



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

Plan de mantenimiento preventivo basado en la condición del grupo electrógeno del Hospital San Juan S.A, aplicando vibraciones y termografía para reducir las ocurrencias de las fallas

GERMAN MARCELO LLAMUCA MOYOTA

Trabajo de Titulación modalidad Proyectos de Investigación y Desarrollo, presentado ante el Instituto de Posgrado y Educación Continua de la ESPOCH, como requisito parcial para la obtención del grado de Magíster en GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

RIOBAMBA - ECUADOR

Agosto 2022



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

EL TRIBUNAL DE TRABAJO DE TITULACIÓN CERTIFICA QUE:

El Trabajo de Titulación modalidad Proyectos de Investigación y Desarrollo, titulado Plan de mantenimiento basado en la condición del grupo electrógeno del Hospital San Juan S.A, aplicando vibraciones y termografía para reducir las ocurrencias de las fallas, de responsabilidad del Sr. Germán Marcelo Llamuca Moyota ha sido prolijamente revisado y se autoriza su presentación.

Ing. Oswaldo Geovanny Martínez Guashima M. Sc.

PRESIDENTE

Ing. Eduardo Segundo Hernández Dávila Mag.

DIRECTOR

Ing. Luis Fernando Buenaño Moyano Mag.

MIEMBRO

Ing. Rodrigo Rigoberto Moreno Pallares Mag.

MIEMBRO

Riobamba, agosto 2022

DERECHOS INTELECTUALES

Yo, German Marcelo Llamuca Moyota, declaro que soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en el **Trabajo de Titulación modalidad Proyectos de Investigación y Desarrollo**, y que el patrimonio intelectual generado por la misma pertenece exclusivamente a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

German Marcelo Llamuca Moyota

CI. 0603894312

DEDICATORIA

Dedico mi trabajo de tesis a mi amada esposa que siempre está a mi lado, a mis hijos: Jeanpierre, Alan y Gaél que son el motor que me impulsa a seguir adelante, a mis padres Casimiro y Rosita que son mi ejemplo a seguir, todos me han apoyado incondicionalmente para cumplir mis metas y sueños.

German Llamuca

AGRADECIMIENTO

El más sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial al Instituto de Posgrado y Educación Continua, por brindarme la oportunidad de obtener una Maestría y ampliar nuestro conocimiento para poner en práctica en beneficio de la sociedad.

De igual forma agradezco a mi familia por ser ejemplos, fuente de inspiración, humildad y servicio a la sociedad con amor.

German Llamuca

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	XV
ABSTRACT	XVI
CAPÍTULO I.....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	1
<i>1.1 Problema de Investigación</i>	<i>2</i>
1.1.1 Planteamiento del problema	2
1.1.2 Formulación del problema.....	3
1.1.3 Sistematización del problema.....	3
<i>1.2 Objetivos.....</i>	<i>3</i>
1.2.1 Objetivo general.....	3
1.2.2 Objetivos específicos.....	3
<i>1.3 Justificación de la investigación.....</i>	<i>4</i>
1.3.1 Justificación práctica.....	4
1.3.2 Justificación metodológica.....	4
<i>1.4 Hipótesis.....</i>	<i>4</i>
CAPÍTULO II.....	5
2. MARCO REFERENCIAL.....	5
2.1 ¿QUÉ ES EL MANTENIMIENTO?.....	5
2.2 TIPOS DE MANTENIMIENTO.....	5
<i>2.2.1 Mantenimiento Correctivo.....</i>	<i>6</i>
2.2.1.1 Mantenimiento Correctivo Diferido.....	6
2.2.1.2 Mantenimiento Correctivo Inmediato.....	6
<i>2.2.2 Mantenimiento Preventivo.....</i>	<i>6</i>
2.2.2.1 Mantenimiento Predeterminado.....	7
<i>2.2.3 Mantenimiento Basado en la Condición.....</i>	<i>7</i>
2.2.3.1 Análisis Costo Beneficio.....	10
2.2.3.2 Auditoria del equipo.....	10
2.2.3.3 Auditoria de Confiabilidad y Criticidad.....	10
2.2.3.4 Selección de estrategia de mantenimiento con AMEF.....	10
2.2.3.5 Selección de métodos de monitoreo.....	11
2.2.3.6 Adquisición de datos y análisis de información.....	11
2.2.3.7 Determinar acciones de mantenimiento.....	12
2.2.3.8 Revisión.....	12
2.3 PLAN DE MANTENIMIENTO.....	12

2.4	GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO	13
2.5	GENERADORES ELÉCTRICOS	13
2.5.1	<i>Mantenimiento de un Grupo Electrónico</i>	16
2.5.2	<i>Principales fallos en Grupos Electrónicos</i>	18
2.6	DIAGNÓSTICO TÉCNICO	21
2.6.1	<i>Análisis de vibración</i>	21
2.6.2	<i>Termografía infrarroja</i>	22
2.6.3	<i>Análisis de ultrasonido</i>	23
2.6.4	<i>Análisis del lubricante (aceite)</i>	23
	CAPÍTULO III	24
3.	MARCO METODOLÓGICO	24
3.1	DESARROLLAR UN PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA CONDICIÓN DEL GRUPO ELECTRÓGENO DEL HOSPITAL SAN JUAN S.A, APLICANDO VIBRACIONES Y TERMOGRAFÍA PARA REDUCIR LAS OCURRENCIAS DE LAS FALLAS	24
3.2	REALIZAR UN DIAGNÓSTICO TÉCNICO DEL GENERADOR Y MOTOR DIESEL REALIZANDO MEDIDAS DE VIBRACIONES CON EL SISTEMA EN VACÍO Y APLICANDO CARGA	24
3.2.1	<i>Ficha técnica del equipo</i>	24
3.2.2	<i>Sectores de alimentación de la empresa eléctrica y el grupo electrónico</i>	24
3.2.3	<i>Contexto operacional del equipo</i>	25
3.2.4	<i>Mantenimientos aplicados</i>	25
3.2.5	<i>Diagnóstico técnico del motor y acople de generador</i>	25
3.3	DETERMINAR EL ESTADO DE LOS COMPONENTES DEL TABLERO DE TRANSFERENCIA AUTOMÁTICO POR MEDIO DE TERMOGRAFÍA INFRARROJA PARA ESTABLECER POSIBLES FALLAS OCULTAS EN LOS DISPOSITIVOS ELÉCTRICOS	26
3.3.1	<i>Descripción de los componentes del tablero de distribución</i>	27
3.3.2	<i>Contexto operacional del tablero de distribución</i>	27
3.3.3	<i>Mantenimiento Aplicado al tablero de distribución</i>	27
3.3.4	<i>Diagnóstico Técnico del tablero de distribución</i>	27
3.4	ESTABLECER EL PLAN DE MANTENIMIENTO Y LAS TAREAS CORRECTIVAS Y PREVENTIVAS A REALIZARSE EN EL GRUPO ELECTRÓGENO DE EMERGENCIA LUEGO DE HABER REALIZADO EL DIAGNÓSTICO TÉCNICO	27
3.4.1	<i>Análisis Costo Beneficio del plan</i>	28
3.4.2	<i>Auditoría del equipo dentro del proceso</i>	29

3.4.3 Auditoria de Confiabilidad y Criticidad del Grupo Electrónico.....	29
3.4.4 Selección de estrategia de mantenimiento con AMEF para el grupo electrónico.....	29
3.4.5 Selección de métodos de monitoreo	30
3.4.6 Adquisición de datos y análisis de información.....	30
3.4.7 Determinar acciones de mantenimiento para el grupo Electrónico.....	32
3.4.8 Revisión	32
CAPÍTULO IV	33
4. RESULTADOS	33
4.1 REALIZAR UN DIAGNÓSTICO TÉCNICO DEL GENERADOR Y MOTOR DIESEL REALIZANDO MEDIDAS DE VIBRACIONES CON EL SISTEMA EN VACÍO Y APLICANDO CARGA.	33
4.1.1 Ficha Técnica Del Equipo.....	33
4.1.2 Sectores de alimentación de la empresa eléctrica y el grupo electrónico.....	34
4.1.3 Contexto operacional del equipo	34
4.1.4 Mantenimientos aplicados.....	35
4.1.5 Diagnóstico técnico del motor y acople del generador.....	35
4.2 DETERMINAR EL ESTADO DE LOS COMPONENTES DEL TABLERO DE TRANSFERENCIA AUTOMÁTICO POR MEDIO DE TERMOGRAFÍA INFRARROJA PARA ESTABLECER POSIBLES FALLAS OCULTAS EN LOS DISPOSITIVOS ELÉCTRICOS.	37
4.2.1 Descripción de los componentes del tablero de distribución:	37
4.2.2 Contexto operacional del tablero de distribución	37
4.2.3 Mantenimiento aplicado al tablero de distribución	38
4.2.4 Diagnóstico técnico del tablero de distribución	39
4.3 ESTABLECER EL PLAN DE MANTENIMIENTO LAS TAREAS CORRECTIVAS Y PREVENTIVAS A REALIZARSE EN EL GRUPO ELECTRÓNICO DE EMERGENCIA LUEGO DE HABER REALIZADO EL DIAGNÓSTICO TÉCNICO.	40
4.4.1 Análisis costo beneficio del plan.....	40
4.4.1.1 Estrategia.....	41
4.4.1.2 Ingeniería de Mantenimiento.....	42
4.4.1.3 Administración y abastecimiento	43
4.4.2 Auditoria del equipo dentro del proceso	44
4.4.3 Auditoria de confiabilidad y criticidad del grupo electrónico	44
4.4.4 Selección de estrategia de mantenimiento con AMEF para el grupo electrónico.....	45
4.4.5 Selección de métodos de monitoreo	46
4.4.6 Adquisición de datos y análisis de información.....	47
4.4.7 Determinar acciones de mantenimiento para el grupo Electrónico.....	49
4.4.8 Revisión	50

4.5 COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS	51
CAPÍTULO V	62
5. PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL GRUPO ELECTRÓGENO DE EMERGENCIA DEL HOSPITAL SAN JUAN S.A.	62
5.1 ANALISIS DE MODOS DE FALLO DEL SISTEMA	62
<i>5.1.1 Jerarquización de tareas de mantenimiento del sistema</i>	63
5.2 DISEÑO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO	64
<i>5.2.1 Tareas de mantenimiento</i>	64
<i>5.2.2 Programa de mantenimiento</i>	65
CONCLUSIONES	67
RECOMENDACIONES	68
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2: Actividades de mantenimiento Grupo Electrógeno	17
Tabla 2-2: Fallos y soluciones en motores de generadores eléctricos.....	18
Tabla 3-2: Fallos y soluciones en generación parte del sistema de generación eléctrica.....	19
Tabla 1-3: Indicadores EN 15341:2019	28
Tabla 2-3: Documentación de mantenimiento	31
Tabla 1-4: Distribución de áreas de alimentación de Generador	34
Tabla2-4: Kpi Estrategia de mantenimiento	41
Tabla 3-4: KPI Ingeniería de Mantenimiento.....	42
Tabla 4-4: KPI Administración y abastecimiento	43
Tabla 5-4: Resultados estadísticos de la encuesta.....	52
Tabla 6-4: Resultados Pregunta 1	53
Tabla 7-4: Resultados Pregunta 2.....	84
Tabla 8-4: Resultados Pregunta 3.....	84
Tabla 9-4: Resultados Pregunta 4.....	55
Tabla 10-4: Resultados Pregunta 5.....	55
Tabla 11-4: Resultados Pregunta 6.....	56
Tabla 12-4: Resultados Pregunta 7.....	56
Tabla 13-4: Resultados Pregunta 8.....	57
Tabla 14-4: Resultados Pregunta 9.....	57
Tabla 15-4: Resultados Pregunta 10.....	58
Tabla 16-4: Resultados Pregunta 11.....	58
Tabla 17-4: Resultados Pregunta 12.....	59
Tabla 18-4: Resultados Pregunta 13.....	59
Tabla 19-4: Resultados Pregunta 14.....	60
Tabla 20-4: Resultados Pregunta 15.....	60

Tabla 21-4: Resultados Pregunta 16.....	61
Tabla 1-5: Tareas de Mantenimiento.....	64

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2. Tipos de Mantenimiento	5
Figura 2-2. Visión general de un Mantenimiento Basado en la Condición	8
Figura 3-2. Diagrama de flujo del monitoreo de la Condición (Resumen)	9
Figura 4-2. Ejemplo de AMFE	11
Figura 5-2: Grupo Electrónico	15
Figura 6-2: Puntos para colocación de sensores	21
Figura 7-2: Termogramas	22
Figura 1-3: Severidad de vibración ISO 2372	26
Figura 2-3: Factores para cálculo de riesgo	30
Figura 1-4: Ficha técnica	33
Figura 2-4: Análisis Vibracional Grupo Electrónico sin carga	35
Figura 3-4: Análisis Vibracional Grupo Electrónico con carga.....	36
Figura 4-4: Tablero de distribución Hospital San Juan.....	37
Figura 5-4: Termograma de tablero de distribución Hospital San Juan funcionando Generador.....	39
Figura 6-4: Termograma de tablero de distribución Hospital San Juan EERSA.....	39
Figura 7-4: Diagrama de bloques del funcionamiento de Sistema de abastecimiento de energía.....	44
Figura 8-4: AMEF Grupo electrónico.....	45
Figura 9-4: Actividades según el riesgo.....	46
Figura 10-4: Formato de ficha técnica Norma EN 13460:2009.....	47
Figura 11-4: Registro histórico de mantenimiento Norma EN 13460:2009.....	48
Figura 12-4: Orden de trabajo Norma EN 13460:2009.....	48
Figura 13-4: Actividades de mantenimiento para Grupo Electrónico.....	50
Figura 14-4: Proceso de gestión documental.....	50
Figura 15-4: Encuesta Google.....	51

Figura 16-4: Cantidad de encuestas obtenidas de Google.....	52
Figura 17-4: Datos recolectados e ingresados en Software SPSS 26.....	52
Figura 1-5: AMEF Sistema de Generación.....	62
Figura 2-5: Jerarquización por nivel de riesgo en AMEF.....	63
Figura 3-5: Plan de Mantenimiento.....	66

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A. Análisis Vibracional Generador sin carga

Anexo B. Análisis Vibracional Generador con carga

Anexo C. Espectros rango bajo

Anexo D. Espectros en cascada

Anexo E. Valores globales de vibración

Anexo F. Tablas de resúmenes de diagnóstico

RESUMEN

El objetivo fue desarrollar un plan de mantenimiento basado en la condición del grupo electrógeno del Hospital San Juan S.A, aplicando vibraciones y termografía para reducir las ocurrencias de las fallas. El hospital San Juan brinda sus servicios desde 1997, cuenta con infraestructura adecuada para brindar una diversidad de servicios, sin embargo, por periodos de tiempo ha sufrido inconvenientes con el abastecimiento de la energía debido a diferentes factores externos al Hospital, por lo que un Grupo Electrónico propio alimenta áreas específicas como; Quirófanos, UCI, Imagenología, Cuidados Paliativos, entre otros. Aún con este sistema, el generador no ha sido atendido con un mantenimiento adecuado, por lo cual, no ha funcionado como debería, presentando fallos y paradas imprevistas. Es por esto que se optó por la implementación de un plan de mantenimiento basado en la condición, examinando la metodología contemplada en las normas ISO 17359:2018, EN 13460:2009, NPT_679 Y BS-EN-5341:2019 y empleando estas normas se establece un plan completo que de hecho se incrementó la disponibilidad del generador y por ende la reducción de paros e inconvenientes dentro del Hospital, esto fue comprobado por el análisis de encuestas con el software SPSS26, como resultado se comprobó que este plan fue de gran ayuda para asegurar el funcionamiento del equipo.

Palabras clave: <MANTENIMIENTO BASADO EN LA CONDICION>, <MANTENIMIENTO PREVENTIVO>, <PLAN DE MANTENIMIENTO>, <MODOS DE FALLOS>, <VIBRACIONES>, <TERMOGRAFÍA>, <GRUPO ELECTRÓGENO>.



Firmado electrónicamente por:
**LUIS ALBERTO
CAMINOS
VARGAS**



0082-DBRA-UPT-IPEC-2022

ABSTRACT

The Aim was to develop a maintenance plan based on the condition of the generator set of the Hospital San Juan S.A., applying vibrations and thermography to reduce the occurrence of failures. The San Juan Hospital has been providing its services since 1997, it has adequate infrastructure to provide a variety of services, however, by the time has suffered problems with the energy supply due to various factors external to the Hospital, so that, an own generator gives power to specific areas such as Operating Rooms, ICU, Imaging, Palliative Care, among others. Even with this system, the generator has not been properly maintained, therefore, it has not worked as it should, presenting failures and unexpected stops. This is why we opted for the implementation of a maintenance plan based on the condition, examining the methodology contemplated in the standards ISO 17359:2018, IN 13460:2009, NPT_679 AND BS-EN-5341:2019 and employing these standards a complete plan is established that in fact increased the availability of the generator and therefore the reduction of stops and inconveniences within the Hospital, this was verified by the analysis of surveys with the SPSS26 software, as a result, it was found that this plan was of great help to ensure the functioning of the equipment.

Keywords: <CONDITION-BASED MAINTENANCE>, <PREVENTIVE MAINTENANCE>, <MAINTENANCE PLAN>, <MODES OF FAILURE>, <VIBRATIONS>, <THERMOGRAPHY>, <ELECTROGEN GROUP>.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

El Hospital de Especialidades San Juan S.A brinda sus servicios especializados desde el 18 de abril de 1997, brindando el mejor espacio y profesionalismo para el cuidado integral de la salud de sus pacientes y familiares.

El hospital tiene como consigna la prestación de servicios médicos y afines dentro de las siguientes aéreas: Cirugía General, Traumatología y Ortopedia, Urología, Oftalmología, Otorrinolaringología, Neurología, Neurocirugía, Cirugía Plástica, Cirugía Pediátrica, Ginecología y Obstetricia, Pediatría y Neonatología, Medicina Interna, Terapia Intensiva, Medicina General, Homeopatía y Medicina Natural, Imagenología, Neumología, Dermatología, Endocrinología, Reumatología, Gastroenterología, Anestesiología, Nutrición, Odontología y Ortodoncia, Bioquímica y Farmacia, Patología Clínica, Cosmetología, Psiquiatría, Oncología y Colposcopia, Cuidados Intensivos, Cardiología, Endoscopia Torácico y Digestiva. (Arias Garzón & Vidal Yáñez, 2010)

Para brindar estos servicios el establecimiento requiere del soporte técnico de equipos y sistemas que suministren energía eléctrica, vapor, agua y demás servicios básicos, para ello cuentan con cuartos de máquinas para cada elemento.

Para disponer de energía eléctrica el Hospital cuenta con abastecimiento energético de la red de la ciudad, y un Grupo Electrónico, el cual se encuentra en Stand By, listo para entrar en funcionamiento en el caso de que la energía eléctrica de la ciudad no llegara al Hospital, y al ser una entidad de salud requiere que los equipos e instalaciones funcionen confiablemente las 24 horas.

Sin embargo, por diferentes circunstancias, fuera del control del Hospital, la energía eléctrica de la ciudad no ha llegado en un promedio de 47 veces en el transcurso del año 2020 y 2021. Ante estos eventos el generador ha arrancado y presentado inconvenientes en su funcionamiento, teniendo que presionar al ente controlador de la energía eléctrica para que reestablezca el servicio.

Cabe resaltar un punto que se debe considerar, la experiencia y la investigación de empresas que realizan el servicio de mantenimiento de grupos electrógenos como P&Q Grupos, quien publicó en la revista energetica21.com - Revista de generación de Energía y Eficiencia Energética, una investigación que demuestra que el tanto por ciento de los grupos electrógenos de emergencia no darán servicio en el momento de fallo de red o se pararán por alarma de defecto de acuerdo con los

siguientes datos: El fallo será del 84,5% cuando no existe ningún tipo de mantenimiento; será del 67,5% cuando el mantenimiento es exclusivo del usuario (operador); será del 11,8% con mantenimiento del usuario y apoyo del servicio técnico; y del 4,3% con mantenimiento exclusivo del servicio técnico. (Rodríguez, 2017)

Con estos datos se debe hacer hincapié en la importancia de un plan de mantenimiento para estos equipos ya que de estos dependen la prestación de servicios en casos de emergencia dentro del Hospital.

Ahora lo importante es poder saber si ¿Un mantenimiento correctivo es lo mejor o se puede reducir la probabilidad de fallos con un mantenimiento basado en la condición empleando análisis Vibracional y Termografía Infrarroja en el generador y tablero de distribución?

1.1 Problema de Investigación

1.1.1 Planteamiento del problema

El hospital San Juan cuenta con diferentes áreas técnicas, administrativas y médicas, que requieren de servicios básicos agua, luz, internet y servicio de telefonía, en toda la infraestructura, para esto es necesario equipos principales y auxiliares que cumplen funciones específicas para cada servicio.

Este hospital funciona las 24 horas como entidad que brinda servicios de salud integral, abarcando también, hospitalización, quirófanos, unidad de cuidados intensivos, sistemas contra incendios entre otros.

Considerando esto el Hospital cuenta con equipos auxiliares, por ejemplo y caso de estudio, la probabilidad del fallo de abastecimiento de fluido eléctrico por parte de la empresa eléctrica, un generador sule a la EERSA produciendo la energía necesaria para las instalaciones, sin embargo, se han suscitado problemas en la generación adecuada de energía, exponiendo a los pacientes de la unidad de cuidados intensivos, así como a las cirugías programadas que se han llevado a cabo.

Según los datos proporcionados por la administración del hospital, desde el año 2020 hasta el año 2021 el generador ha funcionado 47 veces de las cuales el 60% de estas veces el generador no ha funcionado correctamente, por lo que en vista de estos escenarios se ha considerado por parte del hospital la posibilidad de establecer un mantenimiento preventivo, y dejar a un lado el mantenimiento correctivo el cual imperaba en las instalaciones del Hospital, ya que caso contrario se ponen en riesgo vidas humanas.

1.1.2 Formulación del problema

El desconocimiento de las diversas estrategias de mantenimiento lleva a que las empresas opten por reparaciones continuas, en el caso de las instituciones que brindan servicios referentes a la Salud, ¿deben continuar con una estrategia correctiva de mantenimiento o sería mejor optar por un mantenimiento preventivo, en sus diferentes tendencias y así disminuir los fallos imprevistos y asegurar la disponibilidad de estos equipos?

1.1.3 Sistematización del problema

- ¿El estado técnico del motor de combustión interna del generador conlleva a que el Grupo Electrónico no cumpla con su contexto operacional adecuado y por ello es necesario contemplar un mantenimiento preventivo basado en la condición del mismo, para asegurar su funcionamiento y disponibilidad?
- ¿Si se considera el estado del tablero de distribución, se abarcará las posibles fallas que puede presentar un sistema completo de generación eléctrica y por tanto será importante aplicar un mantenimiento especializado a este componente que garantice su funcionamiento y disponibilidad?
- ¿El desarrollo de un plan de mantenimiento podrá asegurar la disponibilidad de los equipos en base a diferentes requerimientos de este?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Desarrollar un plan de mantenimiento basado en la condición del grupo electrónico del hospital San Juan S.A, aplicando vibraciones y termografía para reducir las ocurrencias de las fallas.

1.2.2 Objetivos específicos

- Realizar un diagnóstico técnico del generador y motor Diesel realizando medidas de vibraciones con el sistema en vacío y aplicando carga.
- Determinar el estado de los componentes del tablero de transferencia automático por medio de termografía infrarroja para establecer posibles fallas ocultas en los dispositivos eléctricos.
- Establecer en el plan de mantenimiento las tareas correctivas y preventivas a realizarse en el Grupo Electrónico de Emergencia luego de haber realizado el diagnóstico técnico.

1.3 Justificación de la investigación

1.3.1 Justificación práctica

El Hospital San Juan basa su atención en equipos principales y auxiliares, dentro de la administración de estos equipos se ha considerado únicamente la estrategia de reparar una vez que se ha detectado una falla, esto refleja elevados costos para rehabilitar equipos e infraestructura, como resultado, el presupuesto general del Hospital otorga una pequeña porción para mantenimientos correctivos.

El Hospital opta por contrarrestar este valor que en consideración es elevado para ellos, el presente trabajo pretende disminuir este valor como también combatir los problemas que han tenido que solucionar en lo referente al funcionamiento defectuoso del Grupo Electrógeno instalado.

Con una estrategia preventiva empleando el Mantenimiento Basado en la Condición se pretende realizar los mantenimientos de forma precisa, con el fin de aprovechar al máximo la vida útil de los elementos y asegurar el funcionamiento óptimo del sistema bajo las condiciones requeridas por el Hospital en cualquier momento.

Para esta estrategia se requerirá técnicas específicas como el análisis de vibraciones y termografía de tal manera que se emplearán herramientas sofisticadas que asegurarán una intervención precisa por parte del personal que lleva a cabo el mantenimiento de los equipos.

1.3.2 Justificación metodológica

Con la implementación del mantenimiento Basado en la Condición se pretende establecer intervenciones adecuadas por parte de la administración para asegurar el funcionamiento y disponibilidad del Generador cuando éste sea requerido.

Esto permitirá establecer frecuencias adecuadas, a medida que el proyecto se vaya desarrollando.

1.4 Hipótesis

¿Se puede reducir las fallas del Grupo Electrógeno de Emergencia aplicando el mantenimiento Basado en la Condición con el uso de técnicas como el de análisis de vibraciones y termografía infrarroja?

CAPÍTULO II

2. MARCO REFERENCIAL

2.1 ¿Qué es el Mantenimiento?

Combinación de todas las acciones técnicas, administrativas y de gestión realizadas durante el ciclo de vida de un elemento, destinadas a conservarlo o a devolverlo a un estado en el que pueda desempeñar la función requerida. (AENOR, 2018)

Podemos además considerar que el objetivo del mantenimiento es conservar todos los bienes que componen los eslabones del sistema directa o indirectamente afectados a los servicios, en las mejores condiciones de funcionamiento, con un muy buen nivel de confiabilidad, calidad y al menor costo posible. (Torres, 2005)

2.2 Tipos de Mantenimiento

Los tipos de mantenimiento según la norma UNE EN 13306:2018 son los siguientes:

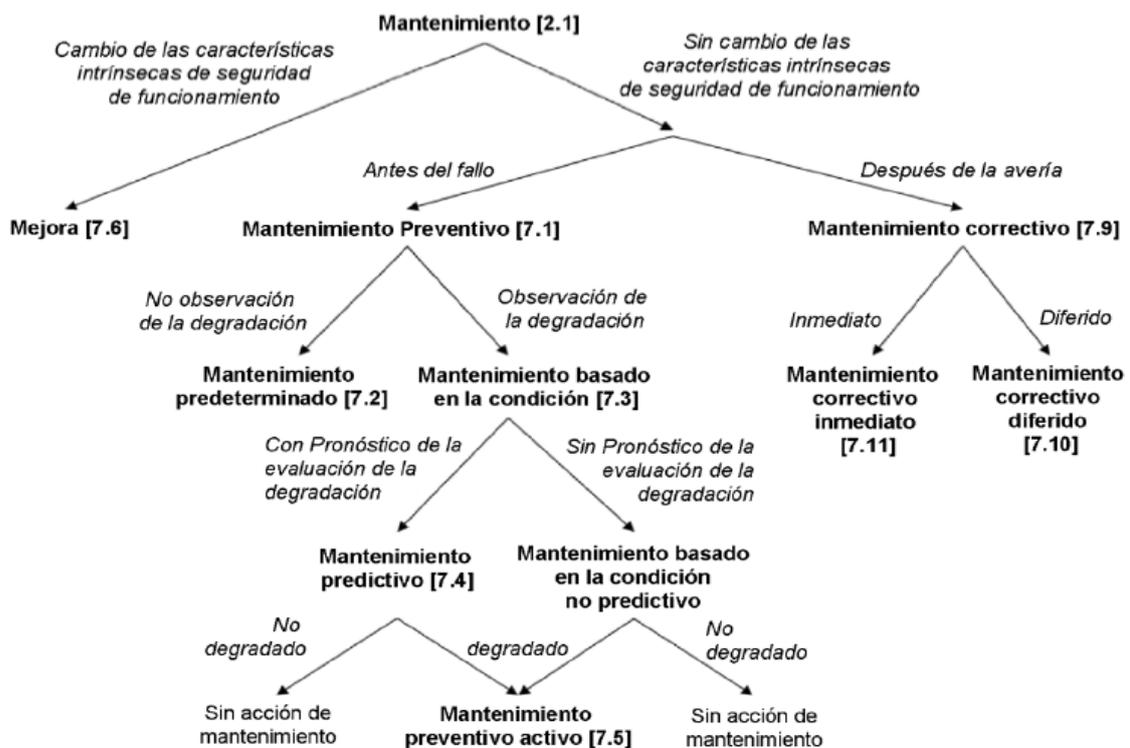


Figura 1-2. Tipos de Mantenimiento

Fuente: UNE EN 13306

2.2.1 Mantenimiento Correctivo

Mantenimiento que se realiza después del reconocimiento de una avería y que está destinado a poner a un elemento en un estado en que pueda realizar una función requerida. (AENOR, 2018)

El mantenimiento correctivo consiste en ir reparando las averías a medida que se van produciendo. El personal encargado de avisar de las averías es el propio usuario de las máquinas y equipos, y el encargado de realizar las reparaciones es el personal de mantenimiento. (Torres, 2005)

2.2.1.1 Mantenimiento Correctivo Diferido

Mantenimiento correctivo que no se realiza inmediatamente después de detectarse una avería, sino que se retrasa de acuerdo con reglas dadas. (AENOR, 2018)

Es evidente que sólo se aplicará en aquellas situaciones en que los elementos sean de bajo coste y baja criticidad de funcionamiento. Este mantenimiento por tanto resulta ideal en casos en que la restitución o reparación no afecte en gran medida a la producción o explotación llevada a cabo por la compañía o cuando la puesta en práctica de un sistema más complejo de mantenimiento resulte menos rentable que una práctica correctiva. (Castela, 2017)

2.2.1.2 Mantenimiento Correctivo Inmediato

Mantenimiento correctivo que se realiza sin dilación después de detectarse una avería, a fin de evitar consecuencias inaceptables. (AENOR, 2018)

La diferencia entre ambos radica en que mientras el no programado supone la reparación de la falla inmediatamente después de presentarse, el mantenimiento correctivo programado o planificado supone la corrección de la falla cuando se cuenta con el personal, las herramientas, la información y los materiales necesarios y además el momento de realizar la reparación se adapta a las necesidades de producción. (Garrido, 2009)

2.2.2 Mantenimiento Preventivo

Mantenimiento llevado a cabo para evaluar y/o mitigar la degradación y reducir la probabilidad de fallo de un elemento. (AENOR, 2018)

En un departamento de mantenimiento ideal, la proporción entre el mantenimiento Preventivo y el Correctivo es tal que la carga de trabajo correctiva inmediata no supone más del 30% de las horas/hombre dedicadas a mantenimiento. (Garrido, 2009)

2.2.2.1 Mantenimiento Predeterminado

Mantenimiento preventivo que se realiza de acuerdo con intervalos de tiempo establecidos o con un número definido de unidades de funcionamiento, pero sin análisis previo de la condición del elemento. **NOTA 1** Los intervalos de tiempo o el número de unidades de funcionamiento se pueden establecer a partir del conocimiento de los mecanismos de fallo del elemento. (AENOR, 2018)

2.2.3 Mantenimiento Basado en la Condición

Mantenimiento preventivo que incluye una combinación de la evaluación de las condiciones físicas, el análisis y las posibles acciones de mantenimiento posteriores. **NOTA 1** La evaluación de la condición se puede realizar mediante la observación del operador y/o inspección, y/o pruebas, y/o monitorización de la condición de los parámetros del sistema, etc., realizada de acuerdo con un cronograma, bajo petición o en forma continua. (AENOR, 2018)

El mantenimiento basado en la condición (CBM) se utiliza para monitorear activos críticos. A medida que la tecnología industrial avanza, de la misma manera aparecen técnicas que permiten un mantenimiento más proactivo, como el Mantenimiento Basado en la Condición.

El mantenimiento basado en la condición (CBM) es una estrategia de mantenimiento que monitoriza la condición en tiempo real de un activo para determinar qué mantenimiento debe realizarse. El CBM establece que el mantenimiento sólo debe realizarse cuando ciertos indicadores muestran signos de disminución del rendimiento o de un fallo inminente. La verificación de una máquina para estos indicadores puede incluir mediciones de carácter general, inspección visual, datos de rendimiento y pruebas programadas. (Industria, Centro de Formación Técnica, 2018)

Con respecto al Mantenimiento Preventivo predeterminado, este se realiza en base a intervalos programados en donde se ejecutan tareas sin considerar el estado de los componentes, mientras que con el mantenimiento Basado en la Condición las tareas de mantenimiento se realizan específicamente cuando el equipo lo requiere, no antes ni después.

Varias empresas han optado por pasar del mantenimiento correctivo a implementar el mantenimiento preventivo y siendo aún más precisos implementar el mantenimiento basado en la condición y para ello la Norma ISO 17359 facilita pautas para realizar el monitoreo de la condición y el diagnóstico técnico de los equipos dentro de la empresa.

Para el monitoreo y diagnóstico técnico se emplean técnicas como análisis de vibraciones, termografía, análisis de aceite, entre otros.

Aunque el monitoreo de la condición puede jugar un papel beneficioso en un plan de mantenimiento industrial, a menudo se implementa de forma apresurada sin una comprensión completa de algunos factores que afectarán su efectividad en el sistema general. Es por ello que se contemplan las siguientes etapas:

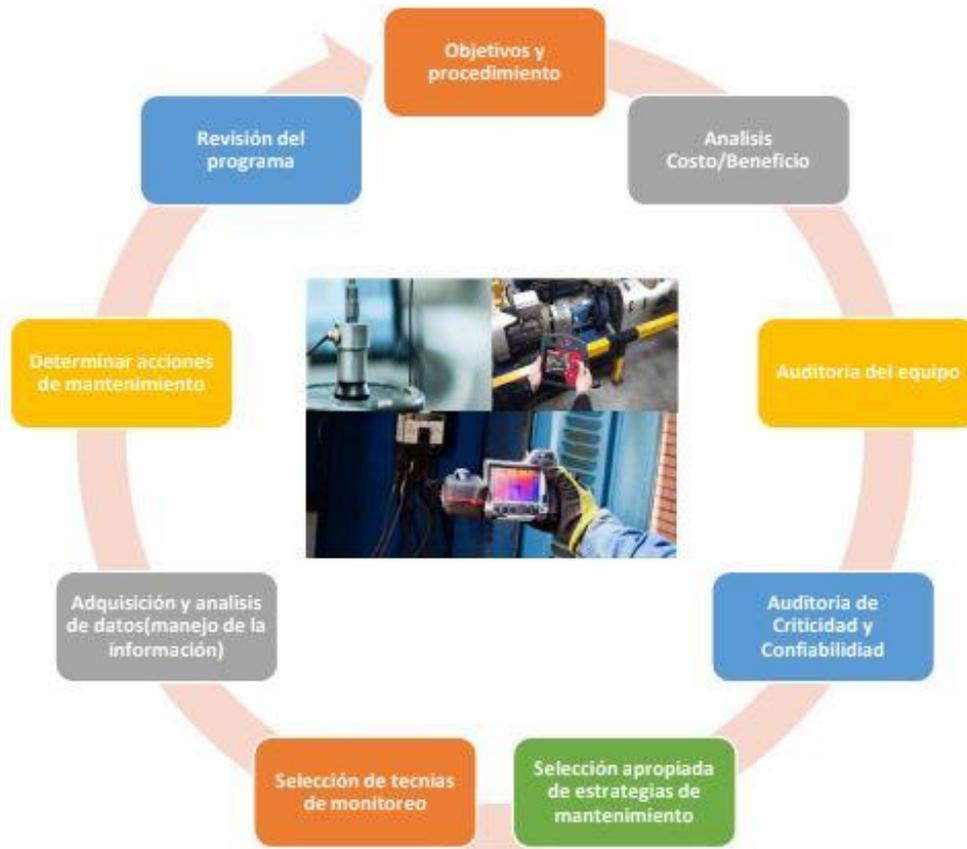


Figura 2-2. Visión general de un Mantenimiento Basado en la Condición
Fuente: (Industria, Centro de Formación Técnica, 2018)

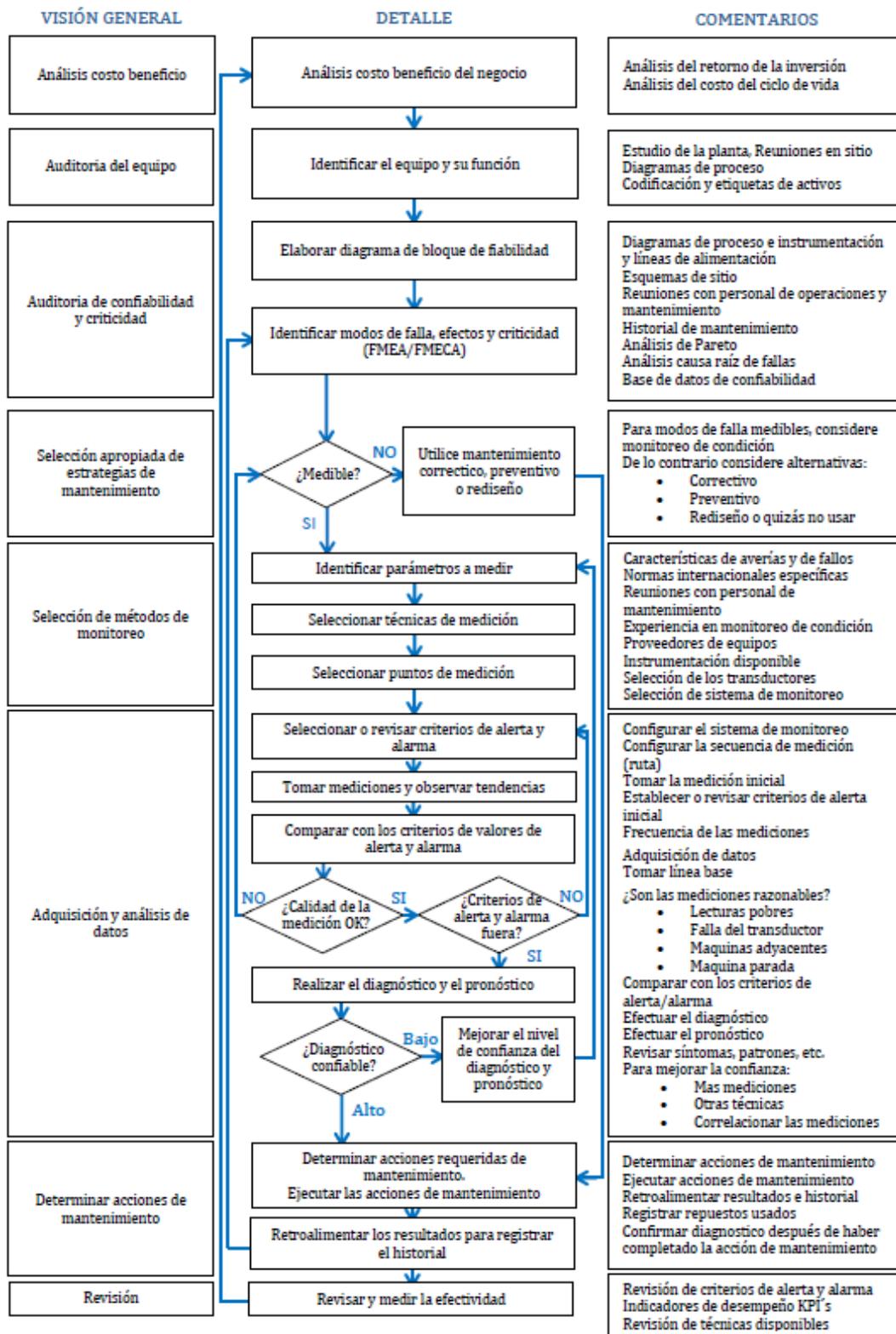


Figura 3-2. Diagrama de flujo del monitoreo de la Condición (Resumen)

Fuente: ISO 17359

2.2.3.1 Análisis Costo Beneficio

Un análisis inicial de factibilidad y costo beneficio ayuda a establecer indicadores clave de desempeño precisos y puntos de referencia. Esto con el objetivo de medir la efectividad de cualquier programa de monitoreo de condición. Por lo tanto, deben de incluir los siguientes factores en Norma ISO 17359: a) Costo del ciclo de vida, b) Costo de producción perdida, c) Daño consecuente, d) Garantía y seguro. (Chirinos, 2021)

2.2.3.2 Auditoria del equipo

En este punto es necesario llegar a conocer al equipo de tal manera que se respondan las siguientes preguntas, mencionadas por (Chirinos, 2021) En su investigación y dictan:

- ¿Qué debe hacer el sistema, la máquina o el equipo?
- ¿Cuáles son las condiciones de operación de la máquina o sistema o el rango de condiciones de operación? Conociendo así su contexto operacional.

2.2.3.3 Auditoria de Confiabilidad y Criticidad

En este proceso se sugiere elaborar un diagrama de bloques de confiabilidad simple que incluya si el equipo tiene un sistema de confiabilidad en serie o paralelo. Enumerar e identificar claramente todos los equipos y fuentes de alimentación, sistemas de control y sistemas existentes, y sistemas de vigilancias. Se recomienda una evaluación de la criticidad de todas las máquinas para crear una lista priorizada de máquinas para el programa de monitoreo de condición. (Chirinos, 2021)

2.2.3.4 Selección de estrategia de mantenimiento con AMEF

En este proceso se utiliza la herramienta del análisis de modo y efecto de falla (AMFE). Esto con el propósito de identificar las fallas esperadas, los síntomas potenciales, luego se identifican los parámetros a medir que indican la presencia u ocurrencia de fallas. (Chirinos, 2021)

El propósito del AMFE consiste en sistematizar el estudio de un proceso/producto, identificar los puntos de fallo potenciales, y elaborar planes de acción para combatir los riesgos, el procedimiento, como se verá, es asimilable a otros métodos simplificados empleados en prevención de riesgos laborales. (INSST, 2004)

Mediante el uso de esta herramienta se podrá establecer los parámetros adecuados de funcionamiento, así como también, identificar posibles problemas y su solución mediante actividades de mantenimiento adecuadas y oportunas.

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS (A.M.F.E.)															
AMFE DE PROYECTO <input type="checkbox"/>		AMFE DE PROCESO <input type="checkbox"/>			DENOMINACIÓN DEL COMPONENTE / PARTE DEL PROCESO				CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN DEL COMPONENTE			Hoja:			
NOMBRE Y DPTO. DE LOS PARTICIPANTES Y/O PROVEEDOR:					COORDINADOR: (Nombre / Dpto.)				MODELO/SISTEMA/FABRICACIÓN			FECHA INICIO: FECHA REVISIÓN:			
OPERACIÓN O FUNCIÓN	FALLO N°	FALLOS POTENCIALES			ESTADO ACTUAL				ACCIÓN CORRECTORA	RESPONSABLE / PLAZO	SITUACIÓN DE MEJORA				
		MODOS DE FALLO	EFECTOS	CAUSAS DEL MODO DE FALLO	MEDIDAS DE ENSAYO Y CONTROL PREVISTAS	F	G	D			IPR	ACCIONES IMPLANTADAS	F	G	D
Estaciones de geometría y soldadura en general	2.1	Dificultad de controlar puntos de soldadura ocultos	Rechazo, reparaciones, retrabajos	Imposibilidad de control al no poder sacar de la línea piezas que incluyen otras que después quedan tapadas	Ninguna	10	7	8	580	Modificar programas para sacar muestreo sin perder producción	Proceso Chapa / Anteproyecto				
	2.2	Piezas mal posicionadas o invertidas	Rechazos, retrabajos	Útil permite varias posiciones	Ninguna	10	10	5	500	Pokayoke utillaje para encontrar solución	Proceso Chapa / Anteproyecto				
Fechado y marcado de conjuntos	3.1	El marcador no marca	Identificación y reclamación dificultosa, rechazos	Mal funcionamiento del marcador, rotura, falta de energía	Control visual y penalización en auditoría intermedia	10	6	1	60	Debe integrarse el marcador como un elemento automático más de la instalación	Proceso Chapa / Anteproyecto				
	3.2	Marcaje deficiente	Identificación y reclamación dificultosa, rechazos	Incorrecta orientación respecto a la pieza	Control visual y penalización en auditoría intermedia	6	6	1	36	Debe integrarse el marcador como un elemento automático más de la instalación	Proceso Chapa / Anteproyecto				

Figura 4-2. Ejemplo de AMFE

Fuente: (INSST, 2004)

2.2.3.5 Selección de métodos de monitoreo

En este proceso se tiene en cuenta el parámetro medible particular considerado aplicable después de la selección previa del proceso, una o más técnicas de medición pueden ser apropiadas. Los parámetros medidos pueden ser simples mediciones de valores generales o valores promediados en el tiempo. (Chirinos, 2021)

Entre las técnicas que se pueden emplear para el monitoreo tenemos:

- Análisis de Vibraciones
- Termografía
- Análisis de Lubricante
- Análisis de Ultrasonido
- Análisis Energético
- Análisis de Presión

En este punto es necesario establecer frecuencias de monitoreo, así como también el determinar una línea base para realizar acciones de mejora en el tiempo. Para ello es necesario que el nivel de gestión sea el adecuado con la documentación correcta.

2.2.3.6 Adquisición de datos y análisis de información

En este proceso se toma énfasis en la adquisición de datos y su correcta medición base para compararlas con las históricas, tendencias, datos de referencia o datos representativos para las propias máquinas y/o equipos similares dentro de su contexto operativo. (Chirinos, 2021)

Por lo general los datos que se adquieren son por medio de computadoras, por lo que es más sencillo su análisis, el mismo que debe realizarse en grupo con la participación de las áreas implicadas y así que la toma de decisiones sea más productiva.

El mantenimiento, como cualquier otra función en la empresa, requiere un flujo de información adecuado entre los diferentes puntos de su organización interna y con el resto de las unidades funcionales y de organización del negocio, para cubrir sus objetivos alcanzando un desempeño aceptable. (AENOR, 2009)

2.2.3.7 Determinar acciones de mantenimiento

Las decisiones típicas incluyen lo siguiente: Ninguna acción; Continuar con el monitoreo de rutina; Reducir el intervalo a la siguiente medición requerida; Cambiar (reducir o aumentar) la carga, velocidad o rendimiento de la máquina; Apague la máquina; Inspeccionar la máquina o adelantar el mantenimiento planificado de rutina; Realizar mantenimiento correctivo. (Chirinos, 2021)

En el caso de que se realicen actividades adicionales a estas es necesario su registro con el fin de establecer los recursos involucrados y así programar de mejor manera la siguiente intervención.

2.2.3.8 Revisión

El monitoreo de condición es un proceso continuo y técnicas que pueden no haber estado disponibles o se considera demasiado costoso en ese momento. O demasiado complicado o inviable de alguna otra manera (falta de acceso, problemas de seguridad, etc.) podrían en la revisión, volverse factible. (Chirinos, 2021)

Para realizar una revisión eficaz, ésta debe valerse de documentación emitida en el transcurso de la ejecución del mantenimiento. Esto permitirá una base de datos real, todo esto conlleva a una mejora continua en el caso de que se encuentren puntos débiles dentro de la ejecución de cada actividad.

2.3 Plan de Mantenimiento

Conjunto estructurado y documentado de tareas que incluyen las actividades, los procedimientos, los recursos y la duración necesaria para realizar el mantenimiento (AENOR, 2018)

Un plan de mantenimiento es el conjunto de intervenciones u operaciones preventivas que debemos realizar en los equipos o activos de nuestra instalación, basadas en protocolos de mantenimiento para cada tipo de activo, para lograr cumplir con unos objetivos de disponibilidad, fiabilidad y coste y por ende ampliar la vida útil de los equipos. (Eurofins, 2021)

Para realizar un plan de mantenimiento se deben considerar algunos puntos como son:

- Definir objetivos que se pretenden cumplir,
- Establecer cuanto va a costar la ejecución de cada actividad y así establecer un presupuesto,
- Establecer el grupo de equipos a los que se va a realizar el plan, de modo que se cuente con información como manuales, fichas técnicas, entre otros.
- Contar con los manuales de los equipos, que de ahí se obtiene la mayor cantidad de información para la planificación y programación del mantenimiento.
- Asignar responsables, para la ejecución de las actividades, monitoreo y control
- Planificar y programar las tareas y acciones que se llevarán a cabo.
- Documentar el plan de mantenimiento completo.
- Ejecutar las tareas contempladas en el plan
- Analizar la información obtenida en el transcurso de la ejecución del proyecto

2.4 Gestión del Mantenimiento

Todas las actividades de la gestión que determinan los requisitos, los objetivos, las estrategias y las responsabilidades del mantenimiento y la implantación de dichas actividades por medios tales como la planificación del mantenimiento, el control de este y la mejora de las actividades de mantenimiento y las cuestiones económicas. (AENOR, 2018)

La Gestión del Mantenimiento es importante porque permite rebajar costes optimizando el consumo de materiales y el empleo de mano de obra. Para ello es imprescindible estudiar el modelo de organización que mejor se adapta a las características de cada empresa. (Institute, BSG, 2020)

Por lo tanto, la gestión del mantenimiento está asociada a la dirección y organización de diversos recursos para controlar la disponibilidad y el rendimiento de la unidad industrial a un nivel determinado. (Industria, Centro de formación Técnica, 2020)

2.5 Generadores Eléctricos

Los grupos electrógenos son equipos que proveen energía eléctrica de forma autónoma ante interrupciones prolongadas y desconexiones programadas de mantenimiento. También son adecuados para aplicaciones en zonas que no disponen de suministro eléctrico vía red. (Castillo, 2007)

Un grupo electrógeno consta de uno o más motores utilizados para producir energía mecánica y uno o más generadores para convertir la energía mecánica en energía eléctrica. El grupo electrógeno

incluye cualquier componente utilizado para acoplar los motores primarios mecánicos y los generadores eléctricos (por ejemplo, acoplamientos, caja de cambios) y, cuando corresponda, cualquier componente de soporte y montaje. (Standardization, International Organization, 2018)

Los Grupos Electrógenos pueden ser instalados y utilizados de diferentes formas según los requerimientos del lugar en donde se lo emplee, podemos tener los siguientes criterios de aplicación:

- Operación continua con carga constante
- Operación continua con carga variable
- Tiempo limitado de operación con carga constante
- Tiempo limitado de operación con carga variable

Adicionalmente del funcionamiento de los grupos electrógenos, se puede considerar que su rendimiento también puede clasificarse, dependiendo del destino de la energía producida, es así que se definen según la norma ISO 8528-1:2018 (Standardization, International Organization, 2018) existen cuatro clases de rendimiento para cubrir los diversos requisitos de los sistemas eléctricos suministrados de la siguiente manera:

a) Clase G1: Esto se aplica a las aplicaciones de grupos electrógenos donde las cargas conectadas son tales que solo es necesario especificar los parámetros básicos de voltaje y frecuencia. (Standardization, International Organization, 2018)

EJEMPLO Aplicaciones de propósito general (iluminación y otras cargas eléctricas simples).

b) Clase G2: Corresponde a aplicaciones de grupos electrógenos donde sus características de tensión son muy similares a las del sistema eléctrico de servicio público comercial con el que opera. (Standardization, International Organization, 2018)

Cuando ocurren cambios de carga, puede haber desviaciones temporales pero aceptables de voltaje y frecuencia.

EJEMPLO Para Sistemas de iluminación, en bombas y sistemas de bombeo, para ventiladores y equipos de montacargas.

c) Clase G3: esto se aplica a aplicaciones en las que el equipo conectado exige mucho de la estabilidad y el nivel de las características de frecuencia, tensión y forma de onda de la red eléctrica. (Standardization, International Organization, 2018)

EJEMPLO en el servicio de Telecomunicaciones y cargas controladas por tiristores. Y cargas controladas con rectificadores, siendo estos alimentados bajo ciertos parámetros de voltaje y su forma de onda.

d) Clase G4: Aplica para aplicaciones donde las exigencias de estabilidad y nivel de frecuencia, voltaje y características de forma de onda de la energía eléctrica suministrada por el generador conjunto son excepcionalmente severos. (Standardization, International Organization, 2018)

EJEMPLO Equipos para el procesamiento de datos o también para sistemas informáticos.

Para cumplir la función adecuada un grupo electrógeno está conformado por los siguientes componentes:

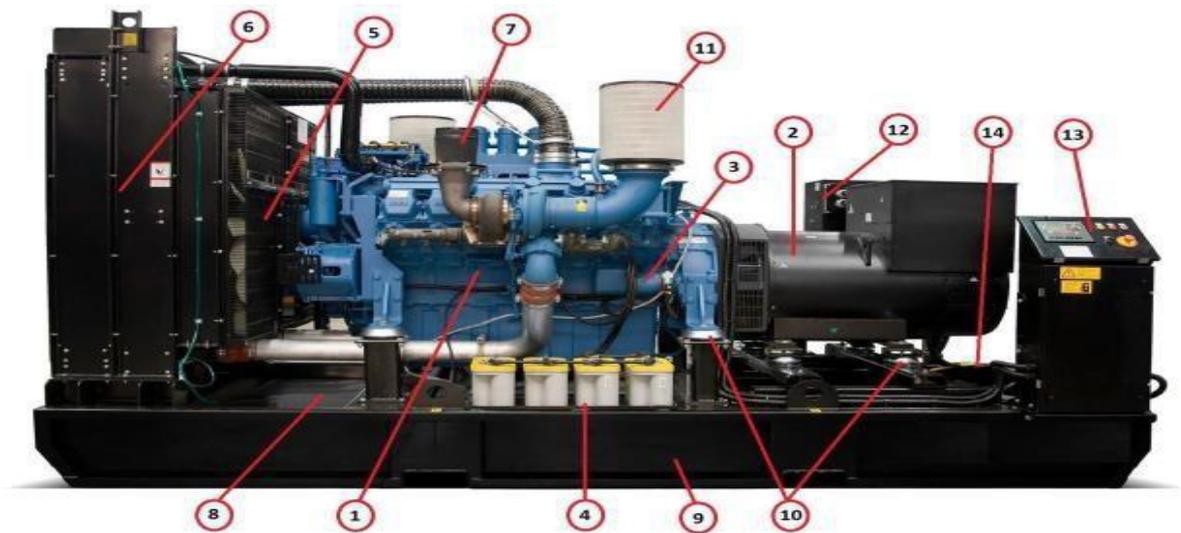


Figura 5-2: Grupo Electrónico

Fuente: (NAVARRETE, 2021)

- Motor de combustión
- Alternador
- Motor de arranque
- Baterías
- Ventilador
- Radiador
- Silenciador
- Depósito de combustible
- Bancada
- Anti vibratorios

- Filtro de aire
- Cuadro de protección
- Cuadro de control
- Conexión a tierra

2.5.1 Mantenimiento de un Grupo Electrónico

La frecuencia y el tipo de mantenimiento necesario en un grupo electrónico dependerán de una serie de factores, incluidos el uso del grupo electrónico, el ambiente donde funciona y la carga porcentual que lleva. Normalmente, los fabricantes de generadores recomiendan, en el caso de uso de Emergencia, realizar inspecciones y mantención preventiva motor-alternador cada tres meses, mientras que, si es de uso Continuo, cada 250 o 500 horas, dependiendo de la marca y las recomendaciones de cada fabricante. (Castillo, 2007)

Cuando se lleva a cabo un mantenimiento preventivo completo se consideran actividades para el motor, como el cambio de filtros y de aceite lubricante, revisión de niveles, agua, aceite, combustible y revisión de la carga de la batería, además se contemplan actividades de limpieza y chequeo del motor de su estado físico y en general.

En cuanto al alternador, se recomienda una limpieza y chequeo de parámetros de funcionamiento adecuados, los cuales se revisarán al momento de arrancar el generador para realizar pruebas y rangos de carga.

De igual manera, se sugiere inspeccionar y arrancar el generador una vez por semana para verificar su buen funcionamiento.

A continuación, se muestra las actividades de mantenimiento que se pueden realizar para el mantenimiento de un grupo electrónico determinadas por (PERKINS, 2017)

Tabla 1-2: Actividades de mantenimiento Grupo Electrónico

FRECUENCIA DE LAS OPERACIONES	Cada 8 h o bien cada 1 año	Cada 400 h o bien cada 1 año	Cada 2500 h o bien cada 1 año	Más
Control de la correa del ventilador	X			
Control del nivel de líquido refrigerante	X			
Control del nivel de aceite del cárter	X			
Control de la presencia de agua en el prefiltro de gasóleo	X			
Control del líquido de las baterías		X		
Control de la presencia de agua en el tanque		X		
Control del tablero eléctrico y del ajuste de cables		X		
Control de aberturas de entrada y salida de aire del grupo electrónico y del alternador		X		
Control de placas adhesivas de advertencias de peligros o de atención		X		
Control del cierre de pernos y racores			X	
Control alternador cargador de baterías/motor de arranque			X	
Control de pulverizadores/inyectores			X	
Control de cojinete/s del alternador 5000 h Limpieza del filtro de aire				5000 H
Limpieza del radiador/control de manguitos	X			
Limpieza del tanque y cubeta de almacenamiento		X		
Ajuste del juego de válvulas, balancines			X	
Revisión parcial del motor 8000/10.000 h			X	
Revisión total del motor 16000/20000 h				8000/10000 H
Reemplazo del cartucho del filtro de combustible				16000/20000 H
Reemplazo del aceite del cárter, cartuchos del filtro de aceite y filtro de aire		X		
Reemplazo del silenciador de escape (solo para versión S o SX) 8000/10000 h		X		
Reemplazo de cojinete/s del alternador 8000/10000 h				8000/10000 H
Cambio de líquido refrigerante 5000h o bien cada 2 años				8000/10000 H
Reemplazo del material insonorizante en la cabina (GE en versión S o SX)				10000 O BIEN CADA 3 AÑOS

Realizado por: Germán Llamuca

Fuente: (PERKINS, 2017)

2.5.2 Principales fallos en Grupos Electrógenos

Los grupos electrógenos son un sistema compuesto por un motor y un generador propiamente dicho, los cuales pueden presentar algunos inconvenientes como pueden ser los señalados en el Manual de Uso y Mantenimiento Perkins: (PERKINS, 2017)

Tabla 2-2: Fallos y soluciones en motores de generadores eléctricos.

MOTORES		
PROBLEMA	POSIBLE CAUSA	SOLUCIÓN
El motor no se pone en marcha	1) Selector de puesta en marcha (donde esté montada) en posición incorrecta	1) Controlar la posición
	2) Pulsador de emergencia presionado	2) Desbloquear
	3) Pre calentamiento (donde esté montada)	3) Falta o insuficiente fase de pre calentamiento de las bujías. Avería en el circuito, reparar.
	4) Unidad de control motor o llave de arranque defectuosas.	4) Sustituir
	5) Batería descargada	5) Volver a cargar o sustituir. Controlar el circuito de carga de la batería del motor y del cuadro automático
	6) Terminales de los cables de la batería aflojados o corroídos	6) Apretar y limpiar. Sustituir si están corroídos.
	7) Motor de arranque defectuoso	7) Reparar y sustituir.
	8) Falta de carburante o presencia de aire en el circuito de alimentación	8) Abastecer el depósito, purgar el circuito.
	9) Avería en el circuito de alimentación: bomba defectuosa, inyector bloqueado, etc.	9) Solicitar la intervención del Servicio de Asistencia.
	10) Filtro de aire o carburante atascados	10) Limpiar o sustituir.
	11) Aire en el filtro de gasolina.	11) Quitar el aire llenando el filtro con gasolina.
	12) Dispositivo parada del motor defectuoso	12) Sustituir.
	13) Avería en el circuito eléctrico de puesta en marcha en el cuadro de mando del generador	13) Controlar y reparar.
El motor no acelera. Velocidad inconstante.	1) Filtro aire o carburante atascados.	1) Limpiar y sustituir.
	2) Avería en el circuito de alimentación: bomba defectuosa, inyector bloqueado, etc.	2) Solicitar la intervención del Servicio de Asistencia.
	3) Nivel de aceite demasiado alto.	3) Eliminar el aceite en exceso.
	4) Regulador de velocidad del motor defectuoso.	4) Solicitar la intervención del Servicio de Asistencia
Humo negro	1) Filtro aire atascado.	1) Limpiar o sustituir.
	2) Sobrecarga.	2) Controlar la carga conectada y disminuir.
	3) Inyectores defectuosos. Bomba inyección desajustada.	3) Solicitar la intervención del Servicio de Asistencia.
Humo blanco	1) Nivel de aceite demasiado alto.	1) Eliminar el aceite en exceso.

	2) Motor frío o en funcionamiento prolongado con o sin carga.	2) Activar la carga sólo con el motor suficientemente caliente.
	3) Segmentos y/o cilindros desgastados.	3) Solicitar la intervención del Servicio de Asistencia.
Escasa potencia dada por el motor.	1) Filtro aire atascado.	1) Limpiar o sustituir.
	2) Insuficiente suministro de carburante, impurezas o agua en el circuito de alimentación.	2) Controlar el circuito de alimentación, limpiar y efectuar una nueva reposición.
	3) Inyectores sucios o defectuosos.	3) Solicitar la intervención del Servicio de Asistencia.
Baja presión aceite	1) Nivel de aceite insuficiente	1) Restablecer el nivel. Controlar que no haya pérdidas.
	2) Filtro aceite atascado.	2) Sustituir el filtro.
	3) Bomba de aceite defectuosa.	3) Solicitar la intervención del Servicio de Asistencia.
	4) Fallo en el funcionamiento de la alarma	4) Controlar el sensor y el circuito eléctrico.
Alta temperatura	1) Sobrecarga.	1) Controlar la carga conectada y disminuir.
	2) Ventilación insuficiente.	2) Controlar el ventilador de refrigeración y las correspondientes correas de transmisión.
	3) Insuficiente líquido de refrigeración (Sólo para motores refrigerados a base de agua)	3) Restablecer el nivel. Controlar que no haya pérdidas o roturas dentro del circuito de refrigeración, conductos, manguitos, etc.
	4) Radiador de agua o aceite atascados (donde esté montada).	4) Limpiar aletas de refrigeración del radiador.
	5) Bomba de circulación defectuosa (Sólo para motores refrigerados por agua)	5) Solicitar la intervención del Servicio de Asistencia.
	6) Inyectores defectuosos. Bomba inyección desajustada.	6) Solicitar la intervención del Servicio de Asistencia.
	7) Fallo en el funcionamiento alarma	7) Controlar el sensor y el circuito eléctrico.

Realizado por: Germán Llamuca

Fuente: (PERKINS, 2017)

Por otro lado, tenemos en la parte de generación los componentes y sus posibles problemas y solución.

Tabla 3-2: Fallos y soluciones en generación parte del sistema de generación eléctrica.

GENERACIÓN		
PROBLEMA	POSIBLE CAUSA	SOLUCIÓN
Ausencia de tensión en salida	1) Conmutador de tensión en posición 0	1) Controlar posición
	2) Conmutador de tensión defectuoso	2) Controlar enlaces y funcionamiento del conmutador. Reparar o sustituir.
	3) Intervención protección por sobrecarga.	3) Controlar la carga conectada y disminuir.

	4) Intervención protección diferencial (Interruptor diferencial, relé diferencial).	4) Controlar que en toda la instalación: cables, conexiones, servicios conectados no haya defectos de aislamiento que causen corrientes de error hacia tierra.
	5) Protecciones defectuosas.	5) Sustituir.
	6) Alternador no excitado.	6) Efectuar la prueba de excitación externa tal y como se indica en el manual específico del alternador. Solicitar la intervención del Servicio Asistencia.
	7) Alternador defectuoso.	7) Controlar arrollamientos, diodos, etc. del alternador (Véase el manual específico del alternador). Reparar o sustituir. Solicitar la intervención del Servicio Asistencia.
Tensión en vacío demasiado baja o demasiado alta.	1) Velocidad incorrecta del régimen del motor.	1) Regular la velocidad a su valor nominal en vacío.
	2) Dispositivo regulación de tensión (donde esté montada) desajustado o defectuoso.	2) Manipular el dispositivo de regulación tal y como indica el manual específico del alternador y sustituir. Para los generadores con doble sistema de regulación AVR + COMPOUND actuar sobre el circuito de excitación tal y como indica el manual del alternador.
	3) Alternador defectuoso.	3) Controlar arrollamientos, diodos, etc. del alternador (véase manual específico del alternador). Reparar o sustituir. Solicitar la intervención del Servicio Asistencia.
Tensión en vacío correcta demasiado baja en carga	1) Velocidad incorrecta del régimen del motor debido a sobrecarga	1) Controlar la carga conectada y disminuir.
	2) Carga con $\cos \phi$ inferior a 0,8.	2) Reducir o volver a poner en fase la carga.
	3) Alternador defectuoso.	3) Controlar los arrollamientos, diodos, etc. del alternador (Véase el manual específico del alternador) Reparar o sustituir. Solicitar la intervención del Servicio Asistencia.
Tensión inestable.	1) Contactos inseguros.	1) Controlar las conexiones eléctricas y apretar.
	2) Irregularidad de rotación del motor.	2) Solicitar la intervención del Servicio Asistencia.
	3) Alternador defectuoso.	3) Controlar arrollamientos, diodos, etc. del alternador (Véase el manual específico del alternador). Reparar o sustituir. Solicitar la intervención del Servicio

Realizado por: Germán Llamuca

Fuente: (PERKINS, 2017)

2.6 Diagnóstico técnico

Diagnóstico técnico. Consiste en un sistema mediante el cual se determinan las necesidades de mantenimiento o reparación de un equipo, comparando sus parámetros de funcionamiento con los establecidos por el fabricante. (EcuRed, 2019)

La selección de los medios de diagnóstico se hace en primer lugar teniendo en cuenta el alcance y objetivos de los diagnósticos a realizar. Los principales instrumentos que se utilizan son: manómetros de línea y de doble entrada, manómetro diferencial, estetoscopio, compresímetro, vacuómetro, potenciómetro, calibradores de galgas, comprobador de inyectores, medidor de presión de aire, reglas normales y especiales, dinamómetro, densímetro, voltiamperímetro, termómetro, cinta métrica. (EcuRed, 2019)

El diagnóstico técnico es uno de los pasos primordiales en la implementación de un plan de mantenimiento basado en la condición, lo que significa que los datos en tiempo real se recogen mientras la máquina sigue funcionando sin modificar su forma de operar. (Industria, Centro de Formación Técnica, 2018)

Entre las técnicas más empleadas para el diagnóstico y el monitoreo de la condición son las siguientes:

2.6.1 Análisis de vibración

El análisis de vibración se define como el proceso de medición de los niveles de vibración y las frecuencias de las máquinas para con el uso de esa información analizar la salud de las máquinas y sus componentes. El análisis de vibración puede ayudar a detectar problemas como el desequilibrio, el fallo de los rodamientos, la holgura mecánica, la resonancia, ejes doblados y más. (Industria, Centro de Formación Técnica, 2018)

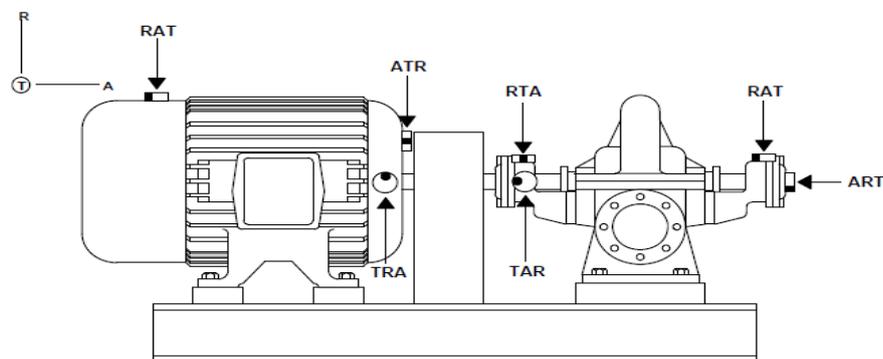


Figura 6-2: Puntos para colocación de sensores

Fuente: (Withe, 2010)

Los equipos en los que se aplica de mejor manera el análisis de vibraciones son equipos rotativos en los cuales las vibraciones aparecen progresivamente, ya que son dependientes del uso y desgaste de componentes.

En los anexos se encuentran tablas de Diagnóstico para fallos en elementos rotativos, de este modo facilitar la interpretación de los espectros arrojados por el equipo.

2.6.2 Termografía infrarroja

Las cámaras termográficas son una herramienta única que sirve para determinar cuándo y dónde se necesita mantenimiento, puesto que las instalaciones eléctricas y mecánicas suelen calentarse antes de fallar. Al descubrir estos puntos calientes con una cámara termográfica, se puede llevar a cabo una medida preventiva. De este modo, es posible evitar costosas averías o, aún peor, incendios. (FLIR, 2011)

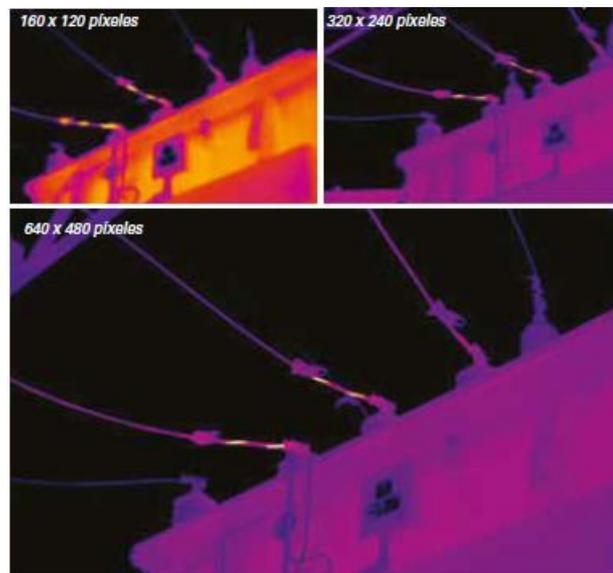


Figura 7-2: Termogramas
Fuente: (FLIR, 2011)

La termografía infrarroja es el proceso de utilizar un generador de imágenes térmicas para detectar la radiación procedente de un objeto, convertirla en temperatura y mostrar una imagen de la distribución de la temperatura en tiempo real. (Industria, Centro de Formación Técnica, 2018)

La termografía de infrarrojos se emplea para vigilar las condiciones eléctricas y mecánicas de los motores, inspeccionar los cojinetes y examinar el aislamiento refractario, así como para comprobar los niveles de gas, líquidos y lodo. (Industria, Centro de Formación Técnica, 2018)

2.6.3 Análisis de ultrasonido.

El análisis de ultrasonido utiliza el sonido para identificar los activos potencialmente defectuosos, detectando los sonidos de alta frecuencia y convirtiéndolos en audio y datos digitales. Alerta rápidamente a los operarios sobre cuestiones como defectos profundos del subsuelo (por ejemplo, defectos de soldadura o corrosión extensa), fugas de gases y cojinetes excesiva o insuficientemente lubricados. También es ideal para inspecciones eléctricas específicas, especialmente en engranajes cerrados (por razones de seguridad). (Industria, Centro de Formación Técnica, 2018)

2.6.4 Análisis del lubricante (aceite).

El análisis del lubricante es una actividad rutinaria que mide el número y el tamaño de las partículas en una muestra para analizar la salud del lubricante, la contaminación y el desgaste de la máquina. El análisis del aceite también busca si hay contaminantes peligrosos en el lubricante y, si es así, ayuda a reducir la fuente probable. (Industria, Centro de Formación Técnica, 2018)

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1 DESARROLLAR UN PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA CONDICIÓN DEL GRUPO ELECTRÓGENO DEL HOSPITAL SAN JUAN S.A, APLICANDO VIBRACIONES Y TERMOGRAFÍA PARA REDUCIR LAS OCURRENCIAS DE LAS FALLAS

Para la elaboración del plan de mantenimiento se contemplaron ciertos procesos estipulados en la Norma ISO 17359:2018 tercera Edición “Monitoreo de la condición y diagnóstico de máquinas - Directrices generales” y así determinar y establecer el plan de mantenimiento en el cual se empleó la siguiente metodología.

3.2 REALIZAR UN DIAGNÓSTICO TÉCNICO DEL GENERADOR Y MOTOR DIESEL REALIZANDO MEDIDAS DE VIBRACIONES CON EL SISTEMA EN VACÍO Y APLICANDO CARGA

Para realizar un diagnóstico técnico se requieren conocer ciertos parámetros que gobiernan al equipo y estos son:

3.2.1 *Ficha técnica del equipo*

Fue necesario considerar los datos del equipo para tener en cuenta al momento de la planificación y demás procesos de gestión en que se puede emplear esta información.

De la ficha técnica se obtuvieron las especificaciones técnicas de referencia para establecer de mejor manera la función inherente del equipo y de apoyo para definir el contexto operacional del equipo.

3.2.2 *Sectores de alimentación de la empresa eléctrica y el grupo electrógeno*

Se definió las áreas que son alimentadas por la empresa eléctrica y las áreas que alimenta el Grupo Electrógeno, de tal modo que se pudo concretar de mejor manera el contexto operacional del equipo.

Fue necesario el monitoreo de cargas por áreas de tal modo que se encuentre la carga o consumo de cada equipo.

3.2.3 Contexto operacional del equipo.

Se definió el contexto operacional del equipo, mismo que permite analizar los estándares de funcionamiento óptimo del equipo, con esto se analizó el funcionamiento y se identificaron fallas potenciales que se pueden presentar en los equipos.

3.2.4 Mantenimientos aplicados.

Se investigó acerca de los mantenimientos llevados a cabo en el motor del sistema, con el fin de identificar el nivel de atención que se le ha brindado al equipo, siendo este considerado como crítico, por la función que cumple el equipo dentro de las instalaciones del hospital.

3.2.5 Diagnóstico técnico del motor y acople de generador

Se realizó la toma de datos de vibraciones del equipo, tomando como referencia tres puntos, (MLL motor lado libre, MLC motor lado acople, GLL generador lado libre, en dirección radial, axial y tangencial respectivamente) en diferentes lapsos de tiempo, adicionalmente, se le tomaron datos sin carga, (en total 5 mediciones en cada punto y en cada dirección) es decir sin abastecer de energía del generador al edificio del hospital, y con carga, (en total 10 mediciones en cada punto y en cada dirección), generándola para diferenciar la variación de la operación del equipo.

Se obtuvieron los espectros y se analizaron los inconvenientes que tenía el equipo, con ello se establecieron las actividades correctivas y a su vez preventivas, para el plan de mantenimiento.

Para el análisis de los espectros tomados se empleó el software vibTrend el cual mide la intensidad de la vibración en mm/s de acuerdo con ISO 2372. La intensidad vibratoria se define como el nivel RMS de la velocidad de la vibración, medida sobre una frecuencia de 10 a 1000 Hz. Ello requiere un transductor de tipo diferente y un modo distinto de procesar la señal. En lugar de medir la amplitud de una vibración pasajera a una sola frecuencia alta, la intensidad de la vibración representa una media de todos los componentes vibratorios dentro de una gama de frecuencias amplia y comparativamente baja. (AG, PRÜFTECHNIK, 1998).

La norma ISO 2372, clasifica el nivel vibratorio en una escala que va desde “bueno” hasta “inaceptable”, para la clase de máquina en particular a la que corresponde. (AG, PRÜFTECHNIK, 1998)

				28	1.10
	inaceptable			18	0.71
				11	0.44
				7	0.28
	no satisfactorio			4.5	0.18
				2.8	0.11
	satisfactorio			1.8	0.07
				1.1	0.04
				0.7	0.03
	bueno			0.45	0.02
				0.28	0.01
Clase I maquinaria pequeña	Clase II maquinaria media grande	Clase III maquinaria base grande rígida	Clase IV maquinaria base blanda	mm/s	pulg./s

Figura 1-3: Severidad de vibración ISO 2372
Fuente: (AG, PRÜFTECHNIK, 1998)

La norma ISO 2372 establece clases de equipos para poder clasificarlos y estudiarlos de mejor manera, las clases consideradas por esta norma son:

- Clase I: Equipos pequeños hasta 15 kW
- Clase II: Equipos medios, de 15 a 75 kW o hasta 300 kW con cimentación especial
- Clase III: Equipos Grandes, por encima de 75 kW con cimentación rígida o de 300 kW con cimentación especial.
- Clase IV: Turbo Maquinaria (equipos con RPM > velocidad crítica)

Con los resultados se estableció que clase de equipo es el Grupo Electrógeno y también que nivel de criticidad tiene el equipo en cuanto a la presencia de vibraciones en su funcionamiento.

3.3 DETERMINAR EL ESTADO DE LOS COMPONENTES DEL TABLERO DE TRANSFERENCIA AUTOMÁTICO POR MEDIO DE TERMOGRAFÍA INFRARROJA PARA ESTABLECER POSIBLES FALLAS OCULTAS EN LOS DISPOSITIVOS ELÉCTRICOS

Para la implementación del mantenimiento preventivo a todo el sistema de generación fue necesario considerar el funcionamiento adecuado del motor, así como también el tablero desde donde se distribuía la energía eléctrica para abastecer las instalaciones del Hospital, se realizaron mediciones de carga en el tablero y adicional se realizó un análisis termográfico a los componentes del tablero.

En el mismo se detectaron ciertos defectos que fueron corregidos para el funcionamiento correcto del sistema completo, en cuanto a transferencia eléctrica.

3.3.1 Descripción de los componentes del tablero de distribución

Se visualizó la cantidad de elementos eléctricos que componen el tablero, de tal manera que se identificó los elementos que funcionan con la energía que viene de la Empresa Eléctrica y los elementos que son parte del sistema de alimentación desde el generador.

3.3.2 Contexto operacional del tablero de distribución

Se definió la función y el contexto operacional del tablero, con el fin de identificar los parámetros correctos de operación de cada elemento, y poder establecer fallos potenciales del funcionamiento del tablero.

3.3.3 Mantenimiento Aplicado al tablero de distribución

Se recopiló la información, acerca de las intervenciones en el tablero tanto correctivas como preventivas y con ello se pudo verificar incidencias en los problemas y las medidas de solución, además se plantea el uso de estos datos en otros trabajos de gestión que se llevaran a cabo dentro del Hospital.

3.3.4 Diagnóstico Técnico del tablero de distribución

Se realizó el diagnóstico técnico del tablero de distribución con el fin de detectar anomalías en ese momento para establecer una línea base para iniciar con las actividades correctivas y definir las preventivas, pero para ello se lo hizo en base al diagnóstico termográfico, que permitió evaluar la situación en ese momento.

Se obtuvieron Termogramas de todo el tablero, los mismos que permitieron el análisis para identificar algunos inconvenientes, solucionables, esto permitió también establecer medidas preventivas para el plan de mantenimiento propuesto.

3.4 ESTABLECER EL PLAN DE MANTENIMIENTO Y LAS TAREAS CORRECTIVAS Y PREVENTIVAS A REALIZARSE EN EL GRUPO ELECTRÓGENO DE EMERGENCIA LUEGO DE HABER REALIZADO EL DIAGNÓSTICO TÉCNICO

Para poder establecer el plan de mantenimiento basado en la condición del grupo electrógeno, se consideró la norma ISO 17359, en donde se despliegan una lista de pasos que se deben seguir para poder establecer este plan, para ello se empleó:

3.4.1 Análisis Costo Beneficio del plan

En este punto se consideraron indicadores que midieron y medirán el desarrollo del plan de mantenimiento, cabe mencionar que solo se consideró de ciertos meses, ya que no contaban con mayor cantidad de información, sin embargo, se puede reflejar una mejora en cuanto a la implementación de este plan de mantenimiento en el tiempo.

Para este punto se empleó la norma BS-EN-15341:2019 que proporciona los indicadores necesarios para aplicar en una empresa y considera además diferentes aspectos como la gestión de activos, la gestión del mantenimiento, seguridad, la ingeniería entre otros aspectos, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 1-3: Indicadores EN 15341:2019

SUB FUNCIONES, HERRAMIENTAS Y METODOLOGÍAS	AREAS PRINCIPALES			
Mantenimiento dentro de la gestión de activos físicos	Sostenibilidad	Capacidad efectiva integra	Nivel de servicio	Economía
sub-función 1 Salud - Seguridad Medio ambiente	conformidad de Leyes y reglas	registros estadísticos	Práctica segura	Prevención y Mejoras
Subfunción 2 Gestión de Mantenimiento	Estrategia	Función	Gestión técnica	Mejora continua
Subfunción 3 Personas Competencia	Gestión del mantenimiento	Supervisor/ingeniero de mantenimiento	Técnico especialista de mantenimiento	Educación
sub-función 4 Ingeniería de mantenimiento	capacidad crítica	Durabilidad	Mantenimiento preventivo	Mejoras de Ingeniería
Subfunción 5 organización y soporte	Estructura y Soporte	Planificación y control	Efectividad Productiva	Calidad
Subfunción 6 administración y abastecimiento	Economía	Control de presupuesto	Servicios externos	Materiales y Repuestos
sub-función 7 información, comunicación, tecnología. Tecnología permitida	Gestión	Administración y suministros	Organización y soporte	Ingeniería

Realizado Por: German Llamuca

Fuente: (BSI, 2019)

3.4.2 Auditoria del equipo dentro del proceso

En base a los datos proporcionados por el Hospital en cuanto a sus componentes infraestructurales, se pudo establecer el contexto operacional del equipo para de tal manera considerar su funcionamiento óptimo, así como también las medidas que se pueden tomar para remediar cualquier percance, se trató de conseguir la mayor cantidad de información por parte del Hospital y fuera de el mismo.

3.4.3 Auditoria de Confiabilidad y Criticidad del Grupo Electrónico

Se dio un esquema del funcionamiento del Grupo electrónico dentro del Hospital, con el fin de demostrar el nivel de criticidad y necesidad de que éste deba estar en las mejores condiciones para ser utilizado en el momento menos esperados y bajo las condiciones dadas de operación.

3.4.4 Selección de estrategia de mantenimiento con AMEF para el grupo electrónico

Se realizó un AMEF con los datos obtenidos de historiales de trabajos ejecutados, así como también del manual del generador verificando los principales problemas dentro de un grupo electrónico.

Dentro de éste se pudo clasificar los fallos más importantes y desde ahí se establecieron medidas preventivas para evitar y combatir cualquier inconveniente, en su operación.

Para la realización de este punto se empleó el documento npt_679 el cual explica claramente cuáles son los puntos que se requieren considerar para el desarrollo del AMEF, entre estos puntos se debe considerar la evaluación del riesgo que se hace calificando tres aspectos importantes como son: Gravedad, Frecuencia y la Detectabilidad, para este punto se consideran los siguientes datos para poder calificar cada uno.

DETECTABILIDAD	CRITERIO	VALOR
Muy Alta	El defecto es obvio. Resulta muy improbable que no sea detectado por los controles existentes	1
Alta	El defecto, aunque es obvio y fácilmente detectable, podría en alguna ocasión escapar a un primer control, aunque ser ía detectado con toda seguridad a posteriori.	2-3
Mediana	El defecto es detectable y posiblemente no llegue al cliente . Posiblemente se detecte en los últimos estadios de producción	4-6
Pequeña	El defecto es de tal naturaleza que resulta difícil detectarlo con los procedimientos establecidos hasta el momento.	7-8
Improbable	El defecto no puede detectarse. Casi seguro que lo percibirá el cliente final	9-10

FRECUENCIA	CRITERIO	VALOR
Muy Baja Improbable	Ningún fallo se asocia a procesos casi idénticos , ni se ha dado nunca en el pasado, pero es concebible.	1
Baja	Fallos aislados en procesos similares o casi idénticos . Es razonablemente esperable en la vida del sistema, aunque es poco probable que suceda.	2-3
Moderada	Defecto aparecido ocasionalmente en procesos similares o previos al actual. Probablemente aparecerá algunas veces en la vida del componente/sistema.	4-5
Alta	El fallo se ha presentado con cierta frecuencia en el pasado en procesos similares o previos procesos que han fallado.	6-8
Muy Alta	Fallo casi inevitable. Es seguro que el fallo se producirá frecuentemente.	9-10

GRAVEDAD	CRITERIO	VALOR
Muy Baja Repercusiones imperceptibles	No es razonable esperar que este fallo de pequeña importancia origine efecto real alguno sobre el rendimiento del sistema. Probablemente, el cliente ni se daría cuenta del fallo.	1
Baja Repercusiones irrelevantes apenas perceptibles	El tipo de fallo originaría un ligero inconveniente al cliente. Probablemente, éste observara un pequeño deterioro del rendimiento del sistema sin importancia. Es fácilmente subsanable	2-3
Moderada Defectos de relativa importancia	El fallo produce cierto disgusto e insatisfacción en el cliente. El cliente observará deterioro en el rendimiento del sistema	4-6
Alta	El fallo puede ser crítico y verse inutilizado el sistema. Produce un grado de insatisfacción elevado.	7-8
Muy Alta	Modalidad de fallo potencial muy crítico que afecta el funcionamiento de seguridad del producto o proceso y/o involucra seriamente el incumplimiento de normas reglamentarias. Si tales incumplimientos son graves corresponde un 10	9-10

Figura 2-3: Factores para cálculo de riesgo

Fuente: (INSST, 2004)

Cada uno de estos aspectos se van evaluando en base al fallo y su modo de fallo, una vez calificado y asignado un valor específico de riesgo, se los agrupa de tal manera que se vayan escogiendo las actividades de mantenimiento.

3.4.5 Selección de métodos de monitoreo

En este punto se empleó el análisis de vibraciones y termografía industrial, estas técnicas de monitoreo permitieron establecer una línea base del sistema, y fijar puntos de operación óptimos y así iniciar con el monitoreo y las actividades de mantenimiento.

3.4.6 Adquisición de datos y análisis de información

Para la adquisición de datos se establecieron algunos formatos de documentación para que sea llevada por parte del personal técnico del Hospital, de tal manera que se vaya generando una base de

datos del sistema y evidenciar la mejora aplicando los indicadores seleccionados según la norma BS-EN-15341:2009.

Tabla 2-3: Documentación de mantenimiento

COD	NOMBRE DEL DOCUMENTO	DESCRIPCIÓN DEL DOCUMENTO	INFORMACIÓN
5.1	Datos técnicos Especificaciones proporcionadas por el fabricante	Especificaciones proporcionadas por el fabricante del elemento	Fabricante Fecha de fabricación Modelo/tipo/número de serie Dimensiones Peso Capacidad Requisitos de potencia y servicio Especificaciones de las interfases Otros: Referidos a naturaleza física, detalles de montaje y datos de operación
A.3	Registro histórico de operaciones de mantenimiento relativas a un elemento	Relación de ordenes de trabajo de un elemento determinado. La relación se referirá a un periodo de tiempo dado	Código y nombre del elemento Fecha (edición) Periodo de tiempo analizado (desde/hasta) Relación de órdenes de trabajo ordenadas cronológicamente, incluyendo: – número; – fecha; – reclamación/causa; – pieza que falla; – horas de trabajo del elemento; – fechas de registro/apertura/cierre; – costo del servicio cubierto por la orden de trabajo.
A.4	Orden de trabajo	Documento principal para lanzar, seguir y gestionar cada operación de mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Número • Peticionario • Fecha de emisión • Fecha de apertura • Fecha de cierre • Código del elemento • Ubicación del elemento • Horas trabajadas por el elemento • Tipo de mantenimiento • Prioridad • Reglamentos de seguridad y medioambientales • Justificación de la retención • Frecuencia • Última vez • Estimación de recursos • Lista de comprobación • Información de la orden de trabajo Descripción de la información • Anomalía • Parte defectuosa • Causa del fallo • Código del procedimiento técnico • Descripción de la intervención • Cantidad de mano de obra • Tipo de la mano de obra • Personal • Referencia de repuestos. • Cantidad de repuestos • Mano de obra externa

			<ul style="list-style-type: none"> • Repuestos externos • Otros servicios externos • Aceptación
A.9	Hoja de planificación	Relación de órdenes de trabajo de acuerdo con una prioridad dada	Fecha (edición) Código e identificación del elemento Periodo planificado (desde/hasta) Relación de órdenes de trabajo clasificadas incluyendo: – número; – fecha prevista; – reclamación/causal); – elemento (nivel inferior).
A.10	Hoja de programación	Planificación de órdenes de trabajo y asignación del calendario de los trabajos en un periodo dado. Se obtiene mediante la asignación de los recursos disponibles al conjunto de órdenes de trabajo pendientes	Fecha (edición) Código e identificación del elemento Periodo de planificación (desde/hasta) Relación de órdenes de trabajo clasificadas incluyendo: – número; – fecha de comienzo; – tiempo previsto; – reclamación-causal); – elemento (nivel inferior); – recursos requeridos por la orden de trabajo.
A.21	Fichero de especialidades y formación del personal	Hoja de datos de personal.	Formación básica Historial profesional Programas de formación Conocimientos específicos Títulos profesionales oficiales

Realizado Por: German Llamuca

Fuente: (AENOR, 2009)

3.4.7 Determinar acciones de mantenimiento para el grupo Electrónico

Se establecieron las acciones a ejecutarse, a base de los datos obtenidos de cada análisis, buscando la mejora continua, esto permite mejorar la estrategia de mantenimiento por cada componente del sistema objeto de estudio.

3.4.8 Revisión

Se hizo un repaso de toda la documentación generada durante la ejecución del plan de tal modo que fortalezca la gestión de este, buscando alternativas para un mejor desempeño del sistema.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS

4.1 REALIZAR UN DIAGNÓSTICO TÉCNICO DEL GENERADOR Y MOTOR DIESEL REALIZANDO MEDIDAS DE VIBRACIONES CON EL SISTEMA EN VACÍO Y APLICANDO CARGA.

4.1.1 Ficha Técnica Del Equipo

Dentro del proceso de levantamiento de información, el Hospital no contaba con esta información por lo que se recurrió al equipo y a la investigación en casas comerciales, a pesar de ser un generador con algunos años de vida, sin embargo, se pudo obtener la información esencial para poder iniciar con el establecimiento de la función y contexto operacional.

INSTITUCIÓN:	HOSPITAL SAN JUAN			
DIRECCION:	Av. Jose Veloz & Los Sauces			
AREA:	Cuarto de Máquinas			
SISTEMA:	Generación Eléctrica			
EQUIPO:	Generador Eléctrico			
DATOS DEL EQUIPO				
DESCRIPCIÓN	DATO	UNIDAD	FOTOGRAFÍA	
MODEL	GEP65-3			
SERIAL NUMBER	OLY00000VRPF10457			
YEAR OF MANUFACTURE	2005			
RATED POWER - STAND BY	75	KVA		
	60	KW		
	0.8	COS Ø		
RATED VOLTAGE	220/147	V		
PHASE	3	FASE		
RATED FREQUENCY	60	Hz		
RATED CURRENT	197	A		
RATED R.P.M	1800	RPM		
MAXIMUM ALTITUDE	152,4	M		
MAXIMUM AMBIENT TEMPERATURE	27	°C		
SALES ORDER REFERENCE	148275/10			
ALTERNADOR CONECTION	P STAR			
RATING ISO 8528-3	PR 500H TLO 875			
CUERPO DEL ALTERNADOR	IP23			
INSULATION CLASS	H			
EXITATION VOLTAGE	29	V		
EXITATION CURRENT	1	A		
A.V.R	R230/A			
CONTEXTO OPERACIONAL				
<p><i>El grupo electrógeno trabaja a una potencia de 55 KVA, con una tensión nominal de 220V trifásicos a una velocidad de 1800 rpm, a una frecuencia de 60 Hz y cuenta con un factor de potencia de 0.8.</i></p>				
AREAS CUBIERTAS				
PLANTA BAJA	PRIMERA PLANTA	SEGUNDA PLANTA	TERCERA PLANTA	
Información	Hospitalización	Hospitalización	Cuidados Paleativos	
Emergencia	Quirófano	UCI	Hospital del Dia	
Sala de Ecos			Oficinas- Gerencia	
Sala de rayos X				
Tomografía				
Fisioterapia				
Laboratorio				
Nutrición				

Figura 1-4: Ficha técnica

Fuente: Autor

4.1.2 Sectores de alimentación de la empresa eléctrica y el grupo electrógeno

Considerando todos los servicios que presta el Hospital, se requiere que la infraestructura funcione en cualquier momento, como por ejemplo los quirófanos, emergencias, imagenología ya que son áreas críticas y a estos se suman otras.

Revisando la información del Hospital se determinó las siguientes áreas que son alimentadas por la empresa eléctrica y el grupo electrógeno:

Tabla 1-4: Distribución de áreas de alimentación del generador

PLANTA BAJA
INFORMACIÓN
EMERGENCIA
SALA DE ECOS
SALA DE RAYOS X
TOMOGRAFÍA
FISIOTERAPIA
LABORATORIO
NUTRICIÓN
PRIMERA PLANTA
HOSPITALIZACIÓN
QUIRÓFANO
SEGUNDA PLANTA
HOSPITALIZACIÓN
UCI
TERCERA PLANTA
CUIDADOS PALEATIVOS
HOSPITAL DEL DÍA
OFICINAS-GERENCIA

Realizado Por: German Llamuca

Fuente: Hospital San Juan

En base a esto y a un estudio de carga realizado por la empresa eléctrica se pudo constatar que el consumo de carga llega a 55 KVA, dato importante que define el siguiente punto.

4.1.3 Contexto operacional del equipo

El generador tiene como función:

Convertir la energía mecánica en energía eléctrica, por medio de un campo magnético formado en las bobinas del alternador, produciendo electricidad, se constituye de dos elementos importantes, los cuales ayudan a ejecutar su función principal, estos son: rotor y estator.

Trabajar a una potencia de 55 KVA, con una tensión nominal de 220V trifásicos a una velocidad de 1800 rpm, a una frecuencia de 60 Hz y cuenta con un factor de potencia de 0.8.

La unidad de generación del Hospital San Juan cuenta con un Grupo Electrónico asincrónico que opera a una temperatura ambiente de 27 °C.

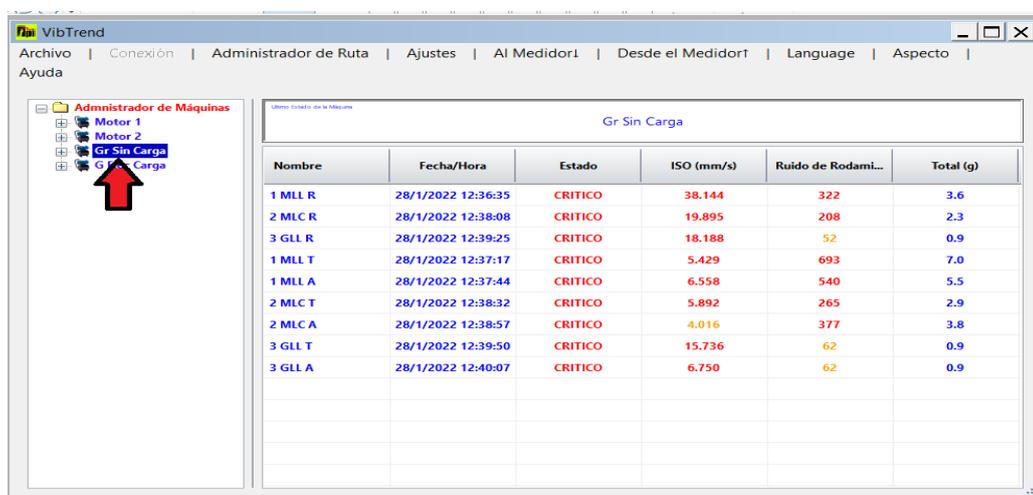
4.1.4 *Mantenimientos aplicados*

EL hospital no cuenta con registros de las actividades de mantenimiento que se han realizado al motor de forma frecuente, lo que se pudo recolectar fueron actividades que con muy poca frecuencia se las realizaba y son; revisión de niveles y limpieza del cuarto de máquinas.

Es por ello que el equipo no ha recibido un mantenimiento óptimo, sin realizar pruebas de funcionamiento quincenal, como es aconsejado en este tipo de equipos, y las veces que ha entrado a funcionar lo ha hecho con ciertos inconvenientes incluyendo paradas imprevistas y alta vibración de la cimentación.

4.1.5 *Diagnóstico técnico del motor y acople del generador*

Se realizó el análisis de vibraciones en 3 diferentes puntos en el generador ubicados en los elementos rodantes y en cada punto se tomó las medidas en tres direcciones, radial, axial y tangencial, bajo dos condiciones, la primera sin carga, es decir las instalaciones del Hospital no se alimentan con la energía del generador, y la segunda con carga, es decir, conectando los consumidores del Hospital. Para el análisis e interpretación de resultados se empleó el software VibTrend. De los puntos tomados se obtuvieron los siguientes espectros:



Nombre	Fecha/Hora	Estado	ISO (mm/s)	Ruido de Rodami...	Total (g)
1 MLL R	28/1/2022 12:36:35	CRITICO	38.144	322	3.6
2 MLC R	28/1/2022 12:38:08	CRITICO	19.895	208	2.3
3 GLL R	28/1/2022 12:39:25	CRITICO	18.188	52	0.9
1 MLL T	28/1/2022 12:37:17	CRITICO	5.429	693	7.0
1 MLL A	28/1/2022 12:37:44	CRITICO	6.558	540	5.5
2 MLC T	28/1/2022 12:38:32	CRITICO	5.892	265	2.9
2 MLC A	28/1/2022 12:38:57	CRITICO	4.016	377	3.8
3 GLL T	28/1/2022 12:39:50	CRITICO	15.736	62	0.9
3 GLL A	28/1/2022 12:40:07	CRITICO	6.750	62	0.9

Figura 2-4: Análisis Vibracional Grupo Electrónico sin carga

Fuente: Software VibTrend

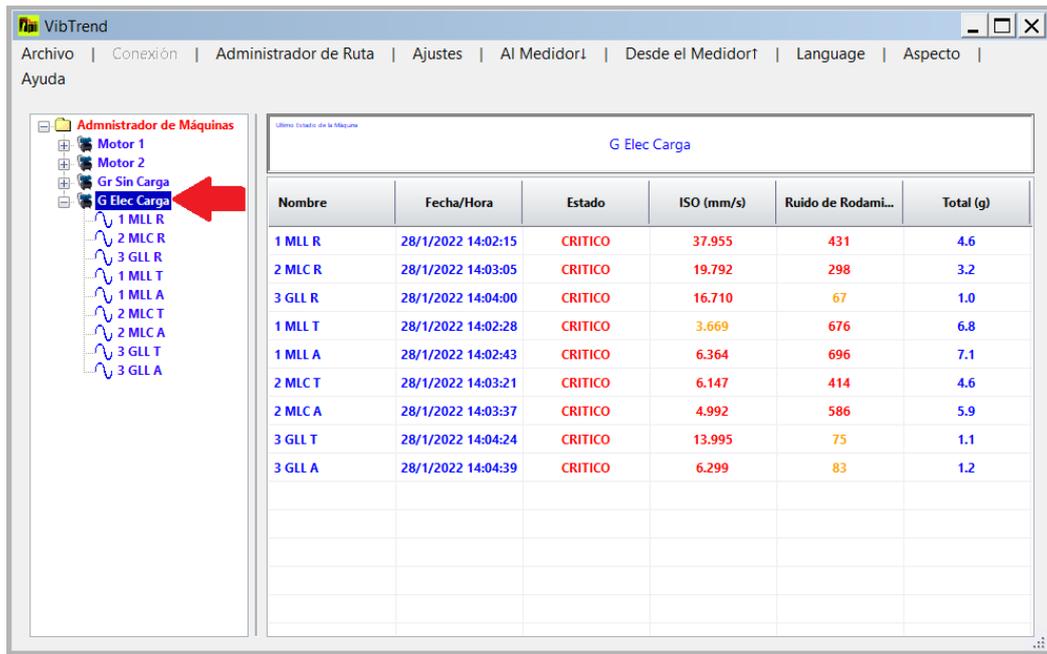


Figura 3-4: Análisis Vibracional Grupo Electrogénico con carga

Fuente: Software VibTrend

Los resultados del análisis de vibraciones se encuentran en la sección de ANEXOS, sin embargo, podemos mencionar que el equipo ha mostrado problemas de:

- Desbalanceo de Ventilador del MCI.
- Ovalamiento y excentricidad de las poleas.
- Desgaste en los Rodamientos del Generador.

Estos resultados son los que se deben gestionar para así eliminar estas condiciones de funcionamiento anormales dentro del equipo.

Las recomendaciones para eliminar estos inconvenientes son:

- Balancear ventilador del MCI.
- Chequear poleas por Ovalamiento y Excentricidad
- Programar Cambio de Rodamientos del Generador
- Realizar un plan de mantenimiento preventivo, lubricación de rodamientos, limpieza, chequeo general de los componentes externos.

4.2 DETERMINAR EL ESTADO DE LOS COMPONENTES DEL TABLERO DE TRANSFERENCIA AUTOMÁTICO POR MEDIO DE TERMOGRAFÍA INFRARROJA PARA ESTABLECER POSIBLES FALLAS OCULTAS EN LOS DISPOSITIVOS ELÉCTRICOS.

4.2.1 Descripción de los componentes del tablero de distribución:

El tablero de distribución se encuentra conformado por los siguientes elementos:

- 6 contactores
- Relés auxiliares
- Logo
- Fusibles y Porta fusibles
- Batería
- Cableado

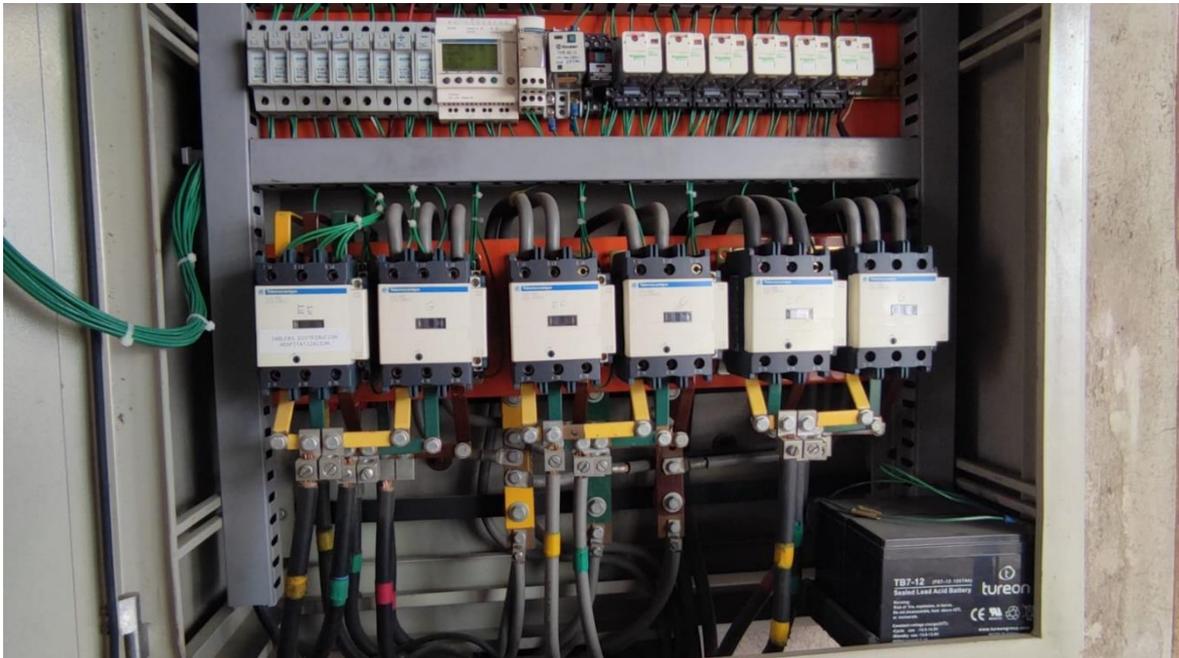


Figura 4-4: Tablero de distribución Hospital San Juan

Fuente: Autor

4.2.2 Contexto operacional del tablero de distribución

Transferir y distribuir la energía producida por el generador y la Empresa Eléctrica a todas las instalaciones eléctricas de tal manera que exista continuidad en el fluido eléctrico hacia las cargas del Hospital.

4.2.3 Mantenimiento aplicado al tablero de distribución

Al realizar la inspección, el personal de operación menciona que el sistema de arranque automático no está funcionando por lo que se procedió a realizar la inspección minuciosa de todo el circuito de control del Tablero de Transferencia Automática y del Generador completo encontrando las siguientes novedades:

- Presencia de polvo en el controlador LOGO Telemecanique así como en los relés de control de todo el circuito.
- El relé que activa el circuito automático para el arranque del generador no envía la señal de arranque para el encendido del generador, por lo que se procede a revisar y a verificar la bobina y los respectivos contactos, los mismos que se encuentran en buen estado, al parecer se quedó trabado por la vibración y el polvo.
- Se realiza la revisión del tablero de instrumentación y control perteneciente al generador, verificando que todo se encuentre en buen estado.
- Se realiza la limpieza completa del tablero de Transferencia Automática, así como del tablero de instrumentación del Generador y el apriete respectivo de todos los tornillos de los relés de control y de los contactores de potencia.
- El tablero de TRANSFERENCIA AUTOMÁTICA presenta problemas al no dejar pasar el Voltaje del Generador hacia la carga.
- El relé auxiliar para el accionamiento de los contactores que funcionan con el Generador no se activa, como consecuencia los contactores no se enclavan y no distribuye la energía a las cargas eléctricas del Hospital.
- El tablero de TRANSFERENCIA AUTOMÁTICA no se activa, aunque el Generador se enciende, el tablero no distribuye la carga de energía hacia el edificio del Hospital.
- Se realiza la inspección minuciosa de todo el circuito de control y de potencia del Tablero de Transferencia.
- El problema principal es de un relé auxiliar de control que activa el contactor de carga del edificio para Hospitalización.
- Se realiza el cambio de ese relé auxiliar de la misma marca (Schneider-Telemecanique).
- Como los demás relés auxiliares (en total 6 relés) tienen el mismo tiempo de funcionamiento a pesar de que se encuentran funcionando, pueden presentar la misma falla en cualquier momento y se procede a realizar el cambio de todos los relés auxiliares.
- Se realiza un diagrama eléctrico de las conexiones generales del tablero de transferencia para futuras revisiones porque no se cuenta con un manual y diagrama eléctrico.

- Se realiza las pruebas de funcionamiento en vacío y con carga y el tablero ya se encuentra en condiciones normales para trabajar en modo manual y automático

En el tablero de distribución han sucedido toda esta lista de inconvenientes y otros que no han sido registrados, pero si descubiertos, con todo esto se ha realizado tareas como, ajustes, cambio de elementos, entre otros.

4.2.4 Diagnóstico técnico del tablero de distribución

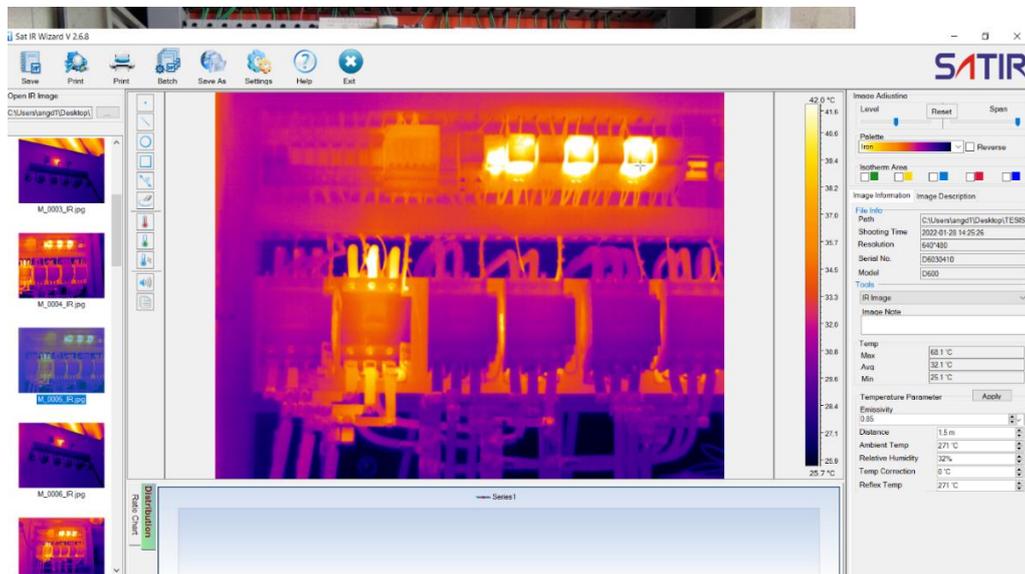


Figura 5-4: Termograma de Tablero de distribución Hospital San Juan funcionando Generador
Fuente: Autor

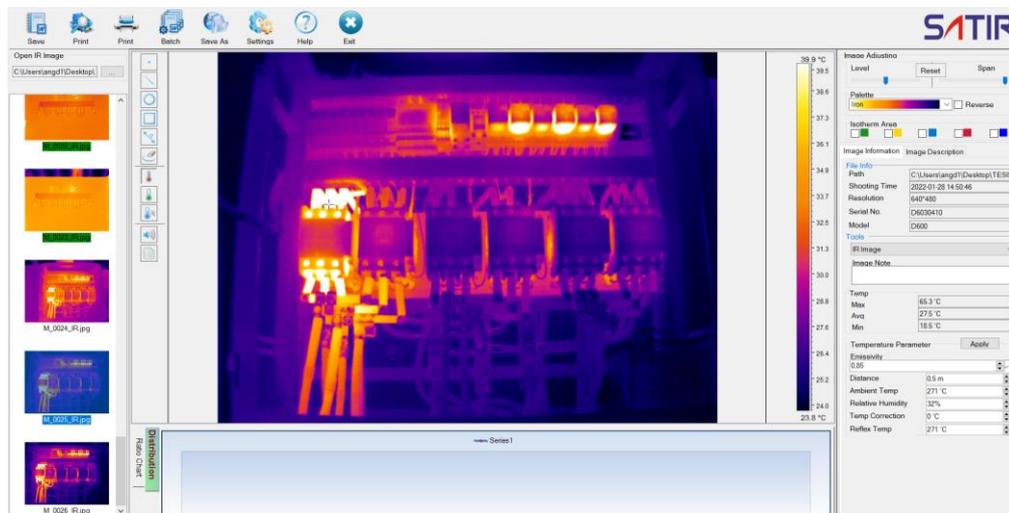


Figura 6-4: Termograma de tablero de distribución Hospital San Juan EERSA.
Fuente: Autor

Se realizaron los Termogramas con las mismas condiciones del generador, con carga y sin carga, en estos Termogramas se evidencia el funcionamiento de los contactores y los relés que funcionan con el generador, se detectaron anomalías como contactos flojos, cables sobre cargados, elementos dañados, que si se descuidan pueden provocar un accidente, adicional se pudo observar que los relés funciona a una temperatura promedio de 62 °C dato que nos sirve de referencia para considerar el cambio de los relés en el tablero.

Con estas detecciones se establecieron medidas correctivas, así como también se definieron algunas actividades de mantenimiento para el plan de mantenimiento que se llevó a cabo en el grupo electrógeno, que se ven desarrolladas más adelante.

Los informes que sustentan este diagnóstico se encuentran en los anexos del presente documento.

4.3 ESTABLECER EL PLAN DE MANTENIMIENTO LAS TAREAS CORRECTIVAS Y PREVENTIVAS A REALIZARSE EN EL GRUPO ELECTRÓGENO DE EMERGENCIA LUEGO DE HABER REALIZADO EL DIAGNÓSTICO TÉCNICO.

Para poder establecer el plan de mantenimiento basado en la condición del grupo electrógeno, se consideró la norma ISO 17359, en donde se despliegan una lista de pasos que se deben seguir para poder establecer este plan, para ello se empleó:

4.4.1 Análisis costo beneficio del plan

Es importante reconocer que para el diseño e implementación de un plan de mantenimiento es necesario identificar el monto total que le costará al Hospital dicha implementación, con ello se establecen también actividades que se requirieron del personal propio del hospital y el personal externo y especializado para estos trabajos.

Para la ejecución de las actividades de mantenimiento se estableció un presupuesto en base a los repuestos y la mano de obra, específicamente del servicio externo y especializado, teniendo como resultado que la ejecución del plan requiere de un monto total y anual de: **\$7.740,00 (SIETE MIL SETECIENTOS CUARENTA CON 00/100 DÓLARES)**.

En base a la norma **BS EN 15341:2019**, se han considerado algunos indicadores ya que aún no cuentan con mayor cantidad de información, sin embargo, se van estableciendo bases para una gestión del mantenimiento del equipo.

Entre los indicadores se consideraron ciertas funciones y subfunciones como son:

- Gestión del mantenimiento: ESTRATEGIA

- Ingeniería de mantenimiento: MANTENIMIENTO PREVENTIVO, MEJORAS DE ING.
- Administración y abastecimiento: CONTROL DE PRESUPUESTO, SERVICIOS EXTERNOS

4.4.1.1 Estrategia

Tabla 2-4: KPI Estrategia de mantenimiento

KPI	DEFINICIÓN Y CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES	MÉTODO DE EVALUACIÓN. EJEMPLOS Y DEFINICIONES
MI Madurez de la función de mantenimiento	VOTOS DE MÉRITO Alto = 5 Medio = 4 Suficiente = 3 Insuficiente = 2 Pobre = 1	MODELOS DE MANTENIMIENTO EJEMPLOS DE EVOLUCIÓN Grado de madurez establecido por auditorías de expertos en mantenimiento que proporciona un mérito cuantitativo o cualitativo (voto) para cada sitio, plantas, empresa, etc. en relación con situaciones existentes
		<ul style="list-style-type: none"> • REACTIVO Actividades basadas en acciones correctivas inmediatas o aplazadas y planificadas. Control basado en la efectividad
		<ul style="list-style-type: none"> • RACIONALIZADO Planificación y control, acciones preventivas y predeterminadas, control de eficiencia presupuestaria, mantenimiento externo, servicio abierto, almacenamiento de repuestos
		<ul style="list-style-type: none"> • PROACTIVO Análisis de criticidad, diagnóstico, FMECA preventivo en condición, optimización de interrupciones
		<ul style="list-style-type: none"> • MANTENIMIENTO DE CLASE MUNDIAL TPM, monitoreo predictivo y de condición, optimización de repuestos. RCM, organización lean, mejoras continuas. Servicio completo, Normas ISO y CEN
		<ul style="list-style-type: none"> • Software TECNOLÓGICO E INFORMATIZADO KPIs y Cockpit, RMAS, control remoto y mantenimiento de info-movilidad, servicio global
		<ul style="list-style-type: none"> • TIC INTEGRADAS Aplicación de tecnologías habilitadoras: Big data, máquina de aprendizaje, M2M, pronóstico

Realizado Por: German Llamuca

Fuente: (BSI, 2019)

4.4.1.2 Ingeniería de Mantenimiento

Tabla 3-4: KPI Ingeniería de Mantenimiento

KPI	FACTORES	DEFINICIONES Y NOTAS
E2 Incidencia de la ingeniería de mantenimiento	Costo de la ingeniería de mantenimiento	Ver economía del mantenimiento
	Coste total de mantenimiento	Véase M16
E5 MTBF: Tiempo Medio entre fallos (horas)	Tiempo total de funcionamiento	Ver registros de mantenimiento
	Número de fallos	Ver informes de mantenimiento
E6 MRT (tiempo medio de reparación) (%)	Tiempo total de reparación	Ver registros de mantenimiento de cada unidad
	Número de fallos	Ver informe de mantenimiento de cada unidad
E8 Tasa de fallos N°/Año	Número anual de fallos	Ver informes de mantenimiento
	Tiempo de funcionamiento anual	Ver informe de operación
E9 Tiempo de inactividad debido al mantenimiento correctivo (%)	Tiempo de inactividad debido al mantenimiento correctivo	Consulte los informes de mantenimiento y la norma EN 13306:2017, 7.4
	Tiempo de inactividad total debido a razones de mantenimiento	Ver informes de mantenimiento
E9 a) Mejora (%)	Tiempo de inactividad debido al trabajo de mejora	Ver informes de mantenimiento
	Tiempo de inactividad total debido a razones de mantenimiento	Ver informes de mantenimiento
E9 b) Mantenimiento correctivo inmediato (%)	Tiempo de inactividad debido al mantenimiento correctivo inmediato	Ver informes de mantenimiento
	Tiempo de inactividad total debido a razones de mantenimiento	Ver informes de mantenimiento
E9 c) Mantenimiento correctivo diferido (%)	Tiempo de inactividad total debido al mantenimiento	Ver informes de mantenimiento
	Tiempo de inactividad total debido a razones de mantenimiento	Ver informes de mantenimiento
E9 d) Mantenimiento programado	Tiempo total de inactividad debido al mantenimiento programado	Ver informes de mantenimiento

	Tiempo de inactividad total debido a razones de mantenimiento	Ver informes de mantenimiento
E9 e) Mantenimiento no programado	Tiempo de inactividad total debido a un mantenimiento no programado	Ver informes de mantenimiento
	Tiempo de inactividad total debido a razones de mantenimiento	Ver informes de mantenimiento
E10 Tiempo de inactividad debido al mantenimiento basado en la condición (%)	Tiempo de inactividad debido al mantenimiento basado en la condición	Ver informes de mantenimiento
	Tiempo de inactividad total debido a razones de mantenimiento	Ver informes de mantenimiento
E11 Tiempo de inactividad debido a un mantenimiento predeterminado (%)	Tiempo de inactividad debido al mantenimiento predeterminado	Ver informes de mantenimiento
	Tiempo de inactividad total debido a razones de mantenimiento	Ver informes de mantenimiento
E12 Tiempo de inactividad debido al mantenimiento preventivo (%)	Tiempo de inactividad debido al mantenimiento preventivo	Ver registros de mantenimiento
	Tiempo de inactividad total relacionado con razones de mantenimiento	Ver registros de mantenimiento

Realizado Por: German Llamuca

Fuente: (BSI, 2019)

4.4.1.3 Administración y abastecimiento

Tabla 4-4: KPI Administración y abastecimiento

KPI	FACTORES	DEFINICIONES Y NOTAS
A&S1 Costo relativo de mantenimiento (%)	Costes totales de mantenimiento	Ver M15
	Valor de sustitución de activos	Ver registros económicos
A&S5 Coste de mantenimiento externo por hora (Euro/Hora)	Costo de mantenimiento externo (precio total de mantenimiento externo + costos fijos asignados de organización interna sobre el precio)	Costo total por hora, incluida toda la supervisión interna y otros costos fijos unitarios asignados. Ver libros de contabilidad industrial
	Horas-hombre trabajadas por mantenimiento externo	Ver acuerdos contractuales anuales

Realizado Por: German Llamuca

Fuente: (BSI, 2019)

Estos son los Indicadores seleccionados en base a la norma BS-EN 15341:2019, se definieron aquellos debido al compromiso por parte del Hospital de la obtención de los datos para una mejor gestión del plan de mantenimiento a ejecutarse en el tiempo.

4.4.2 Auditoria del equipo dentro del proceso

En cuanto a una auditoría del equipo, cabe mencionar que se pudo identificar el contexto operacional del equipo, que dice:

Abastecer de energía eléctrica al Hospital San Juan con una potencia de 55 KVA, a una tensión nominal de 220V trifásicos con una frecuencia de 60 hz y un factor de potencia de 0.8.

Sin embargo, hay que señalar que el equipo no cuenta con una documentación de mantenimiento como planes, fichas técnicas, manuales, historial, por lo que se propuso y elaboró estos documentos para el mejor manejo de información.

4.4.3 Auditoria de confiabilidad y criticidad del grupo electrógeno

Considerando el funcionamiento del sistema se pudo esquematizar de la siguiente manera:



Figura 7-4: Diagrama de bloques del funcionamiento de sistema de abastecimiento de energía
Fuente: Germán Llamuca

Como se evidencia, cuando se trata de equipos auxiliares estos entran a funcionar una vez que el equipo principal falla o entra en mantenimiento, con el fin de sustituir al equipo principal por un periodo de tiempo.

En este caso el Grupo electrógeno es un equipo muy importante en un hospital, ya que pasa a energizar las instalaciones del hospital, y es considerado Crítico ya que para mantenimiento es de vital importancia prestarle atención a este equipo y garantizar su disponibilidad.

4.4.4 Selección de estrategia de mantenimiento con AMEF para el grupo electrógeno

Para determinar las mejores estrategias para el sistema se consideraron ciertos aspectos dentro de su funcionamiento y datos entregados por la administración del Hospital y personal técnico

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS (A.M.F.E.)																
AMFE DE PROYECTO ()		AMFE DE PROCESO ()		DENOMINACION DEL COMPONENTE / PARTE DEL PROCESO				CODIGO DE IDENTIFICACION DEL COMPONENTE				Hoja:				
NOMBRE Y DPTO. DE LOS PARTICIPANTES Y/O PROVEEDOR:				COORDINADOR: (Nombre / Dpto.)				MODELO/SISTEMA/FABRICACION				FECHA DE INICIO: FECHA REVISION:				
OPERACIÓN O FUNCIÓN	COMPONENTE	FALLO Nro	FALLOS POTENCIALES			ESTADO ACTUAL				ACCION CORRECTORA	RESPONSABLE/PLAZO	SITUACION DE MEJORA				
			MODOS DE FALLO	CAUSAS DEL MODO DE FALLO	EFECTOS	MEDIDAS DE ENSAYO Y CONTROL PREVISTAS	F	G	D			IPR	ACCIONES IMPLANTADAS	F	G	D
MOTOR DE COMBUSTION		1.1	El motor no se pone en marcha	Selector de encendido en posición incorrecta	Tiempo de operación perdido	NINGUNA	2	10	1	20	Revisión del sistema de encendido	TEC. DE MANTENIMIENTO - CONTRATADO				
		1.2		Pulsador de emergencia presionado	Tiempo de operación perdido	NINGUNA	2	10	1	20	Revisión del sistema de encendido	TEC. DE MANTENIMIENTO - CONTRATADO				
		1.4		Unidad de control motor o llave de arranque	Ruido, tiempo de operación perdido	NINGUNA	2	6	2	24	Revisión del sistema de encendido	TEC. DE MANTENIMIENTO - CONTRATADO				
		1.5		Batería descargada	Generador sin operar	NINGUNA	2	10	4	80	Revisar carga de batería	TEC. DE MANTENIMIENTO - CONTRATADO				
		1.6		Terminales de los cables de la batería aflojados o	Cuido, temperatura, ruido	NINGUNA	6	10	8	480	Limpieza y Ajuste de terminales	TEC. DE MANTENIMIENTO - CONTRATADO				
		1.7		Motor de arranque defectuoso	Ruido, tiempo de operación perdido, vibración, temperatura	NINGUNA	2	10	10	200	Monitoreo de motor de arranque	TEC. DE MANTENIMIENTO - CONTRATADO				
		1.8		Falta de carburante o presencia de aire en el circuito de alimentación	Ruido, vibración	NINGUNA	1	8	6	48	Revisión del sistema de alimentación de combustible	TEC. DE MANTENIMIENTO - CONTRATADO				
		1.9		Avería en el circuito de alimentación: bomba defectuosa, inyector bloqueado	Ruido, vibración, tiempo sin generar	NINGUNA	5	9	10	450	Monitoreo de circuito de alimentación; Análisis Vibracional	TEC. DE MANTENIMIENTO - CONTRATADO				
		1.10		Filtro de aire o carburante atascados	Ruido, vibración	NINGUNA	5	10	8	400	Cambio de Filtros	TEC. DE MANTENIMIENTO - CONTRATADO				
		1.11		Dispositivo de parada del motor defectuoso	Incremento de temperatura en sistema eléctrico	NINGUNA	2	9	3	54	Revisión de sistema de encendido y apagado	TEC. DE MANTENIMIENTO - CONTRATADO				
		1.12		Filtro aire o carburante atascados	Ruido, vibración, incremento de temperatura	NINGUNA	5	8	8	320	Cambio de Filtros	TEC. DE MANTENIMIENTO - CONTRATADO				
		1.13		Avería en el circuito de alimentación: bomba defectuosa, inyector bloqueado	Ruido, vibración, incremento de temperatura	NINGUNA	5	7	10	350	Monitoreo de circuito de alimentación; Análisis Vibracional	TEC. DE MANTENIMIENTO - CONTRATADO				
		1.14		Nivel de aceite demasiado alto.	Fugas, Vibración	NINGUNA	3	7	8	168	Revisión de nivel de aceite	TEC. DE MANTENIMIENTO - CONTRATADO				
		1.15		Regulador de velocidad del motor defectuoso	Vibración, ruido	NINGUNA	3	8	5	120	Monitoreo del regulador y posterior acción	TEC. DE MANTENIMIENTO - CONTRATADO				
		1.16		Filtro aire atascado.	Ruido, vibración incrementada temperatura en elementos, ruido,	NINGUNA	5	6	8	240	Cambio de Filtros	TEC. DE MANTENIMIENTO - CONTRATADO				
		1.17		Humo negro	Sobrecarga	NINGUNA	5	7	8	280	Monitoreo de Carga	TEC. DE MANTENIMIENTO - CONTRATADO				

Figura 8-4: AMEF Grupo electrógeno.

Fuente: Germán Llamuca

En la imagen se puede evidenciar el análisis del sistema, a esto se le consideró el riesgo de cada causa de fallo para asignar cierta prioridad y reflejar que es necesario atender causas de fallo que pueden ser eliminadas o controladas por un monitoreo de la condición.

Considerando lo expuesto, según el nivel de riesgos los fallos potenciales y las tareas quedan de la siguiente manera:

CAUSAS DEL MODO DE FALLO	EFFECTOS	F	G	D	IPR	ACCIÓN CORRECTORA
Cables sueltos	Incremento de temperatura	6	10	10	600	Revisión de cableado
Contactores o relés sobrecargados	Incremento de temperatura, ruido	6	10	10	600	Monitoreo de Contactores; parametros electricos y termografía
Inyectores sucios o defectuosos	Ruido, presencia de humo negro	6	9	10	540	Limpieza de inyectores
Terminales de los cables de la batería aflojados o	Oxido, temperatura, ruido	6	10	8	480	Limpieza y Ajuste de terminales
Avería en el circuito de alimentación: bomba defectuosa, inyector bloqueado	Ruido, vibración, tiempo sin generar	5	9	10	450	Monitoreo de circuito de alimentación; Análisis Vibracional
Contactos inseguros	Incremento de temperatura	5	9	10	450	Revisión de contactos
Terminales de los cables de la batería aflojados o	Incremento de temperatura	7	9	7	441	Monitoreo de terminales
Inyectores defectuosos. Bomba inyección	Ruido, vibración, incremento de temperatura	6	7	10	420	Monitoreo de Inyectores y bomba de combustible
Filtro de aire o carburante atascados	Ruido, vibración	5	10	8	400	Cambio de Filtros
Insuficiente suministro de carburante, impurezas o agua en el circuito de	Incremento de temperatura vibración	5	8	10	400	Limpieza de circuito de alimentación
Desbalance de carga	Incremento de temperatura	4	9	10	360	Monitoreo de cargas; parámetros eléctricos y termografía
Contactores averiados	Incremento de temperatura, ruido	5	8	9	360	Monitoreo de Contactores; parametros electricos y termografía
Avería en el circuito de alimentación: bomba defectuosa, inyector bloqueado	Ruido, vibración, incremento de temperatura	5	7	10	350	Monitoreo de circuito de alimentación; Análisis Vibracional
Segmentos y/o cilindros desgastados.	Vibración, ruido, incremento de temperatura	5	7	10	350	Monitoreo de cilindros, análisis Vibracional
Filtro aire o carburante atascados	Ruido, vibración, incremento de temperatura	5	8	8	320	Cambio de Filtros
Filtro aire atascado.	Ruido, vibración	5	8	8	320	Limpieza o cambio de filtro
Cables sueltos	Incremento de temperatura	4	10	8	320	Monitoreo de cableado y corrección
Relés quemados	Incremento de temperatura	6	10	5	300	Monitoreo de relés
Bomba de aceite defectuosa		4	8	9	288	Cambio de bomba
Breaker principal defectuoso	Incremento de temperatura	4	9	8	288	Cambio de breaker principal
Sobrecarga	Incremento de temperatura en elementos, ruido,	5	7	8	280	Monitoreo de Carga
Filtro aceite atascado.	Ruido, vibración	5	7	8	280	Cambio de Filtros
Filtro aire atascado.	Ruido, vibración	5	6	8	240	Cambio de Filtros
Intervención protección por sobrecarga.	Incremento de temperatura, ruido	6	8	5	240	Monitoreo de Elementos; termografía
Inyectores defectuosos. Bomba inyección	Ruido, vibración	3	7	10	210	Monitoreo de Inyectores y Bomba

Figura 9-4: Actividades según el riesgo.

Fuente: Germán Llamuca

4.4.5 Selección de métodos de monitoreo

En base al AMFE se evidencia que hay actividades que se pueden llevar a cabo con un monitoreo adecuado, de tal manera que evite el fallo del equipo al momento de que este entre a funcionar.

Los métodos que se emplearán para el monitoreo de elementos será el Análisis Vibracional y la termografía, ya que presenta una facilidad el Hospital para realizar estos monitoreos.

Se los ha considerado debido a que el presupuesto de mantenimiento puede cubrir estos trabajos y evitar inconvenientes con el funcionamiento del generador cuando sea necesario.

4.4.6 Adquisición de datos y análisis de información

Se elaboraron los siguientes formatos para que el Hospital empiece a llevar un registro con la planificación de mantenimiento para el Sistema de Generación y para futuros equipos, de modo que sea sencilla la gestión documental.

HOSPITAL SAN JUAN	
FICHA TÉCNICA	
Equipo:	
Sistema:	
Fabricante:	
Fecha de fabricación:	
Modelo:	
Código:	
Nro de serie:	
Dimensiones	
Peso:	
Capacidad:	
Potencia:	
Revoluciones:	

FOTOGRAFÍA

ESPECIFICACIONES DE MONTAJE:

Cimentación:	
Área de cuarto:	
Ubicación:	
Instalaciones especiales:	

Figura 10-4: Formato de ficha técnica Norma EN 13460:2009.

Fuente: Germán Llamuca

HOSPITAL SAN JUAN						
REGISTRO HISTORICO DE MANTENIMIENTO						
Código:					Área:	
Elemento:					Sistema:	
Fecha:						
Número OT	Fecha	Reclamación/causa	Pieza que falla	Horas de trabajo del elemento	Fechas de registro /apertura/ cierre	Costo del servicio cubierto por la orden de trabajo

Figura 11-4: Registro histórico de mantenimiento Norma EN 13460:2009.
Fuente: Germán Llamuca

HOSPITAL SAN JUAN			
ORDEN DE TRABAJO			
Nro. OT:		Fecha de Emisión:	
Solicitante:		Fecha de Apertura:	
Código del elemento:		Fecha de Cierre:	
Ubicación del elemento:		Horas de operación:	
Tipo de Mantenimiento:		Prioridad:	
Reglamentos de seguridad y medioambientales:		Frecuencia:	
Última vez		Sistema:	
Fotografía del equipo			
Estimación de recursos:			
Anomalía:		Parte defectuosa	
Causa del fallo		Código del procedimiento técnico	
Descripción de la intervención		Cantidad de mano de obra	
Referencia de repuestos.		Cantidad de repuestos	
TRABAJO EXTERNO			
Mano de obra externa		Repuestos externos	
APRUEBA		REVISA	

Figura 12-4: Orden de trabajo Norma EN 13460:2009
Fuente: Germán Llamuca

Cabe mencionar que esta recolección de datos e información debe seguir un proceso adecuado para no dejar pasar cualquier información importante y de esa manera incrementar la base de datos que se pretende estructurar en el Hospital.

4.4.7 Determinar acciones de mantenimiento para el grupo *Electrógeno*

Las actividades de mantenimiento consideradas para el grupo electrógeno según la prioridad se detallan a continuación.

TABLERO DE TRANSFERENCIA	DIARIO	SEMANAL	MENSUAL	200 H	500 H	1000 H	1500 H	3000 H	40000 H	1 AÑO
Limpieza superficial y alrededores	X									
Encendido manual y verificación de funcionamiento sin carga		X								
Encendido manual y verificación de funcionamiento con carga			X							
Revisión de abastecimiento de energía de ingreso		X								
Revisión de contactos del tablero de transferencia		X								
Medición de voltaje y consumo de corriente			X							
Limpieza profunda y Ajuste de terminales del tablero de transferencia			X							
Monitoreo de Contactores; parametros electricos y termografía					X					
Medición de voltajes del cargador de batería del tablero de transferencia			X							
Cambio de baterías del tablero de transferencia										X
Cambio de relés schneider										X
Revisión de dispositivo de regulación de tensión		X								
Revisión de programación										X

GENERADOR	DIARIO	SEMANAL	MENSUAL	200 H	500 H	1000 H	1500 H	3000 H	40000 H	1 AÑO
Revisión de cableado de control del generador al tablero de transferencia		X								
Revisión y ajustes de la bornera del generador						X				
Revisión y limpieza del módulo AVR y circuitos electrónicos										
Revisión y ajustes del tablero de instrumentación del generador										
Limpieza y lubricación de los rodamientos del generador										X
Cambio de rodamientos del generador									X	
Limpieza, megado y barnizado de las bobinas del generador										X

MOTOR DE COMBUSTIÓN	DIARIO	SEMANAL	MENSUAL	200 H	500 H	1000 H	1500 H	3000 H	40000 H	1 AÑO
Revisión de encendido y apagado		X								
Revisión de conectores del sistema eléctrico		X								
Revisión del tablero de fusibles del sistema eléctrico		X								
Revisión de nivel de aceite, refrigerante y combustible		X								
Revisar carga de batería del generador					X					
Revisión del sistema de alimentación de combustible			X							
Revisión de sistema de ventilación			X							
Limpieza del filtro de aire			X							
Cambio de Filtros de aire, aceite y combustible										X
Cambio de banda de distribución					X					
Revisar excentricidad en las poleas						X				
Balancear el ventilador del motor de combustión interna									X	
Mantenimiento al motor de arranque						X				
Cambio de bomba de refrigerante										X
Mantenimiento de Inyectores y bomba de combustible								X		
Mantenimiento del alternador								X		
Monitoreo por Análisis Vibracional										X

Figura 13-4: Actividades de mantenimiento para Grupo Electrónico

Fuente: Germán Llamuca

4.4.8 Revisión

Se considera lo que menciona la norma EN 13460:2009 para poder revisar y generar el soporte documental adecuado para el sistema, esta norma señala el siguiente flujo:

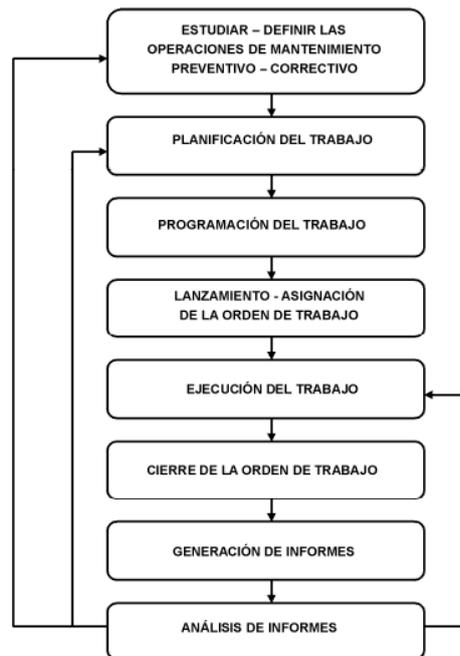


Figura 14-4: Proceso de gestión documental

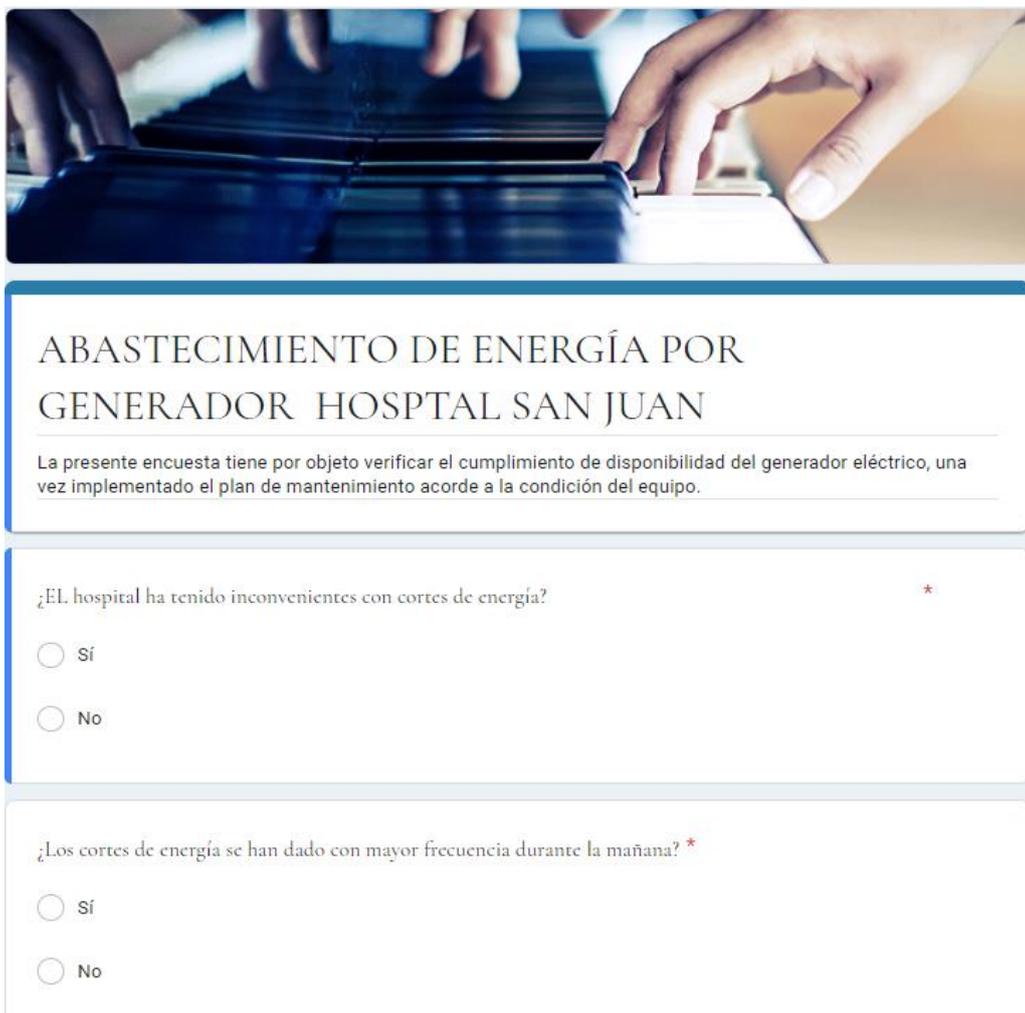
Fuente: (AENOR, 2009)

Con este proceso se considera la revisión de todos los datos adquiridos en forma físico y con ello se procede a buscar puntos de mejora con la gestión del Mantenimiento del Grupo Electrónico.

4.5 Comprobación de Hipótesis

Para la comprobación de la Hipótesis se procede a realizar encuestas de satisfacción al personal administrativo y personal de mantenimiento del Hospital, ya que son ellos quienes operan, mantienen y administran el sistema, con los resultados se procede al análisis por medio del Software SPSS 26 el cual entrega valores muy precisos recolectados de la encuesta.

La encuesta fue elaborada por medio de la aplicación FORMULARIOS de Google y enviada por enlace a todo el personal, posteriormente se trasladó esos datos al software para su análisis y se procede a la interpretación de estos a continuación:



The image shows a screenshot of a Google Form. At the top, there is a header image showing hands typing on a keyboard. Below the image, the form title is "ABASTECIMIENTO DE ENERGÍA POR GENERADOR HOSPITAL SAN JUAN". Under the title, there is a description: "La presente encuesta tiene por objeto verificar el cumplimiento de disponibilidad del generador eléctrico, una vez implementado el plan de mantenimiento acorde a la condición del equipo." The form contains two questions, each with two radio button options: "¿El hospital ha tenido inconvenientes con cortes de energía?" and "¿Los cortes de energía se han dado con mayor frecuencia durante la mañana?".

ABASTECIMIENTO DE ENERGÍA POR GENERADOR HOSPITAL SAN JUAN

La presente encuesta tiene por objeto verificar el cumplimiento de disponibilidad del generador eléctrico, una vez implementado el plan de mantenimiento acorde a la condición del equipo.

¿El hospital ha tenido inconvenientes con cortes de energía? *

Sí

No

¿Los cortes de energía se han dado con mayor frecuencia durante la mañana? *

Sí

No

Figura 15-4: Encuesta Google

Fuente: Google



Figura 16-4: Cantidad de encuestas obtenidas de Google

Fuente: Google

Una vez adquiridos todos los datos se procede al ingreso de los mismos en el software para calcular las variables requeridas:

Nombre	Tipo	Anchura	Decimales	Etiqueta	Valores	Pérdidos	Columnas	Alineación	Medida	Rol
HSJ1	Númérico	8	0	¿El hospital ha tenido inconvenientes con cortes de energía?	{1, SI}...	Ninguna	8	Centro	Ordinal	Entrada
HSJ2	Númérico	8	0	¿Los cortes de energía se han dado con mayor frecuencia durante la mañana?	{1, SI}...	Ninguna	8	Centro	Ordinal	Entrada
HSJ3	Númérico	8	0	¿Los cortes de energía se han dado con mayor frecuencia durante las tardes?	{1, SI}...	Ninguna	8	Centro	Ordinal	Entrada
HSJ4	Númérico	8	0	¿Los cortes de energía se han dado con mayor frecuencia durante las noches?	{1, SI}...	Ninguna	8	Centro	Ordinal	Entrada
HSJ5	Númérico	8	0	¿El hospital cuenta con un sistema de generación eléctrica independiente?	{1, SI}...	Ninguna	8	Centro	Ordinal	Entrada
HSJ6	Númérico	8	0	¿El generador abastece de energía a todo el Hospital?	{1, SI}...	Ninguna	8	Centro	Ordinal	Entrada
HSJ7	Númérico	8	0	¿El generador alimenta quirófanos, UCI, servicio de imagenología incluyendo labor...	{1, SI}...	Ninguna	8	Centro	Ordinal	Entrada
HSJ8	Númérico	8	0	¿El generador ha presentado en ciertas ocasiones, inconvenientes para arrancar?	{1, SI}...	Ninguna	8	Centro	Ordinal	Entrada
HSJ9	Númérico	8	0	¿En las ocasiones que el generador ha estado funcionando, ha llegado a deteners...	{1, SI}...	Ninguna	8	Centro	Ordinal	Entrada
HSJ10	Númérico	8	0	¿Conoce usted, si el generador del Hospital cuenta con un plan de mantenimiento?	{1, SI}...	Ninguna	8	Centro	Ordinal	Entrada
HSJ11	Númérico	8	0	¿Considera que siempre es mejor prever inconvenientes con el generador impleme...	{1, SI}...	Ninguna	8	Centro	Ordinal	Entrada
HSJ12	Númérico	8	0	¿Esta de acuerdo con la implementación de un mantenimiento basado en la condi...	{1, SI}...	Ninguna	8	Centro	Ordinal	Entrada
HSJ13	Númérico	8	0	¿Han existido paros imprevistos del generador una vez que se implementó el plan ...	{1, SI}...	Ninguna	8	Centro	Ordinal	Entrada
HSJ14	Númérico	8	0	¿Una vez implementado el plan de mantenimiento, el generador a operado adecua...	{1, SI}...	Ninguna	8	Centro	Ordinal	Entrada
HSJ15	Númérico	8	0	¿Podría ud estar mas seguro de la operatividad del generador al momento que sea...	{1, SI}...	Ninguna	8	Centro	Ordinal	Entrada
HSJ16	Númérico	8	0	¿Cree que el plan de mantenimiento permitió incrementar la disponibilidad, confiab...	{1, SI}...	Ninguna	8	Centro	Ordinal	Entrada

Figura 17-4: Datos recolectados e ingresados en Software SPSS 26

Fuente: Software SPSS 26

Para el análisis el software calcula algunos parámetros estadísticos según el requerimiento, en este caso se ha calculado los siguientes parámetros:

Tabla 5-4: Resultados estadísticos de la encuesta

		Estadísticos															
		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16
N	Válido	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
	Pérdidos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Media		1,21	1,46	1,79	1,67	1,04	1,13	1	1,63	1,92	1,5	1,13	1,08	1,88	1,04	1,04	1
Error estándar de la media		0,09	0,1	0,085	0,098	0,04	0,07	0	0,101	0,06	0,1	0,07	0,06	0,069	0,04	0,04	0

Mediana	1	1	2	2	1	1	1	2	2	1,5	1	1	2	1	1	1
Moda	1	1	2	2	1	1	1	2	2	1 ^a	1	1	2	1	1	1
Desv. Desviación	0,4	0,5	0,41	0,48	0,2	0,3	0	0,49	0,2	0,5	0,3	0,2	0,33	0,2	0,2	0
	2	1	5	2	4	4	0	5	8	1	4	8	8	0,2	0,2	0
Varianza	0,1	0,2	0,17	0,23	0,0	0,1	0	0,24	0,0	0,2	0,1	0,0	0,11	0,0	0,0	0
	7	6	2	2	4	1	0	5	8	6	1	8	4	4	4	0
Asimetría	1,5	0,1	-	-	4,9	2,4		-	-	0	2,4	3,2	-	4,9	4,9	
	3	8	1,53	0,76		2		0,55	3,2	2	2	2	2,42			
Error estándar de asimetría	0,4	0,4	0,47	0,47	0,4	0,4	0,4	0,47	0,4	0,4	0,4	0,4	0,47	0,4	0,4	0,4
	7	7	2	2	7	7	7	2	7	7	7	7	2	7	7	7
Mínimo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Máximo	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1
Suma	29	35	43	40	25	27	24	39	46	36	27	26	45	25	25	24
Percentil	25	1	1	2	1	1	1	1	2	1	1	1	2	1	1	1
es	50	1	1	2	2	1	1	1	2	2	1,5	1	1	2	1	1
	75	1	2	2	2	1	1	1	2	2	2	1	1	2	1	1

Realizado Por: German Llamuca

Fuente: SOFTWARE SPSS 26

Interpretación por pregunta para medir el nivel de satisfacción del personal y usuarios del Hospital, durante el proceso de implementación del plan de mantenimiento basado en la condición propuesto por el presente proyecto:

¿El hospital ha tenido inconvenientes con cortes de energía?

Tabla 6-4: Resultados Pregunta 1

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	SI	19	79,2	79,2	79,2
	NO	5	20,8	20,8	100,0
	Total	24	100,0	100,0	

Realizado Por: German Llamuca

Fuente: SOFTWARE SPSS 26

I. Como se observa la primera pregunta está orientada a conocer acerca del abastecimiento de energía y saber si han existido cortes de energía, esta pregunta se va al año 2021 desde el planteamiento de este proyecto, en este caso se evidencia que el Hospital por mayoría ha considerado que han existido cortes de energía con un 79.2% del total de encuestados.

¿Los cortes de energía se han dado con mayor frecuencia durante la mañana?

Tabla 7-4: Resultados Pregunta 2

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	SI	13	54,2	54,2	54,2
	NO	11	45,8	45,8	100,0
	Total	24	100,0	100,0	

Realizado Por: German Llamuca

Fuente: SOFTWARE SPSS 26

II. En esta interrogante se pretende establecer en qué momento del día se han presentado los cortes de energía, en este caso, según las respuestas de los encuestados, manifiestan que los cortes se han dado en la mañana, respaldado por un 54,2% mientras que el 45,8% considera que no se han presentado cortes en la mañana, esto nos indica que, al parecer, existen cortes de energía en otro momento del día.

¿Los cortes de energía se han dado con mayor frecuencia durante las tardes?

Tabla 8-4: Resultados Pregunta 3

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	SI	5	20,8	20,8	20,8
	NO	19	79,2	79,2	100,0
	Total	24	100,0	100,0	

Realizado Por: German Llamuca

Fuente: SOFTWARE SPSS 26

III. En esta interrogante se pretende establecer en qué momento del día se han presentado los cortes de energía, en este caso, según las respuestas de los encuestados, manifiestan que los cortes se han dado por las tardes, respaldado por un 20,8% mientras que el 79,2% considera que no se han presentado cortes por las tardes, esto nos indica que, al parecer, existen cortes de energía en otro momento del día.

¿Los cortes de energía se han dado con mayor frecuencia durante las noches?

Tabla 9-4: Resultados Pregunta 4

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	SI	8	33,3	33,3	33,3
	NO	16	66,7	66,7	100,0
	Total	24	100,0	100,0	

Realizado Por: German Llamuca

Fuente: SOFTWARE SPSS 26

IV. En esta interrogante se pretende establecer en qué momento del día se han presentado los cortes de energía, en este caso, según las respuestas de los encuestados, manifiestan que los cortes se han dado por las noches, respaldado por un 33,3% mientras que el 66,7% considera que no se han presentado cortes por las tardes, esto nos indica que, al parecer, existen cortes de energía en otro momento del día.

¿El hospital cuenta con un sistema de generación eléctrica independiente?

Tabla 10-4: Resultados Pregunta 5

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	SI	23	95,8	95,8	95,8
	NO	1	4,2	4,2	100,0
	Total	24	100,0	100,0	

Realizado Por: German Llamuca

Fuente: SOFTWARE SPSS 26

V. En esta interrogante se pretende saber si el Hospital cuenta con un sistema de abastecimiento de energía auxiliar, para complementar al sistema de abastecimiento de energía proveniente de la empresa eléctrica, como resultado el 95,8% del Hospital reconoce que el Hospital está equipado con un sistema auxiliar mientras que el 4,2% desconoce la parte técnica al respecto.

¿El generador abastece de energía a todo el Hospital?

Tabla 11-4: Resultados Pregunta 6

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	SI	21	87,5	87,5	87,5
	NO	3	12,5	12,5	100,0
	Total	24	100,0	100,0	

Realizado Por: German Llamuca

Fuente: SOFTWARE SPSS 26

VI. En esta interrogante se pretende saber si el Generador abastece de energía a todas las instalaciones del hospital, como consultorios y áreas administrativas en general, sin embargo, un 87,5% menciona que el generador cumple con la demanda total del hospital y el 12,5% considera que no abastece a todo el hospital, lo que nos lleva a pensar que el Generador deberá abastecer a la parte más crítica del Hospital y que también cubre el área administrativa.

¿El generador alimenta quirófanos, UCI, servicio de imagenología incluyendo laboratorios?

Tabla 12-4: Resultados Pregunta 7

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	SI	24	100,0	100,0	100,0

Realizado Por: German Llamuca

Fuente: SOFTWARE SPSS 26

VII. En esta interrogante se pretende saber si el Generador Cubre áreas tan importantes que requieren de mayor atención que el resto, y si el Hospital lo considera así de importante en su abastecimiento de energía, por cualquier emergencia, como por ejemplo en el quirófano, al momento

de una operación, es importante que el flujo eléctrico sea constante, viendo los resultados podemos comprobar que todo el personal conoce que el generador cubre estas áreas tan importantes, respaldados con un 100% de los encuestados.

¿El generador ha presentado en ciertas ocasiones, inconvenientes para arrancar?

Tabla 13-4: Resultados Pregunta 8

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	SI	9	37,5	37,5	37,5
	NO	15	62,5	62,5	100,0
	Total	24	100,0	100,0	

Realizado Por: German Llamuca

Fuente: SOFTWARE SPSS 26

VIII. En esta interrogante se busca conocer un poco más acerca del funcionamiento del generador en sus condiciones normales, según las respuestas se denota que el personal más allegado a la operación y mantenimiento conocen y saben que el generador no ha arrancado al primer intento esto respaldado con un 37,5%, mientras que el personal administrativo no se ha dado cuenta de estos problemas, respaldados con un 62,5%, esto nos indica que no todo el personal está involucrado totalmente con los equipos a su cargo.

¿En las ocasiones que el generador ha estado funcionando, ha llegado a detenerse sin razón alguna?

Tabla 14-4: Resultados Pregunta 9

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	SI	2	8,3	8,3	8,3
	NO	22	91,7	91,7	100,0
	Total	24	100,0	100,0	

Realizado Por: German Llamuca

Fuente: SOFTWARE SPSS 26

IX. En esta interrogante se busca conocer un poco más acerca del funcionamiento del generador en sus condiciones normales, según las respuestas se denota que el personal más allegado a la operación y mantenimiento conocen y saben que el generador al momento de su operación ha llegado a presentar inconvenientes en contadas ocasiones, esto, respaldado por el 8,3% del personal, mientras que el personal administrativo no se ha dado cuenta de estos problemas, respaldados con un 91,7%, esto nos indica que no todo el personal está involucrado totalmente con los equipos a su cargo y que ciertos fallos no son perceptibles.

¿Conoce usted, si el generador del Hospital cuenta con un plan de mantenimiento?

Tabla 15-4: Resultados Pregunta 10

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	SI	12	50,0	50,0	50,0
	NO	12	50,0	50,0	100,0
	Total	24	100,0	100,0	

Realizado Por: German Llamuca

Fuente: SOFTWARE SPSS 26

X. En esta pregunta, se refleja que el personal no conoce a ciencia cierta si el equipo cuenta con un plan de mantenimiento adecuado, ya que como al no identificar los problemas del equipo de forma general, no conocen de lo que se hace o no se hace en el equipo, es por eso que de los encuestados el 50% conoce que el sistema tiene un plan y el otro 50% desconoce este punto.

¿Considera que siempre es mejor prever inconvenientes con el generador implementando una estrategia que asegure su funcionamiento incrementando así su disponibilidad?

Tabla 16-4: Resultados Pregunta 11

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	SI	21	87,5	87,5	87,5
	NO	3	12,5	12,5	100,0
	Total	24	100,0	100,0	

Realizado Por: German Llamuca

Fuente: SOFTWARE SPSS 26

XI. En esta pregunta, se evidencia la intención de implementar una cultura preventiva dentro del Hospital y el reconocimiento de que los equipos son de gran importancia en la operación normal del Hospital, todo esto respaldado con un 87,5%, la diferencia porcentual únicamente indica que parte del personal se pretende quedar de forma cómoda en solucionar inconvenientes al momento que estos se presenten.

¿Está de acuerdo con la implementación de un mantenimiento basado en la condición para el Grupo electrógeno?

Tabla 17-4: Resultados Pregunta 12

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	SI	22	91,7	91,7	91,7
	NO	2	8,3	8,3	100,0
	Total	24	100,0	100,0	

Realizado Por: German Llamuca

Fuente: SOFTWARE SPSS 26

XII. En esta pregunta, se evidencia la aceptación de una estrategia que permita cubrir con las necesidades de un equipo tan importante dentro del Hospital, y buscar una actualización en la forma de gestionar el mantenimiento dentro del Hospital, desde este punto se respalda la estrategia y por tanto el objetivo del proyecto, esto respaldado con un 91,7% del total del personal encuestado.

¿Han existido paros imprevistos del generador una vez que se implementó el plan de mantenimiento?

Tabla 18-4: Resultados Pregunta 13

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	SI	3	12,5	12,5	12,5
	NO	21	87,5	87,5	100,0
	Total	24	100,0	100,0	

Realizado Por: German Llamuca

Fuente: SOFTWARE SPSS 26

XII. En esta pregunta, nos lleva a evidenciar el impacto del plan de mantenimiento instaurado en el Hospital desde enero del presente año, y ha generado expectativas y buenos resultados, como en cada estrategia se va descubriendo puntos débiles y fortalezas que se van complementando para desarrollar mejor esta estrategia implantada, esto se respalda con el 87,5% que manifiesta que el generador no ha presentado imprevistos durante su funcionamiento.

¿Una vez implementado el plan de mantenimiento, el generador a operado adecuadamente?

Tabla 19-4: Resultados Pregunta 14

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	SI	23	95,8	95,8	95,8
	NO	1	4,2	4,2	100,0
	Total	24	100,0	100,0	

Realizado Por: German Llamuca

Fuente: SOFTWARE SPSS 26

XIV. En esta pregunta, nos lleva a evidenciar el impacto del plan de mantenimiento instaurado en el Hospital desde enero del presente año hasta la actualidad, en donde el generador no ha presentado inconvenientes como un apagado inesperado, más bien se ha identificado actividades adicionales que se deben llevar a cabo, esto respaldado con un 95,8% de quienes operan y mantienen el sistema, que están conformes con la implementación del plan propuesto.

¿Podría ud estar más seguro de la operatividad del generador al momento que sea requerido, debido a la implementación del plan de mantenimiento basado en la condición?

Tabla 20-4: Resultados Pregunta 15

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	SI	23	95,8	95,8	95,8
	NO	1	4,2	4,2	100,0
	Total	24	100,0	100,0	

Realizado Por: German Llamuca

Fuente: SOFTWARE SPSS 26

XV. En esta pregunta, pretende evidenciar el grado de confianza que ahora tienen las personas, respecto a la operatividad del generador en caso de una emergencia, esto respaldado con un 95,8% del personal que se encuentra satisfecho con las actividades realizadas.

¿Cree que el plan de mantenimiento permitió incrementar la disponibilidad, confiabilidad y así reducir las fallas en el Generador del Hospital?

Tabla 21-4: Resultados Pregunta 16

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido SI	24	100,0	100,0	100,0

Realizado Por: German Llamuca

Fuente: SOFTWARE SPSS 26

XV. En esta pregunta, pretende evidenciar la comprobación de la Hipótesis planteada en el proyecto, ya que este proyecto busca no solo solucionar un aspecto técnico, sino también un grado de satisfacción de los usuarios, garantizando la disminución de fallos del generador y por ende la disponibilidad de fluido eléctrico en las instalaciones, ante cualquier emergencia, todo el personal encuestado está de acuerdo con el plan ha impactado de forma positiva al Hospital.

CAPÍTULO V

5. PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL GRUPO ELECTRÓGENO DE EMERGENCIA DEL HOSPITAL SAN JUAN S.A

5.1 ANÁLISIS DE MODOS DE FALLO DEL SISTEMA

El documento npt_679, señala los pasos y la información que debe contener un Análisis de Modos y Efectos de Fallo, en base a este documento se determinó las tareas del plan de mantenimiento.

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS (A.M.F.E.)												
AMFE DE PROYECTO ()		AMFE DE PROCESO ()		DENOMINACIÓN DEL COMPONENTE / PARTE DEL PROCESO				CODIGO DE IDENTIFICACION DEL COMPONENTE				
NOMBRE Y DPTO. DE LOS PARTICIPANTES/O PROVEEDOR:				COORDINADOR: (Nombre / Dpto.)				MODELO SISTEMA/FABRICACION				
OPERACIÓN O FUNCIÓN	COMPONENTE	FALLO Nro	MODOS DE FALLO	FALLOS POTENCIALES			ESTADO ACTUAL				ACCIÓN CORRECTORA	
				CAUSAS DEL MODO DE FALLO	EFECTOS	MEDIDAS DE ENSAYO Y CONTROL PREVISTAS	F	G	D	IPR	ACCIÓN CORRECTORA	RESPONSABLE/PLAZO
SISTEMA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA HSJ	MOTOR DE COMBUSTIÓN	1.1	El motor no se pone en marcha	Selector de encendido en posición incorrecta	Tiempo de operación perdido	NINGUNA	2	10	1	20	Revisión del sistema de encendido	TEC. DE MANTENIMIENTO - CONTRATADO
		1.2		Pulsador de emergencia presionado	Tiempo de operación perdido	NINGUNA	2	10	1	20	Revisión del sistema de encendido	TEC. DE MANTENIMIENTO - CONTRATADO
		1.4		Unidad de control motor o llave de arranque defectuosas.	Ruido, tiempo de operación perdido	NINGUNA	2	6	2	24	Revisión del sistema de encendido	TEC. DE MANTENIMIENTO - CONTRATADO
		1.5		Batería descargada	Generador sin operar	NINGUNA	2	10	4	80	Revisar carga de batería	TEC. DE MANTENIMIENTO - CONTRATADO
		1.12	El motor no acelera. Velocidad inconstante	Filtro aire o carburante atascados	Ruido, vibración, incremento de temperatura	NINGUNA	5	8	8	320	Cambio de Filtros	TEC. DE MANTENIMIENTO - CONTRATADO
		1.13		Avería en el circuito de alimentación: bomba defectuosa, inyector bloqueado	Ruido, vibración, incremento de temperatura	NINGUNA	5	7	10	350	Monitoreo de circuito de alimentación; Análisis Vibracional	TEC. DE MANTENIMIENTO - CONTRATADO
		1.16	Humo negro	Filtro aire atascado.	Ruido, vibración	NINGUNA	5	6	8	240	Cambio de Filtros	TEC. DE MANTENIMIENTO - CONTRATADO
		1.17		Sobrecarga	Incremento de temperatura en elementos, ruido, vibración	NINGUNA	5	7	8	280	Monitoreo de Carga	TEC. DE MANTENIMIENTO - CONTRATADO
		1.18		Inyectores defectuosos. Bomba inyección desajustada	Ruido, vibración	NINGUNA	3	7	10	210	Monitoreo de Inyectores y Bomba	TEC. DE MANTENIMIENTO - CONTRATADO
	GENERADOR ELÉCTRICO	Ausencia de tensión en salida	2.1	Commutador de tensión en posición 0	Tiempo de operación perdido	NINGUNA	2	9	1	18	Revisión del sistema de encendido	TEC. DE MANTENIMIENTO - CONTRATADO
			2.2	Commutador de tensión defectuoso	Incremento de temperatura, ruido	NINGUNA	6	8	4	192	Cambio de Comutador	TEC. DE MANTENIMIENTO - CONTRATADO
			2.3	Intervención protección por sobrecarga.	Incremento de temperatura, ruido	NINGUNA	6	8	5	240	Monitoreo de Elementos; termografía	TEC. DE MANTENIMIENTO - CONTRATADO
			2.4	Intervención protección diferencial (Interruptor diferencial, relé diferencial).	Incremento de temperatura, ruido	NINGUNA	2	9	6	108	Revisión de elementos de protección y accionamiento	TEC. DE MANTENIMIENTO - CONTRATADO
		Tensión en vacío demasiado baja o demasiado alta.	2.7	Velocidad incorrecta del régimen del motor.	Ruido, vibración, incremento de temperatura	NINGUNA	5	7	2	70	Monitoreo de Alimentación del generador	TEC. DE MANTENIMIENTO - CONTRATADO
			2.8	Alternador defectuoso.	Ruido, vibración, incremento de temperatura	NINGUNA	3	7	8	168	Cambio de Alternador	TEC. DE MANTENIMIENTO - CONTRATADO
			2.9	Dispositivo regulación de tensión desajustado o defectuoso.	Ruido, vibración, incremento de temperatura	NINGUNA	3	6	7	126	Revisión de dispositivo de regulación de tensión	TEC. DE MANTENIMIENTO - CONTRATADO
		Tensión inestable	2.13	Contactos inseguros	Incremento de temperatura	NINGUNA	5	9	10	450	Revisión de contactos	TEC. DE MANTENIMIENTO - CONTRATADO
			2.14	Irregularidad de rotación del motor.	Ruido, vibración, incremento de temperatura	NINGUNA	1	7	4	28	Revisión de rotación de motor	TEC. DE MANTENIMIENTO - CONTRATADO
2.15	Alternador defectuoso.		Ruido, vibración, incremento de temperatura	NINGUNA	3	7	8	168	Cambio de Alternador	TEC. DE MANTENIMIENTO - CONTRATADO		
TABLERO DE DISTRIBUCIÓN	El tablero no se energiza	3.1	Breaker principal defectuoso	Incremento de temperatura	NINGUNA	4	9	8	288	Cambio de breaker principal	TEC. DE MANTENIMIENTO - CONTRATADO	
		3.2	Cables sueltos	Incremento de temperatura	NINGUNA	6	10	10	600	Revisión de cableado	TEC. DE MANTENIMIENTO - CONTRATADO	
		3.3	No hay energía eléctrica de entrada	Incremento de temperatura	NINGUNA	6	9	1	54	Revisión de abastecimiento de energía de ingreso	TEC. DE MANTENIMIENTO - CONTRATADO	
	Tablero con energía fluctuante	3.4	Terminales de los cables de la batería aflojados o corroidos	Incremento de temperatura	NINGUNA	7	9	7	441	Monitoreo de terminales	TEC. DE MANTENIMIENTO - CONTRATADO	
		Desbalance de carga	Incremento de temperatura	NINGUNA	4	9	10	360	Monitoreo de cargas; parámetros eléctricos y termografía	TEC. DE MANTENIMIENTO - CONTRATADO		

Figura 1-5: AMEF Sistema de Generación

Fuente: Autor

5.1.1 Jerarquización de tareas de mantenimiento del sistema

Una vez se cuenta con este análisis se pretende identificar el nivel de riesgo que posee cada modo de fallo y sus efectos, para ello se jerarquiza según el nivel de riesgo.

CAUSAS DEL MODO DE FALLO	EFFECTOS	F	G	D	IPR	ACCIÓN CORRECTORA
Cables sueltos	Incremento de temperatura	6	10	10	600	Revisión de cableado
Contactores o relés sobrecargados	Incremento de temperatura, ruido	6	10	10	600	Monitoreo de Contactores; parametros electricos y termografía
Inyectores sucios o defectuosos	Ruido, presencia de humo negro	6	9	10	540	Limpieza de inyectores
Terminales de los cables de la batería aflojados o corroídos	Oxido, temperatura, ruido	6	10	8	480	Limpieza y Ajuste de terminales
Avería en el circuito de alimentación: bomba defectuosa, inyector bloqueado	Ruido, vibración, tiempo sin generar	5	9	10	450	Monitoreo de circuito de alimentación; Análisis Vibracional
Contactos inseguros	Incremento de temperatura	5	9	10	450	Revisión de contactos
Terminales de los cables de la batería aflojados o corroídos	Incremento de temperatura	7	9	7	441	Monitoreo de terminales
Inyectores defectuosos. Bomba inyección desajustada.	Ruido, vibración, incremento de temperatura	6	7	10	420	Monitoreo de Inyectores y bomba de combustible
Filtro de aire o carburante atascados	Ruido, vibración	5	10	8	400	Cambio de Filtros
Insuficiente suministro de carburante, impurezas o agua en el circuito de alimentación.	Incremento de temperatura vibración	5	8	10	400	Limpieza de circuito de alimentación
Desbalance de carga	Incremento de temperatura	4	9	10	360	Monitoreo de cargas; parámetros eléctricos y termografía
Contactores averiados	Incremento de temperatura, ruido	5	8	9	360	Monitoreo de Contactores; parametros electricos y termografía
Avería en el circuito de alimentación: bomba defectuosa, inyector bloqueado	Ruido, vibración, incremento de temperatura	5	7	10	350	Monitoreo de circuito de alimentación; Análisis Vibracional
Segmentos y/o cilindros desgastados.	Vibración, ruido, incremento de temperatura	5	7	10	350	Monitoreo de cilindros, análisis Vibracional
Filtro aire o carburante atascados	Ruido, vibración, incremento de temperatura	5	8	8	320	Cambio de Filtros
Filtro aire atascado.	Ruido, vibración	5	8	8	320	Limpieza o cambio de filtro
Cables sueltos	Incremento de temperatura	4	10	8	320	Monitoreo de cableado y corrección
Relés quemados	Incremento de temperatura	6	10	5	300	Monitoreo de relés
Bomba de aceite defectuosa.		4	8	9	288	Cambio de bomba
Breaker principal defectuoso	Incremento de temperatura	4	9	8	288	Cambio de breaker principal
Sobrecarga	Incremento de temperatura en elementos, ruido, vibración	5	7	8	280	Monitoreo de Carga
Filtro aceite atascado.	Ruido, vibración	5	7	8	280	Cambio de Filtros
Filtro aire atascado.	Ruido, vibración	5	6	8	240	Cambio de Filtros
Intervención protección por sobrecarga.	Incremento de temperatura, ruido	6	8	5	240	Monitoreo de Elementos; termografía
Inyectores defectuosos. Bomba inyección desajustada	Ruido, vibración	3	7	10	210	Monitoreo de Inyectores y Bomba
Motor de arranque defectuoso	Ruido, tiempo de operación perdido, vibración, temperatura	2	10	10	200	Monitoreo de motor de arranque
Conmutador de tensión defectuoso	Incremento de temperatura, ruido	6	8	4	192	Cambio de Conmutador

Figura 2-5: Jerarquización por nivel de riesgo en AMEF

Fuente: Autor

Como resultado se obtienen las tareas de mantenimiento que requieren mayor atención en la ejecución del plan de mantenimiento preventivo, partimos de esto para agrupar tareas que combatan los modos de fallo y finalmente establecer el plan de mantenimiento como resultado final.

5.2 DISEÑO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO

5.2.1 Tareas de mantenimiento

Las tareas de mantenimiento se las agrupa por componente del sistema, es por ello que se presenta de la siguiente manera.

Tabla 1-5: Tareas de mantenimiento

TABLERO DE TRANSFERENCIA
Limpieza superficial y alrededores
Encendido manual y verificación de funcionamiento sin carga
Encendido manual y verificación de funcionamiento con carga
Revisión de abastecimiento de energía de ingreso
Revisión de contactos del tablero de transferencia
Medición de voltaje y consumo de corriente
Limpieza profunda y ajuste de terminales del tablero de transferencia
Monitoreo de Contactores; parámetros eléctricos y termografía
Medición de voltajes del cargador de batería del tablero de transferencia
Cambio de baterías del tablero de transferencia
Cambio de relés Schneider
Revisión de dispositivo de regulación de tensión
Revisión de programación
GENERADOR
Revisión de cableado de control del generador al tablero de transferencia
Revisión y ajustes de la bornera del generador
Revisión y limpieza del módulo AVR y circuitos electrónicos
Revisión y ajustes del tablero de instrumentación del generador
Limpieza y lubricación de los rodamientos del generador
Cambio de rodamientos del generador
Limpieza, megado y barnizado de las bobinas del generador
MOTOR DE COMBUSTIÓN
Revisión de encendido y apagado
Revisión de conectores del sistema eléctrico
Revisión del tablero de fusibles del sistema eléctrico
Revisión de nivel de aceite, refrigerante y combustible
Revisar carga de batería del generador
Revisión del sistema de alimentación de combustible
Revisión de sistema de ventilación
Limpieza del filtro de aire
Cambio de Filtros de aire, aceite y combustible

Cambio de banda de distribución
Revisar excentricidad en las poleas
Balancear el ventilador del motor de combustión interna
Mantenimiento al motor de arranque
Cambio de bomba de refrigerante
Mantenimiento de Inyectores y bomba de combustible
Mantenimiento del alternador
Monitoreo por Análisis Vibracional

Realizado por: German Llamuca

Fuente: Autor

5.2.2 Programa de mantenimiento

Para completar la estructura de un plan de mantenimiento, a las tareas se deben asignar frecuencias de ejecución con el fin de contar con una programación de dicho plan, de modo que se pueda monitorear y verificar su cumplimiento con los indicadores y documentación propuesta por el presente trabajo.

Al señalar la frecuencia es necesario contar con un presupuesto estimado del plan, sin embargo, los costos del plan de mantenimiento están condicionados por factores de recursos humanos y servicios externos.

ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO	FRECUENCIA										MANO DE OBRA	REPUESTOS	C.T	
	DIARIO	SEMANAL	MENSUAL	200 H	500 H	1000 H	1500 H	3000 H	4000 H	1 AÑO				
TABLERO DE TRANSFERENCIA														
Limpieza superficial y alrededores	X											HH	-	
Encendido manual y verificación de funcionamiento sin carga		X										HH	-	
Encendido manual y verificación de funcionamiento con carga			X									HH	-	
Revisión de abastecimiento de energía de ingreso		X										HH	-	
Revisión de contactos del tablero de transferencia		X										HH	-	
Medición de voltaje y consumo de corriente			X									HH	-	
Limpieza profunda y Ajuste de terminales del tablero de transferencia			X									HH	-	
Monitoreo de Contactores; parametros electricos y termografia					X							\$ 200,00		\$ 200,00
Medición de voltajes del cargador de batería del tablero de transferencia			X									HH		
Cambio de baterías del tablero de transferencia										X		\$ 80,00	\$ 140,00	\$ 220,00
Cambio de relés schneider										X		\$ 150,00	\$ 270,00	\$ 420,00
Revisión de dispositivo de regulación de tensión		X												\$ -
Revisión de programación										X		\$ 60,00		\$ 60,00
GENERADOR														
Revisión de cableado de control del generador al tablero de transferencia		X										HH	-	
Revisión y ajustes de la bornera del generador						X						HH	-	
Revisión y limpieza del módulo AVR y circuitos electrónicos												HH	-	
Revisión y ajustes del tablero de instrumentación del generador												HH	-	
Limpieza y lubricación de los rodamientos del generador										X		\$ 100,00	\$ 20,00	\$ 120,00
Cambio de rodamientos del generador									X			\$ 400,00	\$ 220,00	\$ 620,00
Limpieza, megado y barnizado de las bobinas del generador										X		\$ 300,00	\$ 70,00	\$ 370,00
MOTOR DE COMBUSTIÓN														
Revisión de encendido y apagado		X										HH	-	
Revisión de conectores del sistema eléctrico		X										HH	-	
Revisión del tablero de fusibles del sistema eléctrico		X										HH	-	
Revisión de nivel de aceite, refrigerante y combustible		X										\$ 2.080,00		\$ 2.080,00
Revisar carga de batería del generador					X							HH	-	
Revisión del sistema de alimentación de combustible			X									\$ 600,00		\$ 600,00
Revisión de sistema de ventilación			X									\$ 480,00		\$ 480,00
Limpieza del filtro de aire			X									\$ 480,00		\$ 480,00
Cambio de Filtros de aire, aceite y combustible										X		\$ 250,00	\$ 150,00	\$ 400,00
Cambio de banda de distribución					X							\$ 80,00	\$ 20,00	\$ 100,00
Revisar excentricidad en las poleas						X						\$ 60,00		\$ 60,00
Balancear el ventilador del motor de combustión interna									X			\$ 400,00	\$ 40,00	\$ 440,00
Mantenimiento al motor de arranque						X						\$ 80,00	\$ 20,00	\$ 100,00
Cambio de bomba de refrigerante										X		\$ 80,00	\$ 140,00	\$ 220,00
Mantenimiento de Inyectores y bomba de combustible								X				\$ 140,00	\$ 30,00	\$ 170,00
Mantenimiento del alternador								X				\$ 80,00	\$ 20,00	\$ 100,00
Monitoreo por Análisis Vibracional										X		\$ 500,00		\$ 500,00
														\$ 7.740,00

Figura 3-5: Plan de Mantenimiento

Fuente: Autor

CONCLUSIONES

Se determinó el diagnóstico técnico del motor de marca PERKINS del grupo electrógeno, así como también del generador, identificando ciertos inconvenientes como, desbalanceo, desalineación y holgura, en ciertos componentes, principalmente en el eje que conecta el motor con el generador y las bandas que presentaron inconvenientes.

Se evaluó el estado técnico del tablero de distribución empleando termografía, encontrando principalmente inconvenientes con contactos flojos, que se solucionaron inmediatamente, presentó desbalance de cargas según los Termogramas, y relés que presentan sobrecalentamiento.

Se estableció un plan de mantenimiento basado en la condición, considerando los lineamientos de la norma ISO 17359, aplicando vibraciones y termografía y se estableció actividades y estrategias para eliminar los problemas que presentó el equipo y de esa manera disminuir las ocurrencias de las fallas.

RECOMENDACIONES

Se debe continuar con la ejecución del plan de mantenimiento preventivo, considerando las estrategias y herramientas entregadas, de tal manera que la disponibilidad del equipo se incremente.

Para el plan de mantenimiento preventivo ejecutado se debe considerar la mejora continua, esto es observando puntos que pueden ser corregidos en base a la operación del equipo y al seguimiento documental del mismo.

El personal debe ser capacitado continuamente para la ejecución del plan de mantenimiento preventivo de tal manera que todos conozca de los procedimientos, así como también sepan cómo actuar frente a un trabajo programado o imprevisto.

BIBLIOGRAFÍA

- AENOR.** (2009). *EN 13460 - DOCUMENTOS PARA EL MANTENIMIENTO*. ESPAÑA: AENOR.
- AENOR.** (Julio de 2018). *UNE EN 13306 Terminología del mantenimiento*. Génova, Madrid, España: AENOR INTERNACIONAL S.A.U.
- AG, PRÜFTECHNIK.** (Agosto de 1998). *VIBROTIP y VIBCODE*.
- Arias Garzón, E. M., & Vidal Yáñez, F. C.** (2010). Implementación de una Unidad para el control de Bienes en el Hospital de Especialidades San Juan HOSPIESAJ S.A de la Ciudad de Riobamba. Riobamba, Chiumborazo.
- BSI, S.** (2019). *BS EN 15341:2019*. BSI Standards Limited.
- Castela, F.** (04 de Julio de 2017). *mantenimientoindustrialweb*. Obtenido de <https://mantenimientoindustrialweb.wordpress.com/2017/07/04/mantenimiento-correctivo/>
- Castillo, H.** (Junio de 2007). *Programa básico de Mantenimiento para Grupos Electrógenos*. Obtenido de <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=728&ni=programa-basico-de-mantenimiento-para-grupos-electrogenos>
- Chirinos, J.** (24 de Septiembre de 2021). *IMG*. Obtenido de <https://www.revistaimg.com/como-optimizar-el-plan-de-monitoreo-de-condicion-bajo-la-norma-iso-173592018/>
- EcuRed.** (23 de Julio de 2019). *Diagnóstico técnico*. Obtenido de https://www.ecured.cu/Diagn%C3%B3stico_t%C3%A9cnico
- Eurofins.** (27 de 04 de 2021). *Cómo crear un plan de mantenimiento preventivo*. Obtenido de <https://envira.es/es/como-crear-plan-mantenimiento-preventivo/#:~:text=Un%20plan%20de%20mantenimiento%20es,y%20por%20ende%20ampliar%20la>
- FLIR.** (2011). *Guía de termografía para Mantenimiento predictivo*.
- Garrido, S. G.** (2009). *MANTENIMIENTO CORRECTIVO; Organización y Gestión de la reparación de las averías*. Madrid: RENOVETEC.
- Industria, Centro de Formación Técnica.** (2018). *Mantenimiento basado en la condición (CBM): Qué es y cómo se aplica*. Obtenido de <https://www.cursosaula21.com/que-es-mantenimiento-basado-en-la-condicion/>
- Industria, Centro de formación Técnica.** (2020). *¿Qué es la Gestión del Mantenimiento Industrial?* Obtenido de <https://www.cursosaula21.com/que-es-la-gestion-del-mantenimiento-industrial/>
- INSST.** (2004). *NTP 679: Análisis modal de fallos y efectos*. AMFE. Madrid.

Institute, BSG. (2020). *¿Qué es Gestión del Mantenimiento?* Obtenido de <https://bsginstitute.com/SubArea/Gestion-del-Mantenimiento>

NAVARRETE, L. A. (Junio de 2021). MANTENIMIENTO CORRECTIVO Y MEJORATIVO DEL GRUPO ELECTRÓGENO PRINCIPAL DE LA PLANTA HORMIGONERA MÓVIL Y GENERADOR ALTERNO DE LA EMPRESA DEPOHORMIGÓN DE LA CIUDAD DE AMBATO. Riobamba, Chimborazo, Ecuador.

PERKINS. (Marzo de 2017). *Manual de uso y Mantenimiento* . Obtenido de https://www.mosaenergia.com/assets/manuales/grupos%20electrogenos/GE-35-50-65-PS-SX_ES.pdf

Rodríguez, R. R. (2017). El necesario mantenimiento de los grupos electrógenos. *Energética*. Obtenido de <http://www.energetica21.com/descargar.php?seccion=articulos&archivo=n8ifcpLhzH3atOarQ4ZO5cKU2ENAlowwITQC9ckxjbMSqn08gXKZ1Vt.pdf>

Standardization, International Organization. (02 de 2018). *Reciprocating internal combustion engine driven alternating current generating sets ISO 8528-1*.

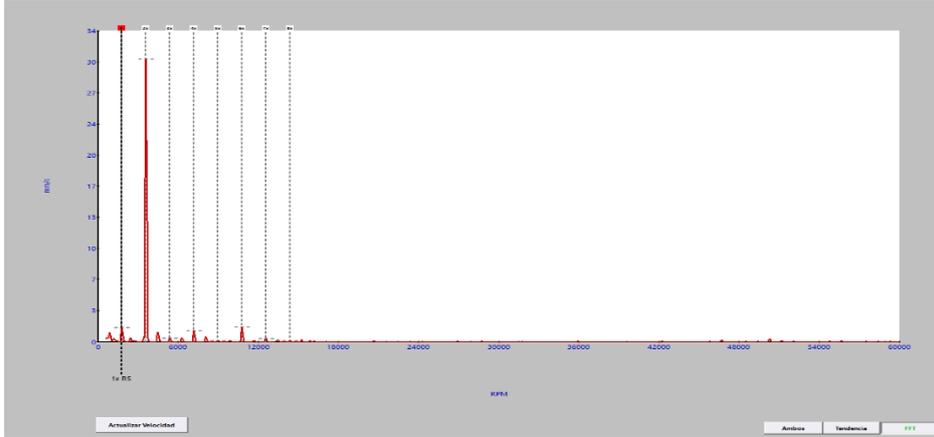
Torres, L. D. (2005). *Mantenimiento Gestión e Implementación*. Argentina: UNIVERSITAS.

Withe, G. (2010). *Introducción al Análisis de Vibraciones*. Woburn: Azima.

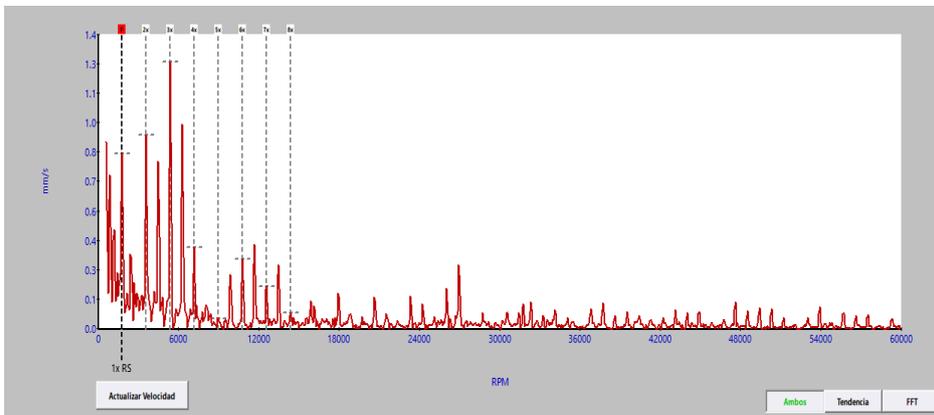
ANEXO C. ESPECTROS RANGO BAJO

1 MLL

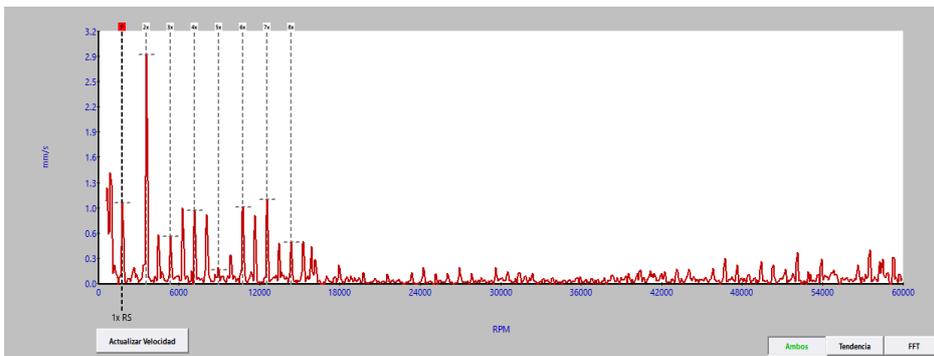
1R



1T

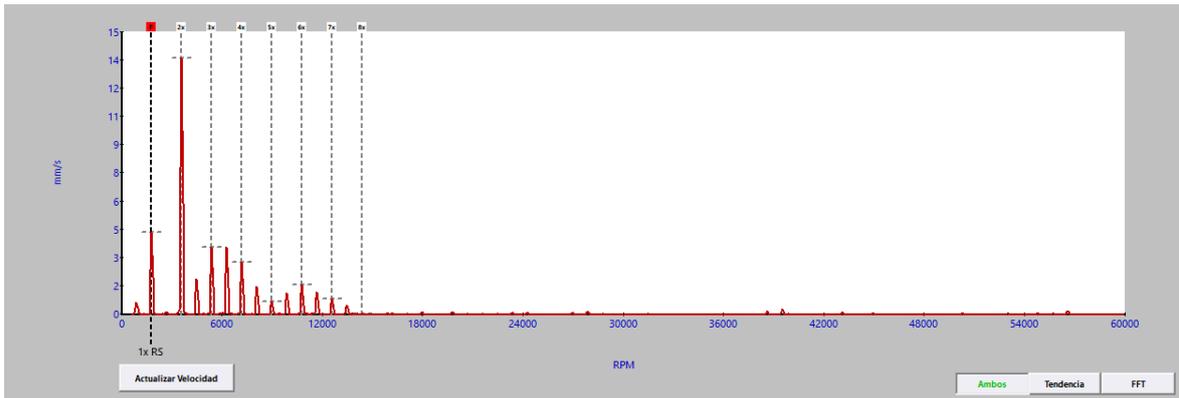


1A

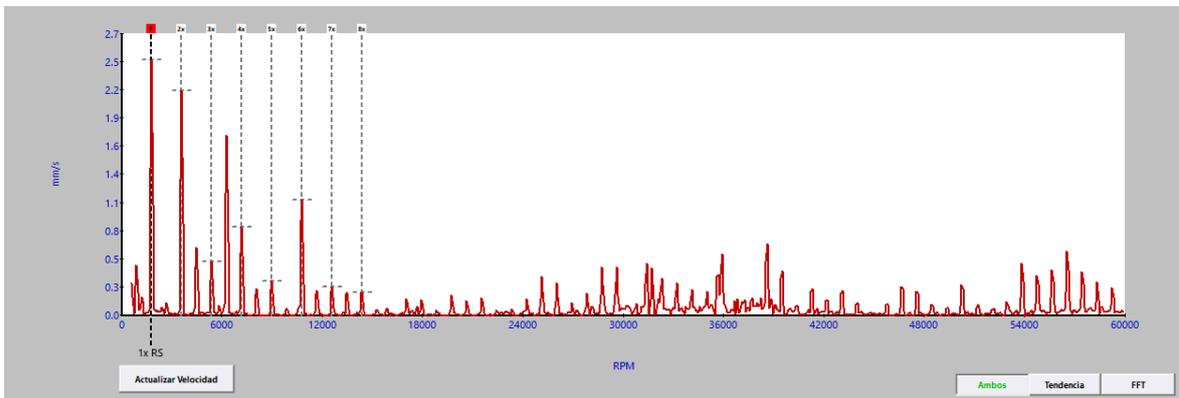


2MLC

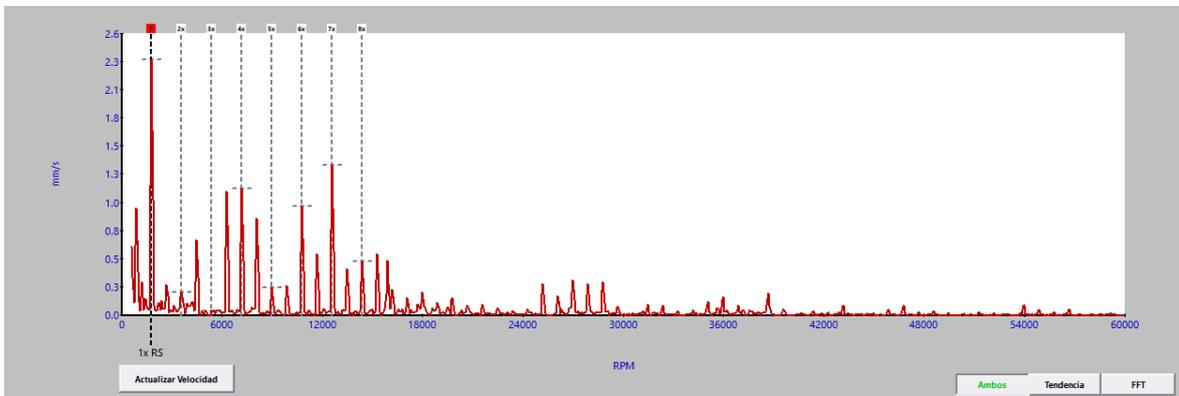
2R



2T

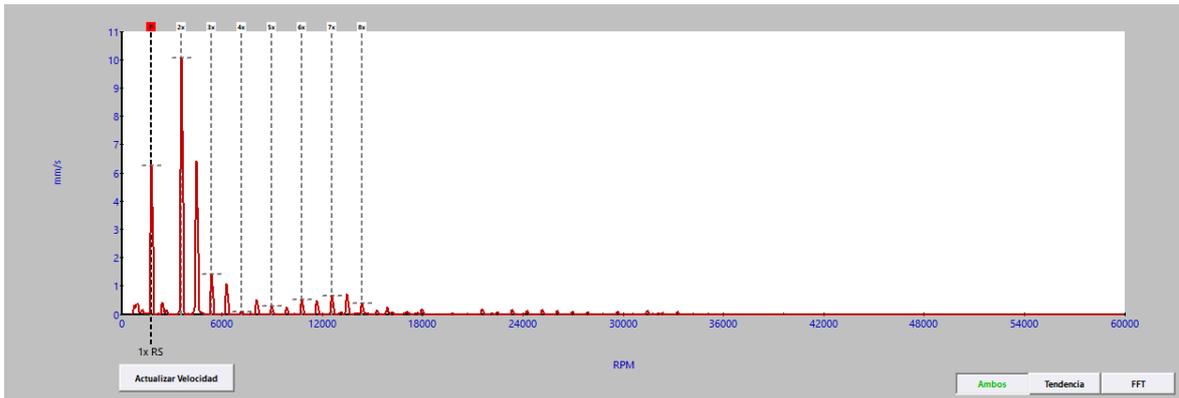


2A

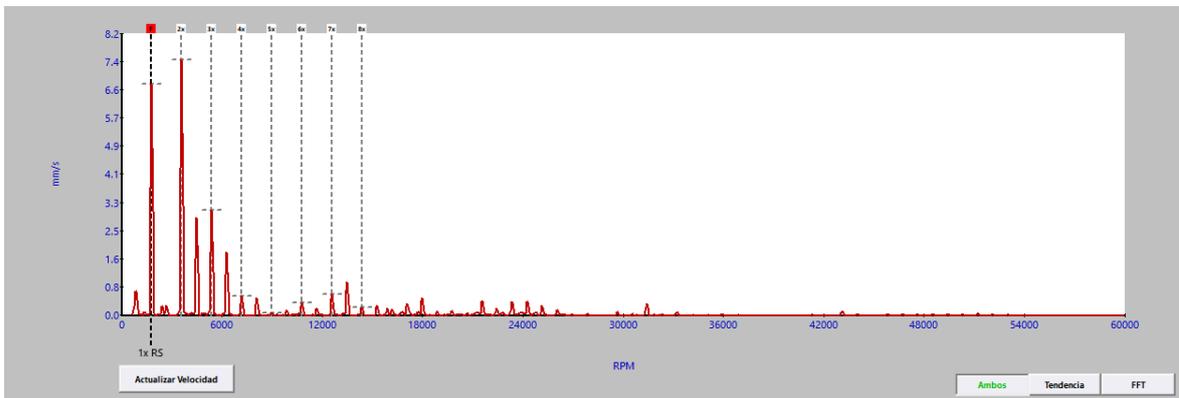


3GLL

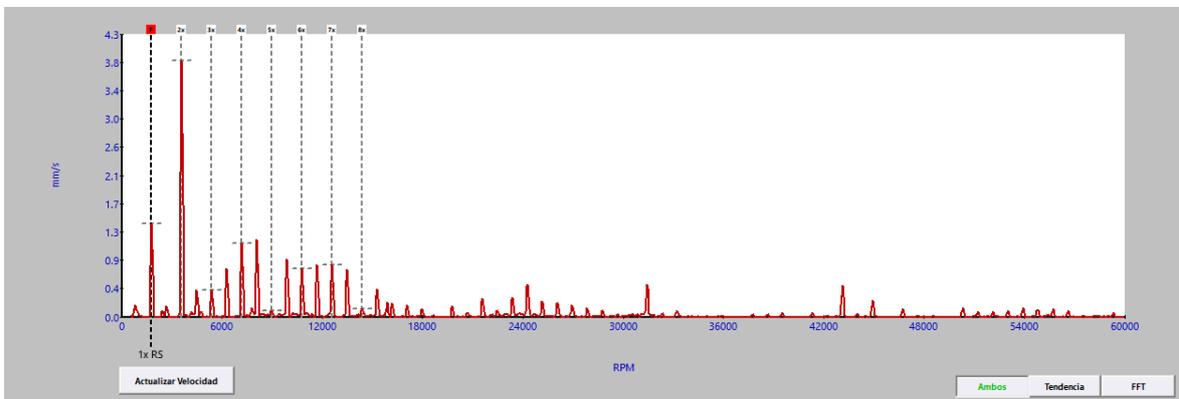
3R



3T



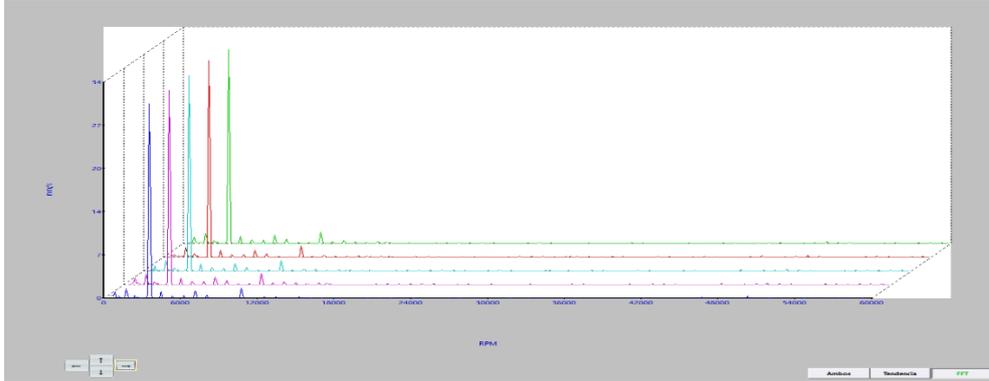
3A



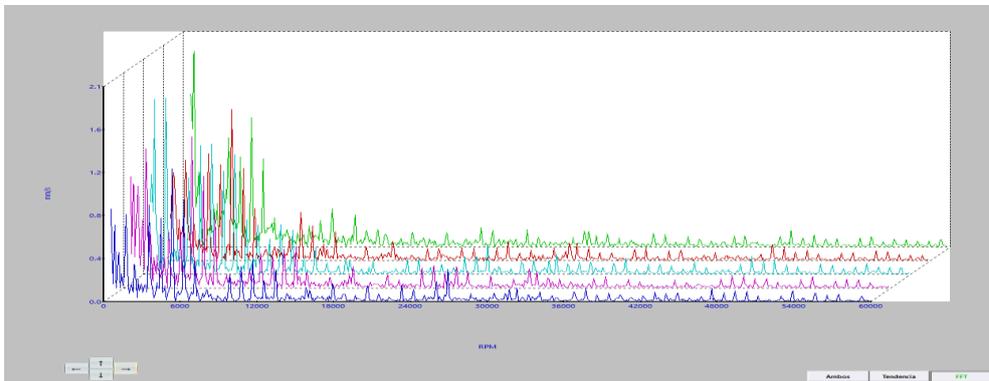
ANEXO D. ESPECTROS EN CASCADA

1MLL

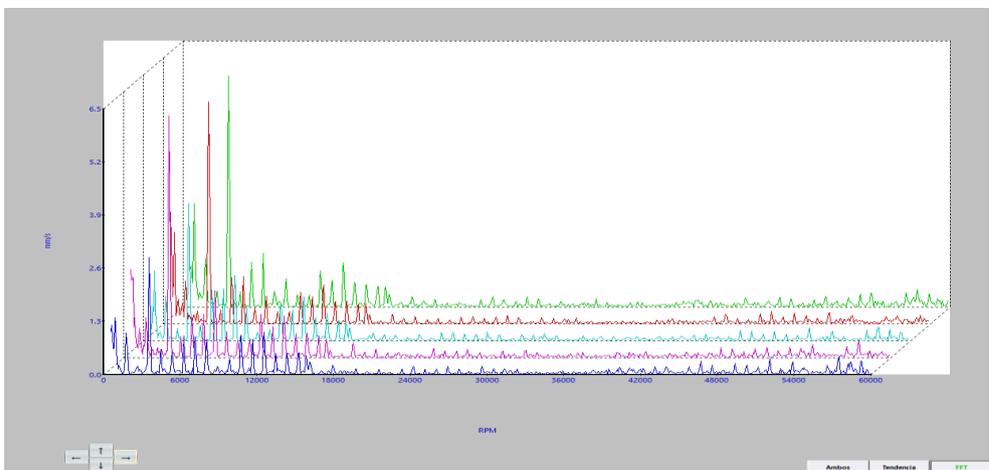
1R



1T

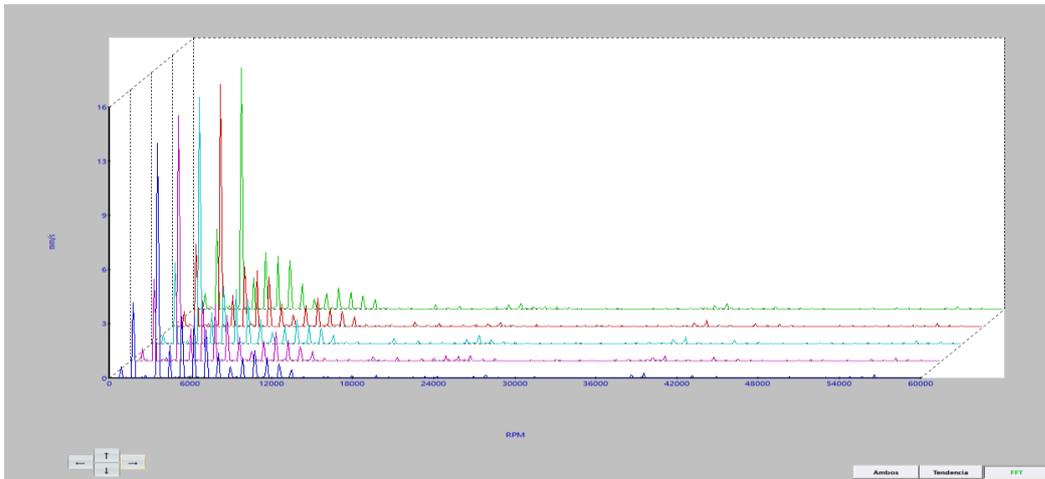


1A

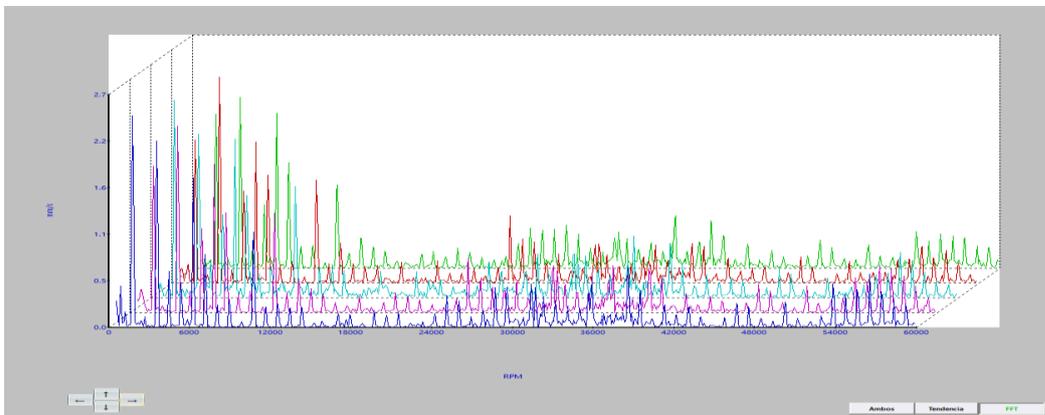


2MLC

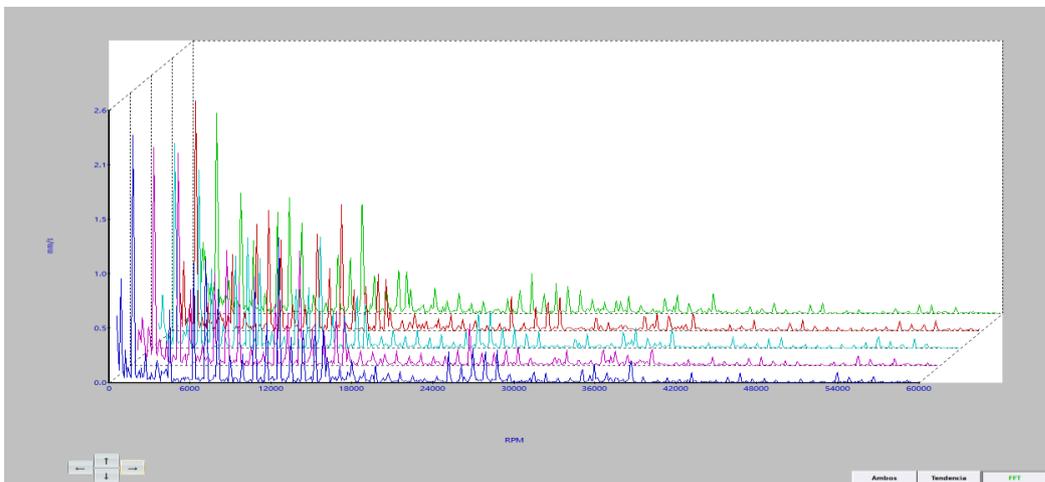
2R



2T

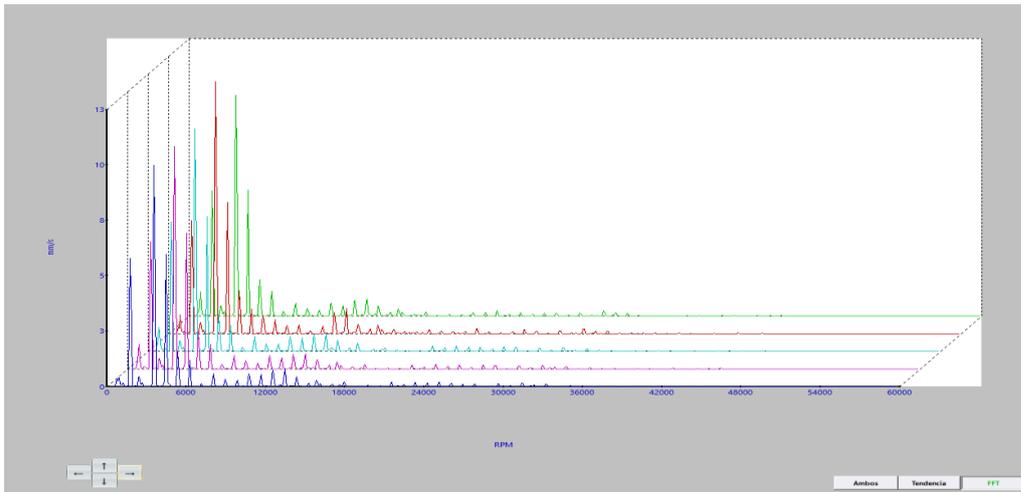


2A

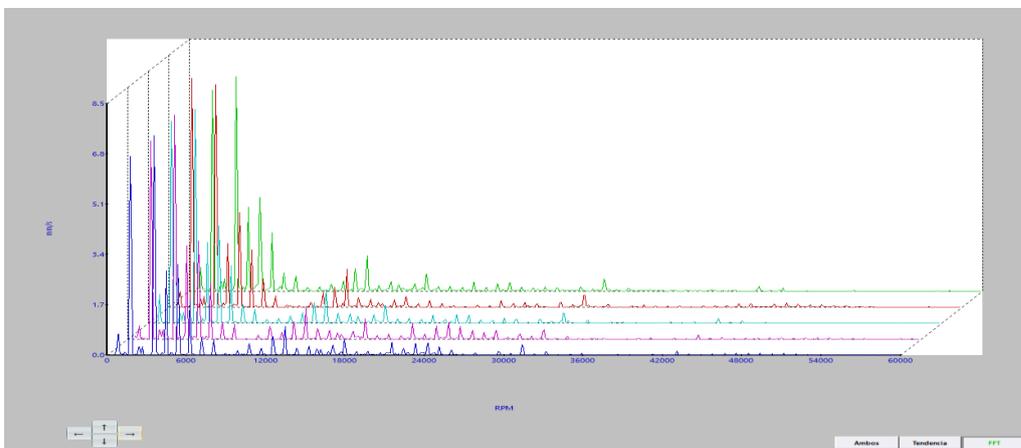


3GLL

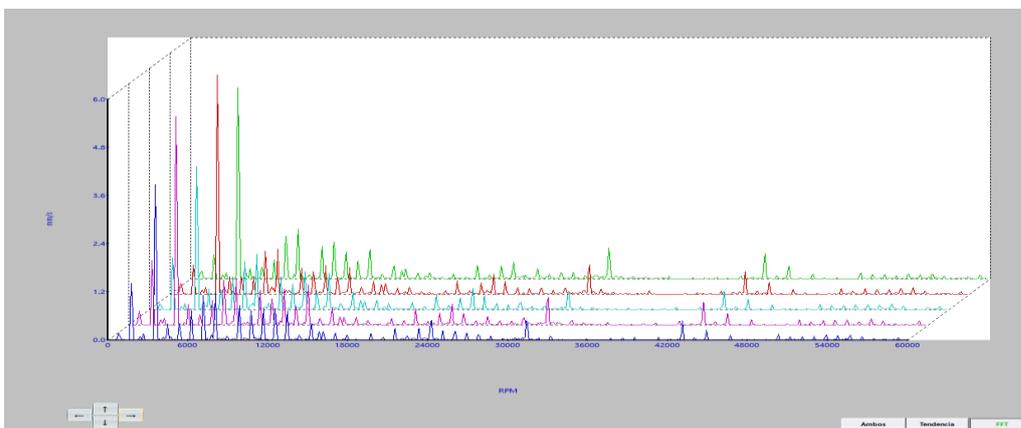
3R



3T



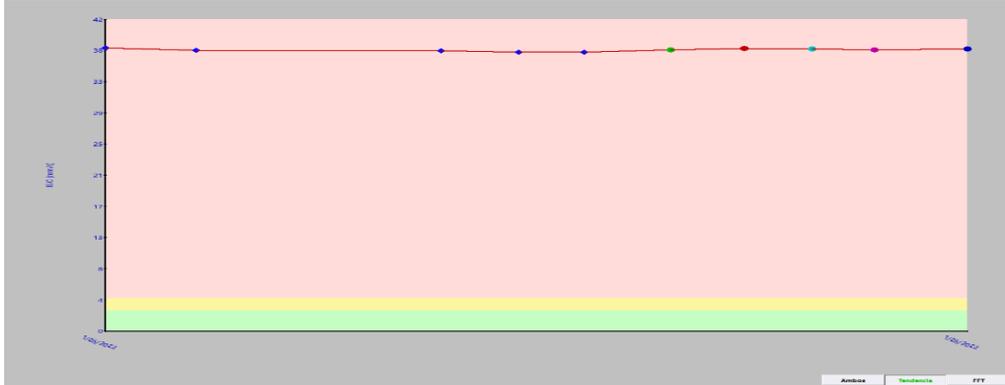
3A



ANEXO E. VALORES GLOBALES DE VIBRACIÓN

1MLL

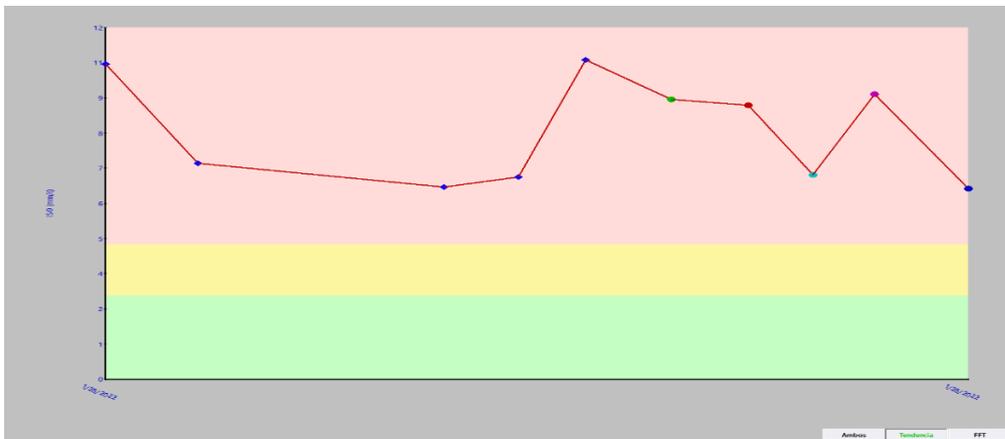
1R



1T

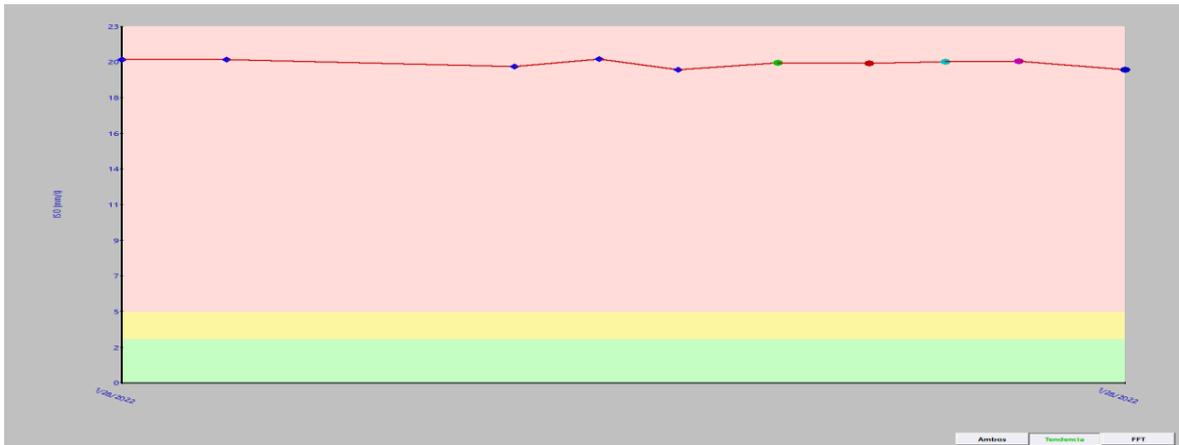


1A

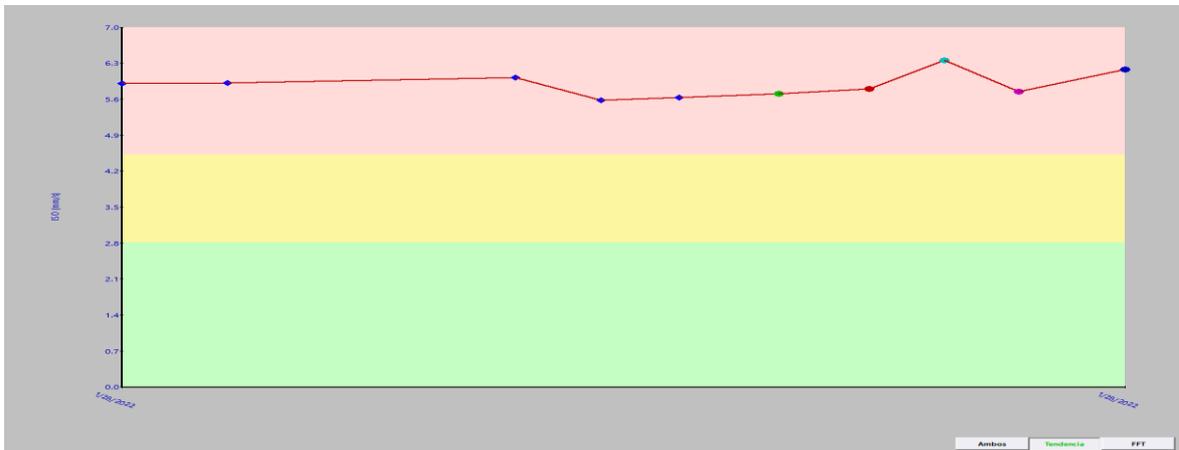


2MLC

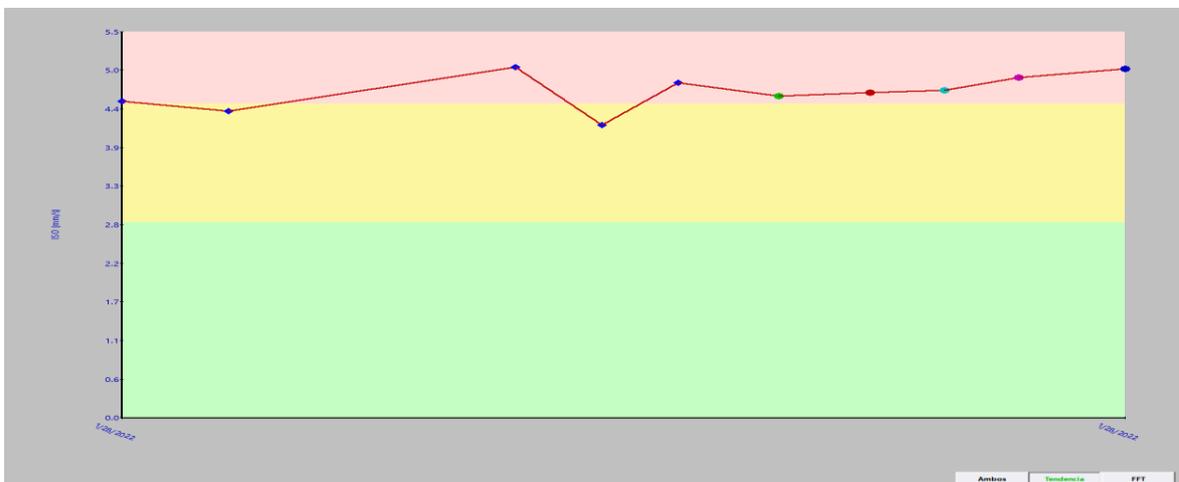
2R



2T

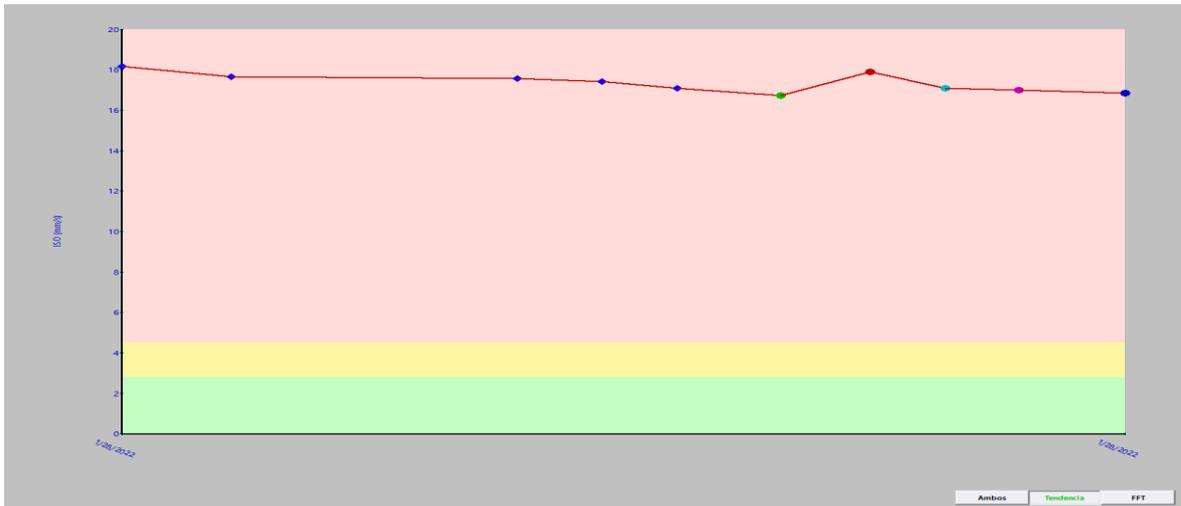


2A

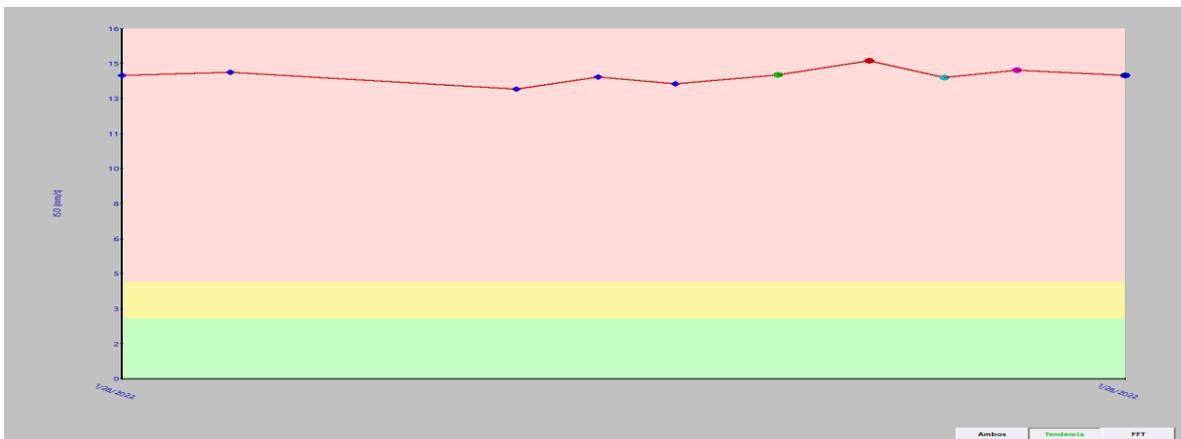


3GLL

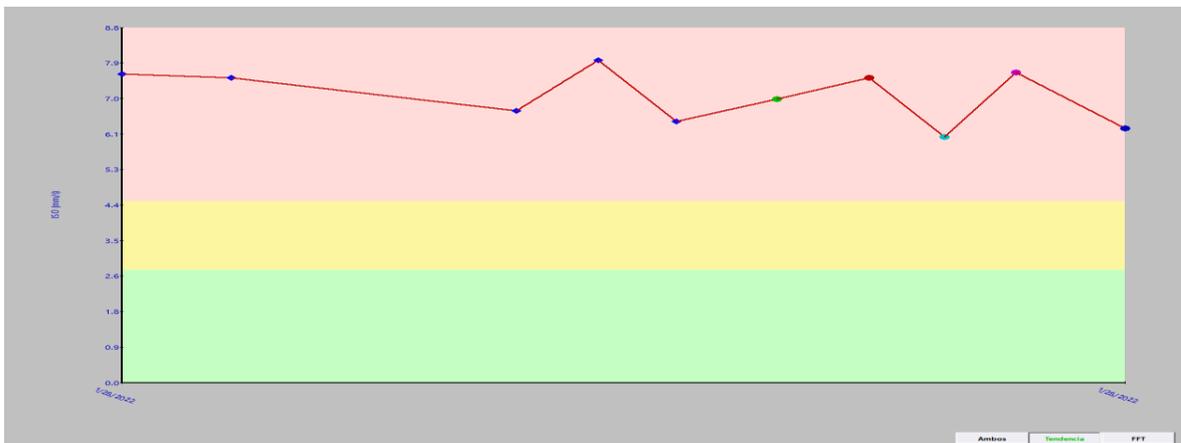
3R



3T



3A



ANEXO F. TABLAS DE RESÚMENES DE DIAGNÓSTICO

DESBALANCEO

	Frecuencia de excitación	Plano dominante	Amplitud	Caracter espec. del Envolvente	Comentarios
Desbalanceo de la massa. Termale	1X	radial*	Uniforme	Banda Angosta	Flexión debida tensiones estáticos puede cuasar un incremento de la amplitud con la temperatura
Dinámico	1X	radial		Por lo general algunos armónicos 1X	Forma mas común desbalanceo
Par de fuerzas	1X	radial, axial			
Rotor sobresaliente	1X	axial, radial			

*La plano radial incluye la dirección tangencial en todas las tablas.

DESALINEACIÓN

Fuente de Vibración	Frecuencia de excitación	Plano dominante	Amplitud	Caracter espec. del Envolvente	Comentarios
Desalineación angular	1X, 2X	axial	Uniforme	Banda Angosta	La mayoría de las desalineaciones son una combinación de paralelo y angular.
Desalieación paralelo	1X, 2X	radial	Uniforme	Banda Angosta	En largos acoplamientos, 1X será mas alto.
Combinación de paralelo y angular	1X,2X	radial, axial	Uniforme	Banda Angosta	Desalineación también se ve múltiplos de 2X.
Rodamiento chueco	2X, 1X incrementados y tonos de rodamiento	radial, axial	Alta Uniforme	Banda Angosta	Generalmente acompañada de componentes axiales.
Impulsora desalineada	2X, incremento en armónicos de ritmo de alabes	radial	Uniforme	Banda Angosta	Generalmente acompañada de amplitudes bajas axiales.
Desaliniamiento de engranes	Fuerte ritmo de engranaje	radial, axial	Uniforme	Generalmente bandas laterales alrededor del ritmo del engranaje.	Armónicos del engranaje son comunes.

FLECHA CON FLEXIÓN

Fuente de Vibración	Frecuencia de excitación	Plano dominante	Amplitud	Caracter espec. del Envolvente	Comentarios
Flecha con exflexión ligera	1X, 2X	radial, axial	Uniforme	Banda Angosta	Movimiento centrado en el acoplamiento parece desbalanceo
Flecha con exflexión al acoplamiento	1X, 2X	radial, axial	Uniforme	Banda Angosta Quizás armónicos de 2X, 3X.	Movimiento centrado en el acoplamiento parece desalineación

PROBLEMAS DE RODAMIENTOS CON GORRONES

Fuente de Vibración	Frecuencia de excitación	Plano dominante	Amplitud	Caracter espec. del Envolvente	Comentarios
Remolino de Aceite	0.38X, hasta 0.48X	Radial		Pico Agudo	
Latigazo de Aceite	0.38X, hasta 0.48X	Radial		Pico Agudo	Movimiento excéntrico en la masa del rotor parece desbalanceo. Movimiento excéntrico en el acoplamiento parece desalineación.
Juego excesivo en el rodamiento	Armónicos de 1X	Radial		Protuberancia en la serie de los armónicos	4X hasta 8X y/o 7X hasta 15X.
Holgura en el rodamiento con Gorriones. Rechina	0.5X, 1X	Radial		Armónicos 0.5X	
Rodamientos de Gorriones de Empuje. Rodamientos Zapatillas. Kingsbury	1X, Ritmo de la zapatilla Kingsbury	Axial		Armónicos 1X, Armónicos del ritmo de zapatilla Kingsbury	Generalmente seis