección visual

Se verifica la existencia y correcta ubicación de todos los componentes eléctricos, mecánicos, electromecánicos, neumáticos u ópticos que afectan el adecuado funcionamiento del equipo o infraestructura. Incluye tareas como: ubicación de posibles fugas, observación detallada de condiciones del aislamiento (en cables, tuberías, cuartos fríos, etc.), ruidos anormales (transformadores, transmisiones), etc. Las condiciones anómalas y la solución empleada deberán ser documentadas en el formulario de la rutina, en el apartado de observaciones.

Prueba de funcionamiento y operación

Estas pruebas deben satisfacer como mínimo todas las especificaciones de funcionamiento dadas por el fabricante o, en su defecto, los parámetros de operación que se definan como “normales” por parte de las autoridades técnicas responsables. Deben realizarse en presencia y con la participación del operador del equipo y el técnico al que se le brinda mantenimiento; por ejemplo: utilización de simuladores para ventilador pulmonar, electrocardiógrafo y decibelímetro; pruebas en iluminación de emergencia, pruebas en el sistema de control de gases médicos.

Limpieza

Se refiere a tareas que incluyan la limpieza de componentes o superficies de la máquina. Esta labor generalmente se acompaña de una inspección visual.

Prueba de seguridad

Son pruebas destinadas a corroborar el adecuado funcionamiento de los dispositivos y mecanismos que resguardan la seguridad de los equipos y las personas en la operación, uso y mantenimiento del recurso físico. Estas pruebas se les debe realizar al recurso físico al ejecutar tareas de mantenimiento, tales como: luces piloto, alarmas audibles, continuidad y uso adecuado de fusibles, electrofrenos, frenos mecánicos, pruebas en válvulas de alivio o seguridad, pruebas en sensores y columnas de nivel de calderas, pruebas en sistemas contra incendios, bloqueos mecánicos, entre otros.

Monitoreo de la condición/desgaste

Tareas que involucran condición de componentes/equipos que por su función presentan inevitablemente un desgaste o cuya condición se ve afectada por elementos externos, por ejemplo: estado de cojinetes, desgaste de empaques, espesores de “fluxes” en calderas, aislamientos en tuberías de vapor, estado de

aislamiento en devanados de motores, medición de resistencias de puesta a tierra, lectura de historial de alarmas en controles a distancia, lectura de temperaturas en escapes, lectura de presiones, etc.).

Restauración/reacondicionamiento

Tareas que se requiera sean ejecutadas ante un estado deficiente o incorrecto, tal como: pintura de superficies externas/internas, cambio de estructuras corroídas, rectificación de ejes, alineamiento de bomba-motor, drenado de tanques de depósito y unidades de mantenimiento de aire comprimido.

Descarte de consumibles u otras partes

Tareas que describen el cambio de un consumible o una parte, también en aquellas ocasiones que la orientación técnica conlleve al posible reemplazo de alguna parte. Ejemplo: cambio de filtros de gasolina, filtros de aire en motores de combustión interna, gas refrigerante 134a en sistemas de expansión directa, empaquetaduras, prensaestopas de bombas, electrodo activo y placa adhesiva del electrocauterio; sensores de dedo, brazaletes para toma de presión y sensor de temperatura del monitor de signos vitales.

Ajuste/calibración

Describe de qué manera se realizan las pruebas de calibración o ajuste del equipo, instalación, infraestructura y componentes; de acuerdo con los parámetros establecidos por el fabricante o diseñador (en el caso de instalaciones). Ejemplo: revisión de ajustes de cuña-cuñero, alineamiento en conjunto bomba-motor, calibración de balanzas de pesado, ajuste de protecciones eléctricas, ajuste de válvulas de distribución de gases médicos, ajuste de secuencia de arranque en calderas, etc.

Lubricación

Las tareas de este tipo mencionan los tipos de lubricantes, la periodicidad, el método y el lugar de aplicación, según las especificaciones del equipo dadas por el fabricante. Las tareas de lubricación incluirán labores de limpieza. Ejemplos: lubricación en motores de combustión interna de plantas eléctricas, cambio de aceite en unidades de mantenimiento de aire comprimido, lubricación en reductores, rodamientos, etc.

Protección ante agentes externos

Tareas preventivas que evitan el deterioro progresivo por agentes externos. Ejemplo: protección catódica en infraestructura y equipos.

Recursos para la elaboración de las RMP

Para desarrollar el contenido de una rutina de mantenimiento preventivo es necesario disponer, en lo posible, de los recursos: humanos, materiales y tecnológicos que se describen a continuación.

Perfil de los responsables de elaborar las rutinas

Para la elaboración de las rutinas se recomienda conformar un equipo de trabajo con personal de amplia experiencia en mantenimiento del recurso físico y con conocimiento de las tecnologías existentes en el mercado relacionadas con el recurso (por ejemplo, disponibilidad de repuestos). Dicho grupo de trabajo deberá contar necesariamente con un coordinador el cual deberá cumplir con los siguientes requisitos: facilidad de expresión y redacción, manejo de grupos, conocimiento de los elementos que deben contener las rutinas de mantenimiento preventivo.

Para la puesta en marcha de las rutinas el personal operativo de mantenimiento, debe recibir un entrenamiento del proceso y de las actividades por realizar (inducción) por parte del equipo de trabajo especializado que confeccionó las rutinas.

Recursos materiales y tecnológicos

Para la elaboración y puesta en marcha de las rutinas se requiere de los siguientes recursos materiales y tecnológicos:

- ✓ Área física y mobiliario adecuado para trabajo en grupo y recopilación de la información.
- ✓ Artículos de oficina.
- ✓ Normas, manuales técnicos, catálogos o documentación afín al recurso físico en cuestión.
- ✓ Equipos de tecnologías de la información y comunicación con acceso a internet, capaces de soportar aplicaciones y programas, de acuerdo con la necesidad de cada unidad para ayudar al diseño, ejecución y mejora de las rutinas de mantenimiento preventivo y con la gestión general del mantenimiento.
- ✓ Equipos de medición y calibración según lo determine la complejidad del recurso físico.

Una vez que la unidad responsable de la elaboración cuenta con los recursos humanos, materiales y tecnológicos mencionados continúa con el desarrollo e implementación de las rutinas de mantenimiento preventivo.

Cada una de las RMP que se elaboren se deben guardar en archivos digitales y en las bitácoras de cada recurso físico, a su vez para control de


versiones y por orden se debe hacer un archivo documental donde se haga un compilado de las rutinas por familia técnica (Eléctrica, electromecánica, Equipo médico y obra civil).

Formulario de la rutina de mantenimiento preventivo (versión documental)

En este apartado se presenta un modelo de formulario para incorporar, en forma resumida, la información que debe contener las rutinas de mantenimiento (Ver el apéndice 2, Formulario de la RMP). Adicionalmente se adjunta a esta guía la herramienta en Microsoft Excel "Formulario RMP".

El formato presentado para las RMP contiene los criterios mínimos por incluir. Si la unidad necesita agregar apartados queda a su consideración, sin embargo se recomienda cumplir como mínimo con lo expuesto en este documento.

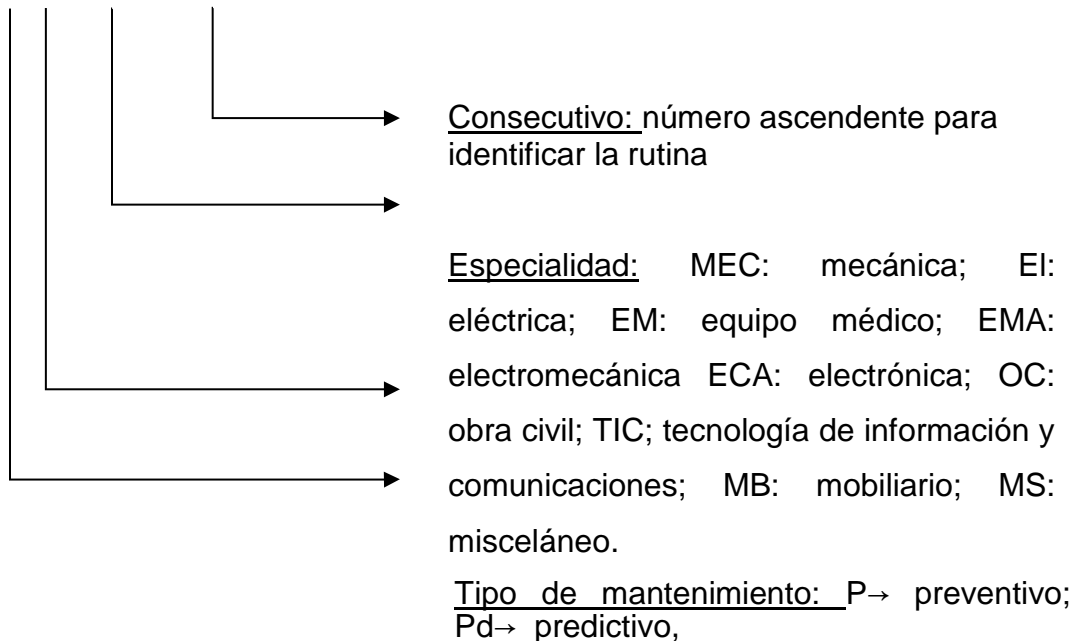
Tabla 42 Hoja de trabajo. Fuente Guía CCSS

 <p style="text-align: center;">CAJA COSTARRICENSE DE SEGURO SOCIAL UNIDAD: RESPONSABLE: RUTINA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO: PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE:</p>		Versión	
		Fecha Elaboración	
		Revisado por	
		Fecha Actualización	
Nombre R.F.	Cód. R.F.	Periodicidad:	Código rutina:
Localización:		Parámetro operación	
N°	Actividades	Estándar	
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
Tiempo estimado de duración(min):		Cantidad de funcionarios:	Horas-Hombre totales:
PELIGROS	Recomendaciones de seguridad para la ejecución de la rutina:		
Eléctricos <input type="checkbox"/>			
Mecánicos <input type="checkbox"/>			
Tóxicos <input type="checkbox"/>			
Físicos <input type="checkbox"/>			
Radiación <input type="checkbox"/>			
Biológicos <input type="checkbox"/>			
Observaciones*			
Firma supervisor		Firma Jefe Mantenimiento	

Para unidades que no cuenten con códigos estándar se propone la siguiente codificación para las rutinas:

Ejemplo: Codificación de rutina de mantenimiento

R	P	EMA	01
---	---	-----	----



C→ c

Tipo de documento: R→ rutina.

Periodicidad

Periodicidad de la RMP: el encargado de diseñar la rutina define la periodicidad o frecuencia con que se van a realizar las actividades de mantenimiento programadas al recurso físico. Este es el período comprendido entre la ejecución de una rutina y la siguiente ejecución de acuerdo con la programación de los mantenimientos del PM. Para dicho apartado se utilizará una abreviatura de acuerdo con la siguiente nomenclatura:

Tabla 43 Programación y periodicidad. Fuente: Guía CCSS

Periodicidad de Rutinas	Abreviatura
Diaria	D
Semanal	S
Quincenal	Q
Mensual	1M
Bimensual	2M
Trimestral	3M
Cuatrimestral	4M
Semestral	6M
Anual	A
Bianual	2A
Triannual	3A
Quinquenal	5A
Horas de funcionamiento	"n" H
Kilometraje	"n" Km
Otros	

La periodicidad puede ser diaria, mensual, trimestral, semestral, anual, entre otras, y se determina considerando los siguientes factores:

- ✓ Tiempo recomendado para dar mantenimiento preventivo por el fabricante o especialista en el recurso físico.
- ✓ La vida útil restante del equipo o infraestructura, el estado físico y la operabilidad, la capacidad instalada, el uso, condiciones ambientales, datos históricos de fallas, experiencia del personal que lo opera y del personal que ofrece mantenimiento.
- ✓ Indicadores que el técnico o especialista considere vinculantes para el cálculo en este aspecto.
- ✓ Recursos disponibles para la ejecución del mantenimiento: humanos, financieros o tecnológicos.

Descripción de actividades

Se describen las actividades de la rutina que necesita ejecutar el técnico en mantenimiento. Esto se debe hacer en paralelo con la programación o periodicidad

de las rutinas, enumerándolas para su identificación y considerando lo establecido en las actividades comunes de mantenimiento.

Si algún recurso físico requiere más de una rutina con diferente grado de complejidad o frecuencia, se describe el procedimiento para cada una de ellas.

Tabla 44 Descripción de actividades. Fuente: Guía C.C.S.S

N°	Actividades
1	Revisión de estado físico y lavado de los serpentines de evaporación y condensación la unidad
2	Lavado de los filtros de aire
3	Revisión de fugas y carga de refrigerante
4	Lubricación de motores y rodamientos en general
5	Revisión de asilantes de tuberías y soportes
6	Ajuste general de tornillos y tuercas
7	Medición de voltaje de alimentación
8	Medición de corrientes del motor del compresor
9	Medición de corrientes del motor del condensador (ventilador)
10	Medición de corrientes del motor del evaporador (ventilador)
11	Verificación de alineación de correas y tensión de las mismas. Cambio de ser necesario
12	Revisión y calibración de termóstato
13	Limpieza y ajuste de controles eléctricos
14	Lectura de presiones de refrigerante
15	Limpieza de aspas de ventiladores de condensación
16	Limpieza de rejillas y difusores
17	Limpieza del ventilador de evaporación

Actividades: deben incluirse al menos los siguientes aspectos:

1. Descripción: debe establecer la actividad por realizar de manera explícita y concisa mediante uso de lenguaje técnico adecuado. Las actividades deberán tener una secuencia lógica. Se destaca que para cada actividad es necesario mencionar en lo posible qué, cómo y dónde se van a realizar.
2. Orientación técnica: indica el tipo de inspección por llevar a cabo y el criterio técnico por aplicar durante la elaboración de la tarea. Por ejemplo: "Cambiar/

reemplazar si es necesario”, “Corregir si es necesario”, “Informar/Reportar”.

En este sentido, la capacitación del personal en el concepto preventivo se hace de especial importancia.

Parámetro de operación estándar

El parámetro estándar en un valor o cifra correspondiente a alguna magnitud que deba ser corroborada por medio de tareas como: medición, ajuste o calibración. Este parámetro corresponde al valor estándar por cumplir. Dicho estándar (incluye: rangos, mínimos, máximos, etc.) puede ser obtenido por medio de: normas existentes, datos del fabricante, cálculos confiables, historial del equipo, requerimientos de operación o calidad del proceso.

Duración estimada

- ✓ Tiempo estimado de duración: corresponde al tiempo que durará la ejecución de la rutina de mantenimiento. Este tiempo debe ser ajustado y revisado de acuerdo con el tiempo real de ejecución. Este tiempo nominal ayudará inicialmente a establecer la carga laboral necesaria para la formulación del Programa de Mantenimiento Preventivo.
- ✓ Cantidad de funcionarios: se refiere a la cantidad de técnicos de mantenimiento necesarios para ejecutar la rutina de mantenimiento en el tiempo estimado anteriormente.
- ✓ Horas-Hombres totales: es la carga de trabajo que se requerirá para llevar a cabo la rutina de mantenimiento. Siguiendo el ejemplo: $H-H_{\text{totales}} = (300 \text{ min} / 60 \text{ min}) * 2 = 10 \text{ H-H}$. También se puede entender como la sumatoria de las horas de los trabajadores que se necesitarán para efectuar la rutina.

Peligros

Fundamentan la existencia de los procedimientos de seguridad por seguir durante la ejecución de una actividad de mantenimiento. En el caso de los peligros hacia el usuario interno o externo también fundamentan actividades de mantenimiento enfocadas en disminuir la posibilidad de exposición a circunstancias de peligro. Se desarrollan solo aquellos que se apliquen al recurso físico estudiado:

Peligros mecánicos.

Enumera los peligros existentes al interactuar con equipos, instalaciones o infraestructuras mientras se ejecuta el mantenimiento, ya sea debido a la función mecánica de las partes en el equipo o a la mecánica de fluidos contenidos en el equipo o instalación, al movimiento cíclico de las partes, etc. Ejemplo: levantamiento de cargas, partes frágiles, explosión por alta presión, succión por vacío, transmisión por fajas expuesta, contrapesos, filos, partes pesadas, entre otros.

Peligros eléctricos

Indica los peligros eléctricos del equipo o instalación cuando se realiza el mantenimiento preventivo. Por ejemplo: peligros por arco eléctrico (“arc flash”), peligros por mediana y baja tensión, choques eléctricos o quemaduras por deficiencias en el sistema de puesta a tierra.

Así mismo, se puede correr peligro por descuidos: cortocircuitos, aislamiento del chasis en mal estado, mala selección de componentes de protección, falta de señalización de equipos bajo labores de mantenimiento, terminales expuestas o instalaciones eléctricas cercanas al final de su vida útil, por falla causada por el daño de uno o varios componentes eléctricos tales como conexiones, terminales, aislantes, entre otros.

Peligros tóxicos

Todos aquellos peligros relacionados con el contacto, ingestión o inhalación de reactivos químicos, gases, combustibles, u otras sustancias con consecuencias tóxicas tales como: envenenamiento, quemadura al contacto, irritación cutánea, neurotoxicidad, nefrotoxicidad, mareos, vómitos, diarrea, efectos corrosivos en los tejidos, etc. Ejemplos de situaciones de riesgo son: manejo de equipos de farmacia, calibración de esfigmomanómetros de mercurio, inhalación de monóxido de carbono en espacios cerrados, al pintar (solventes, pinturas en aerosol, etc.) o restaurar superficies.

Peligros por la radiación

Se refiere a peligros por radiaciones de diferente índole: radiaciones ionizantes (rayos gamma, alfa, beta y rayos X), radiación ultravioleta, luminosas e infrarrojas (soldadura por arco eléctrico u oxiacetilénica, exposición constante al sol por labores de restauración de edificios).

Peligros biológicos

Agrupar los peligros presentes en el manejo de equipos que podrían contener agentes biológicos tales como: bacterias, hongos, virus, toxinas, etc.

Peligros físicos

Agrupar los peligros que afecten la integridad física de la persona que suministra mantenimiento al ejecutar sus labores, causados por la exposición a condiciones físicas fuera de límites admisibles. Tal es el caso de: temperaturas extremas, ruidos y condiciones de iluminación inadecuadas, ventilación insuficiente, pasos estrechos, entre otros. Por ejemplo la exposición a bajas temperaturas en la manipulación de oxígeno líquido.

Peligros por la falta de calibración

Es necesario que el equipo cumpla con los parámetros establecidos por el fabricante, para evitar así lecturas fuera de rango o un diagnóstico errado que puede afectar la vida del paciente.

Cuidados con el manejo del equipo o infraestructura

En este apartado se explica al operario o técnico de mantenimiento acerca de la forma de utilizarlo, incorporando las recomendaciones dadas por el fabricante para cada marca de equipo o infraestructura, con la finalidad de lograr un óptimo funcionamiento.

Insumos para la ejecución

- ✓ Herramientas: cada rutina debe incorporar una lista de herramientas (al menos básica), con el código según el catálogo de suministros institucional y la cantidad. Esto no descarta que cuando se proceda a la ejecución y para casos especiales se necesiten otras herramientas, las cuales estarán sujetas al criterio técnico del encargado de realizar la rutina.
- ✓ Materiales/Repuestos: también se debe incorporar una lista de posibles repuestos y materiales (al menos básica). Esto se aplica especialmente cuando las actividades ordenan al técnico una tarea de cambio o reemplazo, tal es el caso de la orientación técnica: “Cambiar si es necesario”. El listado contiene al menos el código del artículo, según el catálogo de suministros institucional y la cantidad del repuesto o material.

Lo anterior no descarta que en ciertos casos se necesiten otros repuestos o materiales, los cuales estarán sujetos al criterio técnico del

encargado de realizar la rutina. En este caso se deben registrar en las observaciones los pormenores (se utilizaron, no se utilizaron, por qué razón) de los repuestos y materiales utilizados.

- ✓ Implementos de seguridad: se incorporarán con el respectivo código institucional aquellos elementos que ayuden a mitigar o prevenir los peligros y riesgos identificados con anterioridad en el apartado de peligros.

14.2 Empresa externa que realiza el mantenimiento preventivo

Para la elaboración del manual de mantenimiento se toma como referencia la empresa externa encargada de realizar las tareas de mantenimiento preventivo y correctivo en los generadores eléctricos del hospital. Esto mediante la recopilación de información como lo son las hojas de trabajo, conocimiento técnico, entre otras, ya que ellos son los que actualmente realizan el mantenimiento preventivo en el hospital.

Tabla 45 Rutina de mantenimiento. Fuente: Empresa externa

Rutina de Mantenimiento		
Fecha: _____ Hora Inicio: _____ Hora Final: _____ Planta: _____ Modelo: _____ Nº de Serie: _____ Nº de Placa: _____		
Pruebas Iniciales <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Verificación inicial del funcionamiento de la planta y su (s) respectiva (s) transferencias. <input type="checkbox"/> Verificación de secuencia de fases (Planta original). <input type="checkbox"/> Verificación de secuencia de fases (Planta respaldo). <input type="checkbox"/> Verificación de frecuencia y voltaje generado (Planta respaldo) <input type="checkbox"/> Verificación del funcionamiento de la planta de respaldo y su (s) respectiva (s) transferencias. <input type="checkbox"/> Revisión final del funcionamiento de la planta y su (s) respectiva (s) transferencias. 	Cargador y Baterías <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Medir el voltaje de la batería desconectando los terminales hacia el cargador. _____ <input type="checkbox"/> Verificar el estado de los bornes y limpiar si es necesario <input type="checkbox"/> Medir el voltaje que suministra el cargador hacia la batería. _____ <input type="checkbox"/> Medir el voltaje que suministra la batería al arrancador y verificar los niveles de continuidad del cable. _____ <input type="checkbox"/> Verificar el nivel de líquido en la batería y corregir si es necesario. <input type="checkbox"/> Medir la densidad del líquido. _____ <input type="checkbox"/> Aspirar o limpiar con brocha el cargador de baterías 	Pruebas en vacío <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Realizar en vacío las siguientes pruebas de alarmas y conforme a su señalización en el panel: Largo arranque, Alta temperatura, Bajo nivel de refrigerante, paro de emergencia, bajo nivel de combustible y presión de aceite, reportar si es necesario. <input type="checkbox"/> Realizar las siguientes mediciones y reporte si es necesario : voltaje generado, frecuencia . <input type="checkbox"/> Verificar que no existan ruidos anormales tales como los producidos por los roles en mal estado o golpes anormales durante la operación de la planta.

Tabla 46 Rutina de mantenimiento. Fuente: Empresa externa

Motor y Generador	Radiador	
<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Limpieza general de la zona donde esta ubicada la planta de emergencia <input type="checkbox"/> Verificar el estado y tensión de la faja del abanico y corregir si es necesario <input type="checkbox"/> Verificar el estado de todas las mangueras asociadas al funcionamiento del motor, reportar si es necesario. <input type="checkbox"/> Verificar el funcionamiento del calentador de camisas, específicamente el parámetro de voltaje y los rangos de temperatura, corregir si es necesario. <input type="checkbox"/> Verificar el nivel de aceite, rellenar si es necesario. <input type="checkbox"/> Reemplazar el aceite para lubricación del motor <input type="checkbox"/> Reemplazar el filtro de aceite <input type="checkbox"/> Reemplazar el filtro de combustible 	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Inspeccionar la tapa del radiador <input type="checkbox"/> Revisar el estado y limpieza del panel o serpentín. <input type="checkbox"/> Enderezar las aletas del panel (Únicamente del panel frontal si es necesario) <input type="checkbox"/> Revisar la unión flexible de la salida del radiador, reportar si es necesario <input type="checkbox"/> Revisar el estado de las mangueras por donde circula el refrigerante <input type="checkbox"/> Lavar a presión el radiador exteriormente (Únicamente el panel frontal) <input type="checkbox"/> Desmontar y baquetear el radiador (Desconectar el calentador de camisas antes de la operación y esperar un enfriamiento mínimo de 30 minutos.) 	<div data-bbox="1078 464 1393 562" style="border: 1px dashed black; padding: 5px;"> <h4>Sistema de Combustible</h4> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Revisar posibles fugas en la línea de abastecimiento y llaves, reportar si es necesario. <input type="checkbox"/> Revisar la boya de nivel del tanque de combustible para consumo diario, reportar si es necesario. </div> <div data-bbox="1078 947 1393 1178" style="border: 1px dashed black; padding: 5px;"> <h4>Tubos de Escape</h4> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Revisar los tubos de escape, reportar si es necesario </div>
<h4 data-bbox="233 1289 423 1339">Panel de Control</h4> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Aspirar internamente el panel de control. <input type="checkbox"/> Medir la tensión de la batería del PLC. <input type="checkbox"/> Verificar el resoque de terminales y corregir si es necesario 	<h4 data-bbox="656 1289 829 1339">Turbo cargador</h4> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Inspección de posibles fugas de aceite en el turbo cargador, reportar si es necesario <input type="checkbox"/> Inspección de ruido en el rodamiento del turbo cargador 	<h4 data-bbox="1078 1289 1240 1339">Observaciones</h4> <div style="border: 1px dashed black; height: 60px;"></div>

14.3 Procedimientos de mantenimiento

Acciones o procedimientos que se deben seguir para la realización de las tareas de mantenimiento. Estos deberán estar escritos de una manera clara y sencilla y de ser posible deberán colocarse gráficos que faciliten la comprensión de la tarea por realizar.

14.4 Sustitución del aceite de motor

Para poder hacer el cambio del aceite del motor será necesario apagar el motor y por lo menos esperar cinco minutos para que todo el aceite se acumule en el cárter, antes de quitar el tapón (tuerca en la parte inferior del cárter). Habrá que colocar un recipiente grande en donde recibir el aceite y estar atento a que este no se derrame. El cambio de aceite nunca debe hacerse con el motor frío.

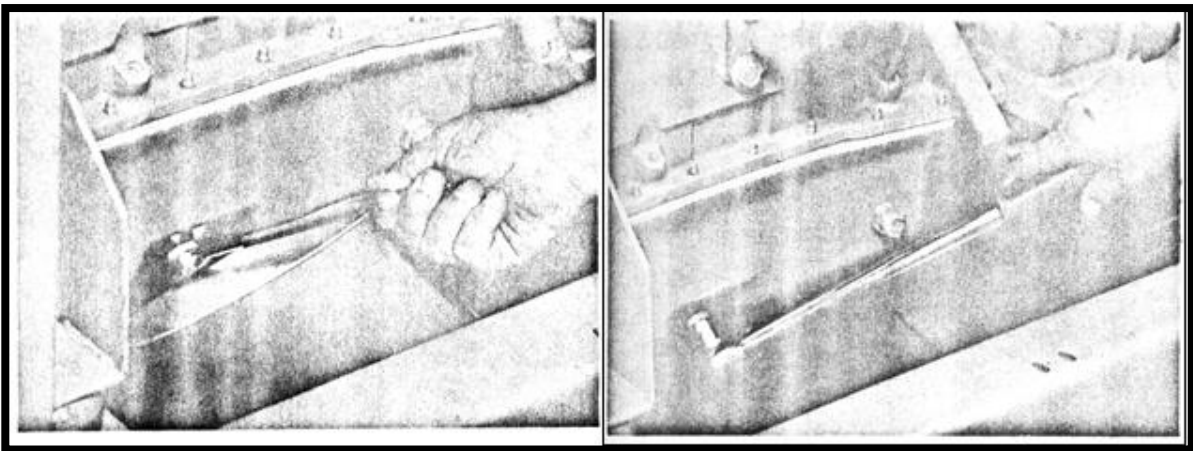


Ilustración 6 Desmontaje y colocación del tapón del cárter. Fuente: Manual de operación de planta Cummins

Después de haber retirado el aceite se procederá a colocar el tapón del cárter y a apretar lo necesario. Hay que tener en cuenta que cuando se hace el cambio de aceite siempre se hace el cambio de los filtros de aceite, ya que si se dejan el aceite nuevo se contaminará.

Luego se coloca el aceite indicado al motor hasta la marca de llenado que indique la varilla. Después de esto se debe arrancar el motor durante unos dos minutos y luego apagarlo; esperar que baje al cárter todo el aceite y nivelar de

nuevo. Se podrá controlar el nivel del aceite en la bomba de inyección y en el regulador de velocidad, y ajustarlo si es necesario.

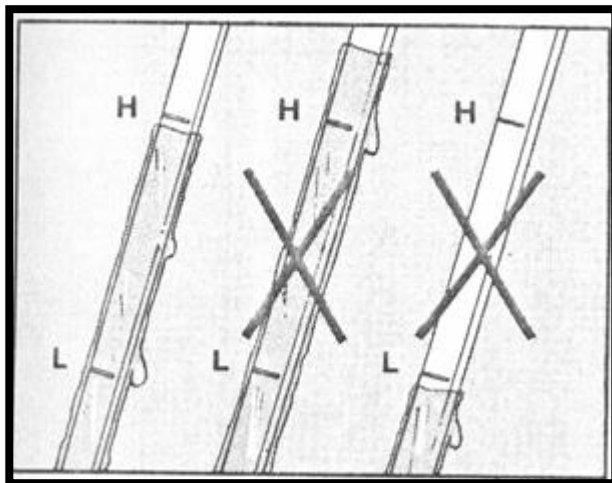


Ilustración 7 Chequeo del nivel de aceite. Fuente: Manual de operación, planta Cummins

14.5 Cambio del filtro de aceite

Para el cambio del filtro se requiere una llave de faja o cadena para desmontar el que está en uso. Luego se llena el filtro por colocar con el aceite indicado y se le coloca una capa de mismo aceite sobre el empaque para seguidamente instalarlo. Para fijarlo se soca con la mano, nunca con la faja o cadena pues se dañaría.

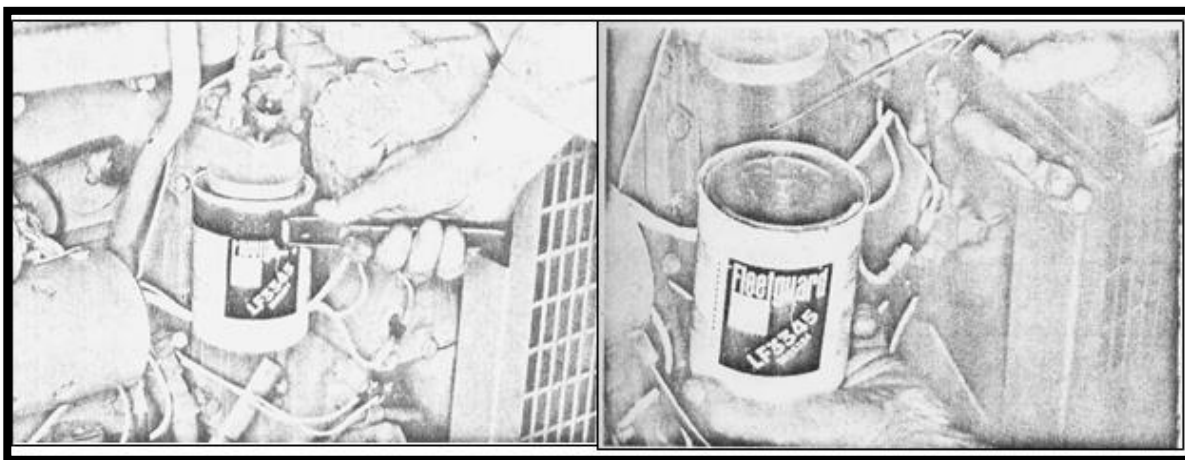


Ilustración 8 Desmontaje del filtro de aceite. Fuente: Manual de operación, planta Cummins

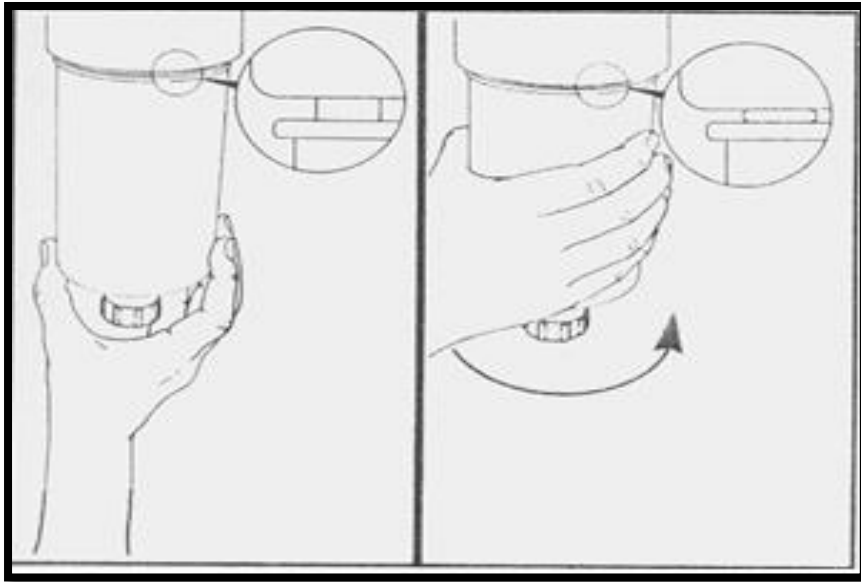


Ilustración 9 Montaje del filtro de aceite. Fuente: Manual de operación, planta Cummins

14.6 Cambio de filtro de combustible

Al igual que en el cambio del filtro del aceite se utilizará una llave de faja o cadena. Luego se llena el filtro nuevo con diésel y se le aplica una película de aceite en el empaque para colocarlo con la mano, no con la llave.

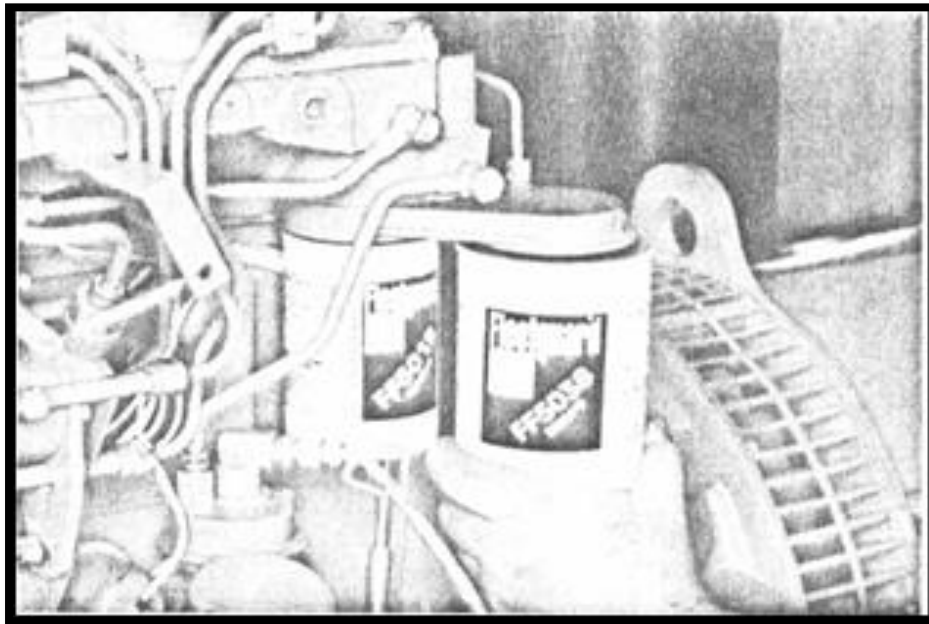


Ilustración 10 Montaje del filtro de combustible. Fuente: Manual de operación, planta Cummins

14.7 Inspección de la batería

Es necesario revisar los niveles de agua destilada de las baterías para que estén como debe ser, así como también sus bornes, en este caso para verificar que estén debidamente limpios y bien apretados, y con eso evitar cualquier falso contacto.

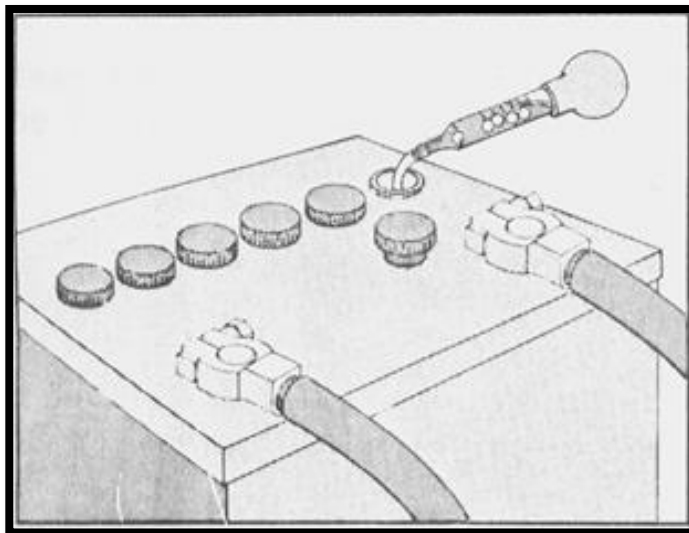


Ilustración 11 Llenado de líquido electrolítico. Fuente: Manual de operación, planta Cummins

14.8 Inspección de fugas

La revisión de fugas en las plantas será en aquellos puntos de unión y acople de mangueras, así como en tapones y filtros.

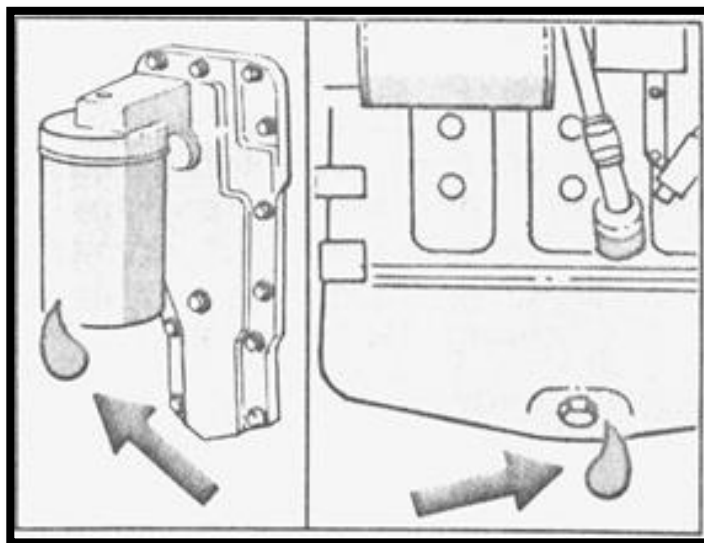


Ilustración 12 Ejemplo de fugas de aceite en el motor. Fuente: Manual de operación, planta Cummins

14.9 Revisión de mangueras

Será necesario revisar las mangueras y acoples puesto que estos tienden a reventarse con el tiempo.

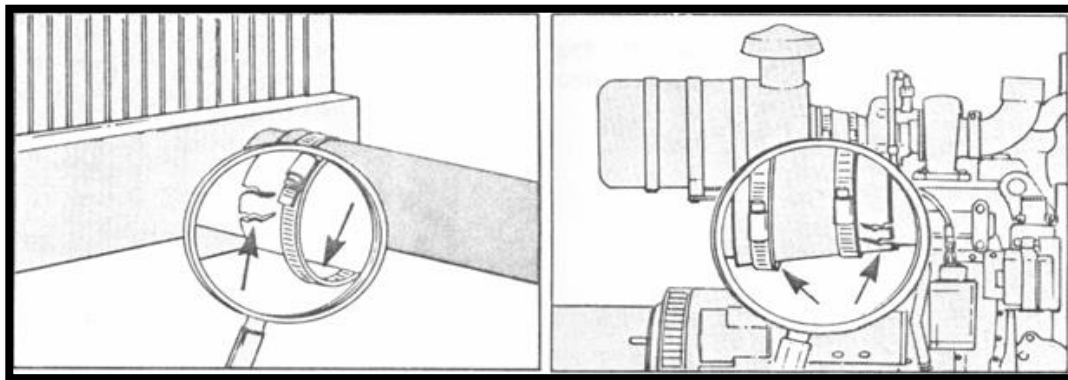


Ilustración 13 Chequeo de mangueras. Fuente: Manual de operación, planta Cummins

14.10 Chequeo de fajas

De las fajas se revisarán su tensión y su estado físico.

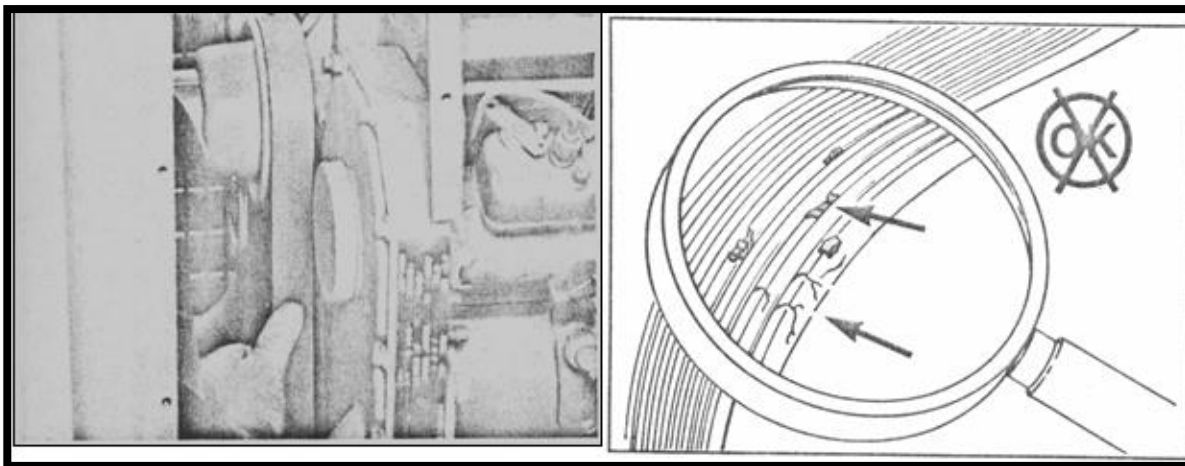


Ilustración 14 Chequeo de fajas. Fuente: Manual de operación, planta Cummins