



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA**

**“Propuesta de un programa de mantenimiento basado en
condición para mejorar la disponibilidad de la flota de equipos de
la empresa RD RENTAL – Sede norte ”**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Mecánico Electricista

AUTOR:

Pravia Rojas, Jhoel (ORCID: 0000-0002-9051-9724)

ASESOR:

Salazar Mendoza, Aníbal Jesús (ORCID: 0000-0003-4412-8789)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Sistemas y Planes de Mantenimiento

CHICLAYO - PERÚ

2020

Dedicatoria

Dedico este proyecto a mi familia Quienes me impulsaron a llegar Hasta aquí y a seguir creciendo A diario. Son ellos los que merecen esto Y muchísimo más.

Jhoel

Agradecimiento

Me quedaría corto este texto para agradecer a mi familia a quienes les debo todo su sacrificio para ayudarme a llegar hasta aquí, por su apoyo incondicional conmigo. También a agradecer a la empresa RD RENTAL Permitiéndome realizar mi proyecto de investigación En su flota de equipos e instalaciones. A mis compañeros de trabajo, a mis futuros Colegas aquí presentes.

El autor

Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de figuras	v
Índice de tablas	vi
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	3
III. METODOLOGÍA	17
3.1. Tipo y diseño de investigación	17
3.2. Variables y Operacionalización.....	17
3.3. Población, y muestra	17
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	18
3.5. Procedimientos	19
3.6. Métodos de análisis de datos.....	19
3.7. Aspectos éticos.....	19
IV. RESULTADOS.....	20
V. CONCLUSIONES.....	55
VI. RECOMENDACIONES	56
REFERENCIAS.....	57
ANEXOS	63

Índice de figuras

Figura 1. Diesel Engine	12
Figura 2. Técnicas generales de análisis	13
Figura 3. Planta de producción.....	20
Figura 4. Diagrama de una instalación.....	21
Figura 5. Sistemas principales del grupo electrógeno Mitsubishi.....	23
Figura 6. Sistema de generación de potencia del eje del motor.....	24
Figura 7 Diagrama del generador con excitación separada	26
Figura 8 Cómo funciona la transferencia automática TTA	28
Figura 9. Periodos de actividad de una Transferencia automática TTA	28
Figura 10. Módulo de Control UA.....	29
Figura 11. Bosquejo de Entrada-Proceso-Salida del grupo electrógeno G1080-01	30
Figura 12. Desarrollo de trabajo de generación a través de carga del grupo electrógeno.....	31
Figura 13. Equipment boundary – Electric generators	32
Figura 14. Esquema de códigos y distribución	33
Figura 15 Mantenimientos correctivos antes y después de aplicar el MBC	47
Figura 16 Comparación de horas perdidas antes y después de aplicar el MBC ..	48
Figura 17Mantenimiento Predictivo - Termografía	51
Figura 18. Análisis de aceite	53
Figura 19. Mantenimiento Predictivo Pruebas Off -Line	54

Índice de tablas

Tabla 1. Listado de grupos electrógenos de la misma marca y modelo de la empresa RD RENTAL	18
Tabla 2. : Labor ejecutada en los sistemas del grupo electrógeno G1080-01	33
Tabla 3. Criticidad del sistema de combustible	35
Tabla 4. Criticidad del procedimiento de encendido	35
Tabla 5. Criticidad del procedimiento de admisión	36
Tabla 6. Criticidad del sistema de combustible	36
Tabla 7. Criticidad del método de Inducción.....	36
Tabla 8. Criticidad del sistema de inducción	37
Tabla 9. Criticidad del procedimiento de supervisión	37
Tabla 10 Resumen de Valoración de la criticidad - Grupo electrógeno G1080-01. Sistema	37
Tabla 11 Cantidad de fallas sobre los sistemas del grupo electrógeno G1080-01.	39
Tabla 12. Sistema de Combustible – Estudio de tipos de error y consecuencias de fallo.....	39
Tabla 13. Sistema de Combustible - Registro de decisión del RCM	41
Tabla 14. Sistema de Refrigeración - Registro de decisión del RCM.....	42
Tabla 15. Sistema de Inducción eléctrica - Hoja de decisión del RCM.....	43
Tabla 16. Mantenimiento del Grupo electrógeno G1080-01según RCM.....	44
Tabla 17. Actividades de sostenimiento de prevención de métodos No Críticos. 45	
Tabla 18. Actividades correctivas en los sistemas del grupo electrógeno año 2018	46
Tabla 19. Grupo electrógeno.....	47
Tabla 20. Comparativo de costos 2017-2018.....	54
Tabla 21. Características mecánicas del grupo electrógeno G1080-01	64
Tabla 22. Características eléctricas y electrónicas del grupo electrógeno G1080-01	65
Tabla 23 Equipo generador de datos	65
Tabla 24 Clasificación del equipo – Grupo electrógeno	66
Tabla 25 Departamento de equipos sucursal-generador	67
Tabla 26. Datos específicos - Generador eléctrico.....	67

Tabla 27. Criterios de criticidad y su cuantificación.....	68
Tabla 28 Criticidad del grupo electrógeno por sistemas.....	68
<i>Tabla 29.</i> Formato de inspección de períodos cortos.....	69
Tabla 30. Modo de falla del sistema de refrigeración y análisis de impacto de falla	70
Tabla 31. S istema de Inducción eléctrica - Modo de falla y análisis de consecuencias de fallo.....	71

RESUMEN

El propósito de este trabajo de investigación es analizar y evaluar planes de mantenimiento centrados en la confiabilidad, que tiene como eje central el mantenimiento basado en la condición, aplicado al grupo electrógeno G1080-01 Mitsubishi, de la empresa RD RENTAL SAC – ZONA NORTE, debido al aumento de fallos imprevistos haciendo disminuir su disponibilidad de trabajo. La presente investigación trata de analizar la data histórica de los grupos electrógenos para cuantificar los principales índices de mantenimiento, Además del análisis crítico del sistema del grupo electrógeno y la evaluación del mismo a través del modo de falla y análisis de impacto (FMEA), también se calculó la densidad de falla y se determinaron los siguientes resultados: Redujeron su tasa de falla en un 47% con respecto a 2017. El tiempo no disponible se ha reducido en un 93% debido a un análisis y evaluación de los sistemas críticos del Grupo Electrógeno, identificando los fallos potenciales, y aplicando el mantenimiento basado en la condición, así mismo se procedió a implementar el almacén con repuestos de alta rotación. Aquí, un análisis de costos comparativo entre el mantenimiento preventivo y correctivo tradicional (antes) y el estándar de mantenimiento basado en condiciones (después) determinó una reducción del 75%. Bajo estos procedimientos, se ha mejorado la disponibilidad del plan de prueba (análisis de G.E.), y se recomienda que este método se aplique a todos los grupos electrógenos de RD RENTAL.

Palabras clave: Mantenimiento, flota de equipos, programa

ABSTRACT

The objective of this research work is to analyze and evaluate a Reliability-Centered Maintenance plan whose central axis is condition-based maintenance, applied to the G1080-01 Mitsubishi generator set, from the company RD RENTAL SAC - ZONA NORTE, due to an increase in unforeseen failures and a decrease in your work availability. This research tries to analyze the historical data of the generator sets to quantify the main maintenance indices, as well as to make a criticality analysis of the systems that the generator set has and evaluate them through failure modes and effects analysis (FMEA) , the failure density was also calculated, determining the following results: the failure rate was reduced by 47% compared to 2017. The unavailability times are reduced by 93%, this reduction is due to an analysis and evaluation of the critical systems of the Generator Set, identifying potential failures, and applying maintenance based on the condition, likewise the warehouse was implemented with high-turnover spare parts. A comparative cost analysis is carried out between traditional preventive and corrective maintenance and maintenance with criteria of condition-based maintenance, in which a reduction of 75% is determined. Under these procedures, the availability of the pilot plan is improved (analysis of a G.E.), it is recommended to apply this methodology to all the generators of the RD RENTAL company.

Keywords: Maintenance, equipment fleet, program

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad los diversos sectores económicos buscan constantemente obtener procesos de producción más eficientes, además de la optimización de recursos esto tiene como finalidad generar una mayor rentabilidad para una empresa. Por lo tanto, el área de mantenimiento tiene un papel primordial en los diversos procesos de producción; siendo este una actividad influyente en cuanto a mantenibilidad, disponibilidad, preservación de vida útil de maquinaria y/o cualesquiera otros activos o bien. El mundo de alquiler de maquinaria no es ajeno a ello. Por lo tanto, resulta vital tener equipos disponibles, confiables, eficientes y lo cual es primordial en este sector empresarial e influye de manera directa ante un mercado de constante crecimiento.

Por ello es necesario tener un área competente de mantenimiento acorde a sus necesidades; por tal motivo, no es suficiente contar y/o usar equipos sofisticados para evaluación y diagnóstico de equipos si en cambio la gestión del mantenimiento no está bien estructurada o basada en algún tipo de estrategia vigente. Así mismo, debemos considerar el envejecimiento de equipos que también nos juega un papel en contra.

RD Rental (1992) RD RENTAL SAC es una empresa de capital peruano que pertenece al grupo RIVERA DIESEL SA que tiene origen en 1992 comprometidos con la comercialización de repuestos y filtros para motores Diesel. En 1997 incursiona en la línea de alquiler de grupos electrógenos. Con un crecimiento permanente en el 2007 el grupo RIVERA DIESEL planea con toda la experiencia ganada desde 1992 en crea RD RENTAL SAC, empresa enfocada en el alquiler de maquinaria (entre ellos Grupos electrógenos).

Actualmente cuenta con una amplia gama de equipos dedicada al servicio de alquiler, que se utilizan en diversos sectores económicos de nuestra patria tales como la agroindustria, industria, construcción, energía, telecomunicaciones, minería, comercio, salud, turismo, servicios, etc. Dentro de la flota de equipos aquellos que tiene mayor demanda son los grupos electrogenos de 56kW, 90kW y 200kW; y las equipos de elevacion del tipo plataforma de tijeras de 10m de altura.

Sin embargo el hecho de tener una extensa flota de equipos le dificulta a tener una adecuada gestion de mantenimiento, debido a la diversidad de tipos, marcas, modelos y considerando la tecnologia avanzado de los equipos actuales. El

sistema actual de manteniendo solo considera al mantenimiento preventivo y correctivo como tareas a ejecutar los cuales se basan en la experiencia adquirida durante los últimos años; sin embargo no se considera el envejecimiento de los equipos ni se utiliza alguna estrategia o metodología actual con la finalidad sobre como elevar su disponibilidad, confiabilidad de los mismos lo cual es lo más importante para el usuario arrendatario.

La investigación se justifica técnicamente debido que trata de aumentar la operatividad, y disponibilidad de la flota de equipos estudiada, así mismo mantener la eficiencia de los equipos durante toda su vida útil, en lo económico por lo que al incrementar la eficiencia durante su vida útil de los equipos tendremos menores en gastos en mantenimiento correctivos, menor número y paradas de producción generando confianza y seguridad del cliente, logrando así ventajas en un mercado de constante crecimiento.

La investigación responderá a la siguiente formulación del problema ¿El Mantenimiento Basado en Condición (MBC) mejorará la disponibilidad de la flota de equipos de la empresa RD RENTAL SAC – Sede Norte?

La investigación responderá al siguiente objetivo general Diseñar un Programa de Mantenimiento Basado en Condición para la flota de equipos de la empresa RD RENTAL SAC – Sede Norte. (La investigación piloto está referido a un Grupo Electrónico), los objetivos específicos Efectuar un diagnóstico de los indicadores principales de mantenimiento del grupo electrónico elegido antes y después de utilizar el Mantenimiento basado en Condición. Realizar una evaluación de criticidad de la muestra (GE) en función de sus sistemas de operación más importantes. Determinar las fallas comunes de los equipos (muestra) que tienen sistemas similares: determinar tiempo entre fallas, duración de la falla, costo y disponibilidad inicial antes de aplicar nuevo plan de mantenimiento. Realizar una comparación de costos antes y después de utilizar el MBC.

Por otro lado se contrastará la hipótesis El Mantenimiento Segmentado en la Característica SI mejorará la disposición de la flota de los equipos de la empresa RD RENTAL SAC. – Sede Norte

II. MARCO TEÓRICO

Ardilla, Ardila, Rodriguez, & Hincapie, 2016. En su artículo «La gerencia del mantenimiento. Nos muestra lo importante que es gestionar el mantenimiento, identificar los problemas que encuentran los investigadores sobre el tema, los métodos aplicados y los resultados obtenidos. A través de ella, el diseño, implementación y uso de un sistema de gestión de mantenimiento informático (CMMS) como herramienta para optimizar la gestión de activos físicos puede ser el principal tema de preocupación, lo que nos hace necesario investigar este problema y encontrar soluciones que puedan dar solución a las necesidades del departamento de producción. Aplicaciones que aumentan su competitividad.

Palma Inostroza, 2018. Define a la gestión de mantenimiento como «Los servicios de mantenimiento deben organizarse adecuadamente mediante la introducción de procedimientos de mantenimiento preventivo y el control del mantenimiento correctivo para optimizar la disponibilidad del equipo. Posteriormente, el requisito de minimizar los costos de mantenimiento enfatizó esta necesidad para la organización al introducir un control de costos y una mayor organización dentro de la empresa. Ante la necesidad de minimizar costos, se implementan estrategias en mantenimiento. Siendo el TPM y RCM las más usuales. Carcel Carrasco, 2016. Nos presenta la particularidad de los sistemas TPM y RCM en la ingeniería de mantenimiento analiza fundamentalmente los aspectos básicos de estos dos sistemas organizativos y las características que los sustentan, lo que los convierte en un referente para los sistemas utilizados por la empresa.

Moreno (2017) son las herramientas TPM y PMI un apoyo real para la reducción de costes operativos en las organizaciones». Analiza si verdaderamente al ser usadas en la gestión de mantenimiento reduce los costos operativos. Pathirana & Kumudu Abeygunawardane (2017). Por su parte nos muestra una estrategia de mantenimiento. Desarrollando un modelo de mantenimiento probabilístico basado en inspección de motores Diesel basado en los conceptos prácticos del modelo discutidos en la literatura. El modelo desarrollado se resuelve utilizando datos reales obtenidos de historiales de inspección y mantenimiento de motores Diesel y opiniones de expertos. Se calcularon los índices y costos de confiabilidad para la política de mantenimiento actual de los motores Diesel. Se realiza un análisis de

sensibilidad para observar el efecto del mantenimiento preventivo basado en la inspección en el costo del ciclo de vida de los motores Diesel.

Zuñiga-García & Prozzi, 2018. Desarrolla con su artículo desarrolla estudio probabilístico del costo del ciclo de existencia de la tecnología de mantenimiento de pavimentos. Ejecuto una indagación, en la cual desempeño e implementó una estrategia de trabajo probabilística con respecto a ejecutar un estudio de costos del ciclo de existencia sobre las primordiales tecnologías de mantenimiento de carreteras utilizadas en Texas. Trejo Álvarez, 2017. En su tesis para la Universidad Autónoma de Occidente-Santiago de Cali Colombia diseña un plan de mantenimiento preventivo y correctivo para el montacargas Hyster 02 y el tractocamión Kenworth T800 para la comercializadora El Forraje S.A.

Por su parte Alcantara Vera & Colque Paredes, 2019. Buscan mejorar la gestión de manteniendo con su tesis de Propuesta de Optimización de la Administración en el proceso de post venta en la Empresa de Servicio Automotriz Ferreycorp S.A. Mediante el Mantenimiento Productivo Total (TPM). Pretende demostrar que la implementación de los 03 primeros pilares de la implementación del TPM los cuales son: Mantenimiento Autónomo, Mantenimiento Aplicado y Mejoras Enfocadas mejora la gestión del proceso de post venta, esto se consigue mediante la implementación de dichos pilares en el subproceso de mantenimiento.

Aquino Olarte (2017) En su tesis Plan de Mantenimiento segmentado en la Condición tiene como objetivo incrementar la disponibilidad de la Planta SAG de Compaq Mining Perú. Su investigación sostuvo como finalidad esencial preparar En el molino SAG es clave subdividir el plan de mantenimiento en condiciones, pues su operación es continua y gran parte de la producción minera depende del plan de mantenimiento, por ello informa de todas las listas de inspección, repuestos diarios, equipos Se realizaron inspecciones técnicas controladas, registros de estado de los equipos y paradas de todos los sistemas. Se encontró que la disponibilidad de maquinaria en 2014 fue de 88%, lo cual se consideró muy bajo de acuerdo a los requerimientos de la empresa minera. Por ello, se realizó este trabajo para desarrollar un plan de mantenimiento con base en el estado de 2015 , Para determinar la función, falla de función, modo de falla para ejecutar la tabla de criticidad, que es la base de la investigación, por lo que se determina cuál es la investigación de falla correctiva y la tarea de mantenimiento de FMEA. Para verificar

la hipótesis, se utilizó la t de Student como muestra relevante, y los resultados mostraron que antes y después de la aplicación del mantenimiento basado en condiciones, efectivamente hubo un cambio en la disponibilidad mecánica y finalmente la tasa de utilización mecánica de un molino SAG mejorado fue del 92%

Reyes Villarruel (2018) En su tesis, implementó un plan de mantenimiento para el equipo de montacargas de la empresa UNIMAQ. Rivera Arellano, 2014. en su tesis eligió el título de Ingeniero Mecánico de la Universidad Nacional del Centro del Perú. Implementé un sistema de mantenimiento predictivo para la flota de equipo pesado de la provincia y ciudad de Daniel Alcides Carrión-Yanahuanca. Desarrollar procedimientos consistentes de mantenimiento como solución a problemas en unidades de equipo. Luego de realizar un análisis estadístico en base al número de fallas, el programa contiene un conjunto de elementos asociados a la aplicación del sistema de mantenimiento predictivo, que determina la disponibilidad, confiabilidad y criticidad del equipo.

Valera Villena, 2019. En su tesis con respecto a optar por el título de Ingeniero Mecánico para la Universidad Nacional de Trujillo realiza un Diagnóstico situacional para incrementar dichos índices sobre el mantenimiento de la maquinaria de la Empresa GCZ Ingenieros SAC. Así mismo recomienda implementar un plan de mantenimiento junto con dicho estudio de criticidad en la maquinaria que presentaron bajos porcentaje de indicadores.

Ortiz Montenegro, 2017. Implementa una estrategia a la gestión de mantenimiento En su tesis se aplica el diseño del sistema de gestión de mantenimiento segmentado en peligros (MBR) con respecto al lugar donde se colocaría la maquinaria pesada en la provincia de Moyobamba para aumentar la disponibilidad y aminorar el retraso en la fabricación. Por otro lado entre las teorías se tiene el mantenimiento se define como todas las operaciones destinadas a guardar el proyecto o restaurarlo a un estado en el que la función pueda realizarse por la cual fue adquirida. Estas acciones constan de una serie de combinaciones entre técnicas y administrativas. En ingeniería existen muchas metodologías del mantenimiento, las cuales se utilizan para algunas organizaciones por especialidades.

En el tiempo, el mantenimiento tiene dos historias bien diferenciadas, visto de otro modo los aspectos técnicos y económicos: En cuanto a su tecnología, nació

de la primera herramienta, el hombre primitivo muele la primera piedra, y desde entonces ha seguido el desempeño de las ciencias aplicadas y el desempeño de las actividades productivas. Desde otra perspectiva económica, nació al introducirse el tema de que no hay diferencia entre las actividades de producción y el mantenimiento, porque durante estas dos actividades, la que sale beneficiada es la organización productiva.

Evolución del mantenimiento, cuando se habla de un importante mantenimiento a realizar después de mediados del siglo XX, se equivoca. Técnicamente, el mantenimiento entró en la industria en el siglo XI, cuando (Ferrell) un gerente de mantenimiento se encargaba de reparar electrodomésticos y máquinas en Farga Catalana- (una instalación dedicada a la obtención de hierro y metal). Acero bajo en carbono de los Pirineos Orientales). Después de la Segunda Guerra Mundial, el mantenimiento se ha vuelto realmente más técnico. Con el desarrollo de muchos aspectos, el mantenimiento también debe hacer lo mismo.

Equipos e Instalaciones Electromecánicas. La constante evolución técnica de maquinaria, El desarrollo e incremento de nuevos materiales, La situación política del estado, El desempeño de la ciencia y tecnología. La conservación del entorno. Todos estos factores obligan a la mejora continua para cumplir con los requisitos del desarrollo industrial. Equipos e Instalaciones Electromecánicas. Para SILVA Burga, 2005. El mantenimiento a evolucionado a través de tres generaciones. Como todo proceso evolutivo, el campo de mantenimiento también sigue una serie de secuencias cronológicas descritas en una metodología específica.

Primera Generación, La primera generación cubre el período hasta la Segunda Guerra Mundial. En ese momento, la industria aún no estaba altamente mecanizada., por lo que el tiempo de inactividad no era muy importante. Tiene por significado la cual debe prevenir errores en la maquinaria no es una preferencia para la mayoría de los gerentes. A su vez, la mayor parte del equipo es simple y una gran cantidad de equipos son muy grandes. Esto los hace fiables y fáciles de reparar. Por lo tanto, aparte de los simples procedimientos de limpieza, mantenimiento y lubricación, no hay necesidad de mantenimiento del sistema. Silva Burga (2005).

La presión del tiempo de guerra aumentó la demanda de diversos productos básicos, mientras que, al mismo tiempo, la cantidad de colaboradores de industria

se aminoró de forma drástica. Esto conduce a una mayor mecanización. En la década de 1950, aumentó el número y la complejidad de varios tipos de máquinas, y toda la industria comenzó a confiar en ellas. A medida que aumenta esta dependencia, la atención se centra en el tiempo de inactividad de la máquina. Esto llevó a la idea de que se deberían prevenir las fallas en los equipos, dando lugar al concepto de mantenimiento preventivo. En la década de 1960, esto incluía principalmente revisiones periódicas. Los costos de mantenimiento en relación con otros costos operativos comenzaron a aumentar rápidamente, lo que llevó al crecimiento de los planes de mantenimiento y los sistemas de control. Estos definitivamente ayudan a mantener el mantenimiento bajo control y se han establecido como parte de las prácticas de mantenimiento. Al final, el capital total asociado con los activos fijos más un aumento sustancial en el costo de capital ha llevado a las personas a encontrar formas de maximizar la vida útil de estos activos / productos básicos.

Tercera Generación. Desde mediados de la década de 1970, el procedimiento de modificaciones industriales ha cobrado impulso. Las modificaciones están siendo clasificadas en: nuevos puntos de vista, nuevos estudios y nuevas ciencias aplicadas. En la industria manufacturera, la tendencia del sistema global (justo a tiempo) ha exacerbado el impacto del tiempo de inactividad de la máquina. Bajo esta tendencia, la reducción del inventario de materiales en el procesamiento significa que fallas menores en los equipos pueden cerrar toda la fábrica. En la actualidad, el crecimiento de la mecanización y la automatización ha reemplazado la confiabilidad y disponibilidad de factores clave en los campos de la medicina, el procesamiento sobre la información, las telecomunicaciones, la gestión administrativa de los edificios y la gestión de las compañías.

Gestión de mantenimiento, la administración del mantenimiento posee como finalidad evitar y revertir el impacto del desgaste en los activos físicos de la organización debido a las horas de trabajo y al paso del tiempo, siendo el núcleo la gestión del mantenimiento de la organización». Fracttal (2014). Objetivos de la gestión de mantenimiento, confiabilidad del equipo: dicha finalidad se deriva del objetivo anterior, que incluye asegurar que el equipo cumpla los límites de producción y horas hombre establecidos para crear valor dentro de la organización (Fracttal, 2014). Vida útil del equipo: cuanto mayor sea la eficacia de la gestión del

mantenimiento, que normalmente evita cuanto más tiempo se pueda utilizar la pérdida de equipos, instalaciones y activos tangibles para ayudar a lograr los objetivos de producción y crecimiento de la organización. En última instancia, esto se traducirá en una mayor tasa de retorno de la inversión y una mayor producción de rendimiento y valor. (Fractal, 2014).

Reducción de costos: Es necesario que las pérdidas se puedan prevenir y gastos imprevistos, lo que puede evitar el desperdicio de materiales, tiempo de mano de obra y mano de obra causados por paradas no planificadas, y también se puede utilizar para mantenimiento reactivo en la mayor parte de las situaciones. Costos de mantenimiento preventivo mucho más altos que los programados». (Fractal, 2014). Estrategias de gestión de mantenimiento, para llevar a cabo una buena gestión resulta necesario utilizar estrategias de mantenimiento que son distintos procesos sistematizados que adoptan las condiciones de una gestión teniendo como finalidad reducir el número de fallas, confiabilidad equipos y procesos de producción, reducción de costos operativos y mejor rentabilidad dentro de una organización.

Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM). Teniendo en cuenta el posible impacto de los modos de falla de los activos desde la seguridad, el medio ambiente y las funciones operativas, se prueban las mejores prácticas para garantizar las funciones principales del activo. Mantenimiento Productivo Total (TPM). "El mantenimiento total de la producción (TPM) es un sistema de gestión la cual permita prevenir diversas pérdidas en todo el ciclo de existencia del sistema de producción, generando una mayor eficiencia y permitiendo a cada una de las áreas y empleados (desde operadores hasta altos directivos) Puede participar y guiarlos para que se basen en actividades grupales. SILVA Burga (2005).

Mantenimiento Basado en Condición o Mantenimiento predictivo (CBM). Otras estrategias de mantenimiento se basan en otros principios, mientras que el mantenimiento basado en condiciones se basa en el diagnóstico avanzado de equipos e instalaciones. Según sus resultados, es decir, la disponibilidad, confiabilidad, costo de mantenimiento, vida útil de la instalación, seguridad y bajo impacto al medio ambiente en el diagnóstico previo de los equipos Renovetec, s.f. Optimización de Mantenimiento Planeado (PMO). Basado en la experiencia actual del personal de mantenimiento y de la planta, métodos de diseño para revisar y

optimizar todos los requisitos del sistema, registros del historial de fallas e información técnica de los activos operativos.

Optimización Integral del Mantenimiento (MIO). Estrategias para reducir el costo de todo el ciclo de vida de los activos; usar metodología de confiabilidad humana, usar talentos ideales para ejecutar estrategias, procesos de producción, procedimientos de optimización de sistemas y programas, y por supuesto, procedimientos de optimización de capital intelectual.

El mantenimiento Predictivo o Mantenimiento basado en condición, define y gestiona valores de alarma y acción para todos los parámetros que se consideren necesarios para la medición y la gestión. En comparación con el mantenimiento del sistema basado en la cantidad de horas de trabajo o el tiempo transcurrido desde la última revisión, el mantenimiento predictivo tiene la ventaja indiscutible de que en la mayoría de los casos no es necesario un desmontaje a gran escala, y en muchos casos ni siquiera es necesario detenerlo. máquina. Suelen ser técnicas no invasivas. Si se encuentran irregularidades después de la inspección, sugiera u organice medidas de intervención. Además de predecir y predecir fallas catastróficas de las piezas, la tecnología de mantenimiento predictivo tiene otra ventaja: comprar repuestos cuando sea necesario, eliminando así el inventario (capital fijo)». (Renovetec, s.f)

Dentro del mantenimiento predictivo las técnicas más usadas son: análisis de vibraciones, El análisis de vibraciones es la técnica principal para monitorear y diagnosticar maquinaria rotativa e implementar planes de mantenimiento predictivo. El análisis de vibraciones se ha aplicado eficazmente al monitoreo y diagnóstico de fallas mecánicas en maquinaria rotativa y tiene una historia de más de 30 años. Inicialmente, los dispositivos analógicos se usaban para la medición de vibraciones de banda ancha, por lo que las fallas en los rodamientos y engranajes no se podían diagnosticar de manera confiable. Más tarde, los filtros sintonizables se integraron en equipos electrónicos analógicos, lo que mejoró enormemente las capacidades de diagnóstico, pero no pudo procesar la información en lotes. Desde 1984, el equipo digital (analizador-colector) con FFT en tiempo real y capacidades de almacenamiento se ha utilizado y procesado en software de PC.

Hoy en día, nadie duda de la capacidad del estudio de vibraciones en maquinaria rotativa, pudiendo incluso diagnosticar ciertos problemas en motores».

(Predictec, s.f.). Cuando aplicamos el análisis de vibraciones de la maquinaria rotativa puede diagnosticar con precisión: Desequilibrio, Dislocación, Brecha, Polo, Ejes doblados, Ruedas excéntricas, Llevando, Engranajes, Falla eléctrica.

Las máquinas clave que se pueden monitorear en una fábrica industrial son las siguientes: turbinas de vapor y gas, bombas centrífugas, ventiladores, motores eléctricos, compresores rotativos, de tornillo y alternativos, agitadores, mezcladoras, molinos y hornos rotativos, caja de cambios centrifuga, torres de enfriamiento, motores diesel y generadores de equipos de generación de energía.

Inspecciones boroscopias, la endoscopia es una inspección visual que se lleva a cabo en lugares inaccesibles para el ojo humano con la ayuda de endoscopios de equipos ópticos. Debido al éxito de la endoscopia humana y animal, se ha desarrollado en el campo industrial. El barómetro, también conocido como copiadora de video o boroscopio de video, es un dispositivo delgado con una forma de varilla flexible que se puede utilizar para análisis posteriores. No hay duda de que los boroscopios son otra herramienta importante para inspeccionar las partes internas de ciertas máquinas sin un desmontaje importante. Por tanto, se utiliza mucho para observar las partes internas de los motores térmicos (motores de combustión interna, motores de combustión interna, turbinas de gas y turbinas de vapor), y para observar determinadas partes de calderas, como haces de tubos o cúpulas.

No solo se utiliza para tareas de mantenimiento predictivo. Dentro de este tubo, hay un sistema telescópico con muchas lentes, que puede proporcionar una excelente claridad de imagen. Además, está equipado con una potente fuente de luz. La imagen del resultado se puede ver en la lente principal del dispositivo, en el monitor o grabar en la grabadora de video para una inspección de rutina, y también se puede inspeccionar en la auditoría técnica para determinar el estado interno del dispositivo antes de la operación de compra. Evaluar el estado de las empresas o instalaciones contratistas que amplían o renuevan equipos. Una de las ventajas de esta inspección es que es fácil de realizar sin desmontar nada y la imagen se puede guardar para referencia posterior». mantenimiento pretróquímica, s.f.

Análisis de aceites, el análisis de aceite incluye varias pruebas de laboratorio en muestras. Los resultados proporcionan información básica sobre las condiciones de lubricación, los niveles de contaminación y el desgaste de los componentes del

equipo lubricados con aceite. (ALSglobal, s.f). El análisis de aceite de los motores Diesel sigue importantes métodos de razonamiento: según las condiciones de la máquina requeridas por desgaste y carga, la calidad o el estado de degradación del lubricante para que pueda proteger la máquina.

Verifique si hay contaminantes y enemigos mortales en todo el sistema. Para la evaluación del desgaste, el mantenimiento predictivo utiliza espectrometría de emisión atómica para cuantificar los químicos, aditivos y contaminantes del desgaste. Cuando se necesita un estudio más detallado del tipo y método de desgaste, se puede utilizar ferrografía analítica. El agua también es un gran enemigo de los motores Diesel. Su presencia reducirá la calidad del lubricante en sí y acelerará el desgaste de las piezas móviles. La presencia de agua en el combustible puede provocar la corrosión del depósito de combustible y producir compuestos que normalmente se llevan a la bomba y las boquillas, provocando desgaste. Las pruebas de infrarrojos pueden proporcionar información importante sobre los otros enemigos principales de los motores Diesel: Hollín: Residuo de combustión. Sulfatación/Sulfatos: Incluso los combustibles con bajo contenido de azufre son producidos por la reacción de azufre del combustible., Nitración: Compuestos de nitrógeno producidos por la combustión del motor, generalmente relacionados con problemas del sistema de inyección. Oxidación: El resultado de la reacción con el oxígeno y la aceleración debido al calor y otros efectos de la combustión natural y la combustión adecuada en el motor.

El gráfico muestra un ejemplo de cómo los valores de oxidación, hierro (Fe) y cobre (Cu) en el aceite de motor diésel mantienen niveles normales durante miles de kilómetros, pero en algún momento estos valores comienzan a subir. incrementar. Tal cambio indica que algo está sucediendo en el motor, lo que resulta en un resultado modificado, incluso si ningún indicador activará una llamada de atención en este momento.(MobilLubricantes, s.f.).

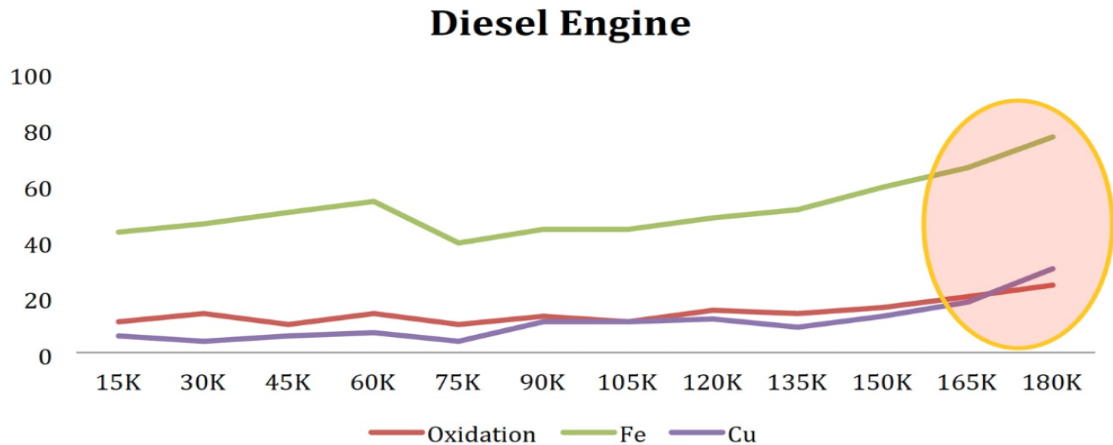


Figura 1. Diesel Engine

Fuente: MobilLubricantes, s.f.

Además, existen otras tecnologías de aplicación, por lo que no se consideran el caso, pero son importantes, por ejemplo: inspección visual y lecturas de indicadores. Herramientas de gestión de mantenimiento, Son aquellos pasos basados en recolección y análisis de datos de mantenimiento usados con la finalidad de seleccionar las estrategias adecuadas en la gestión para poder obtener grandes resultados. Siendo las más usuales.

Análisis de Criticidad (ECA). PRAT Planas. El análisis de criticidad es un método que puede establecer una jerarquía o prioridad de procesos, sistemas y equipos, crear estructuras que ayuden a tomar decisiones correctas y efectivas y orientar el trabajo y los recursos en las áreas más importantes y / o más importantes. De acuerdo con la situación actual actual, mejore la confiabilidad operativa. Mejorar la confiabilidad operativa de cualquier instalación o sus sistemas y componentes se relaciona con cuatro aspectos básicos: confiabilidad del proceso, confiabilidad del personal, confiabilidad del equipo y mantenimiento del equipo.

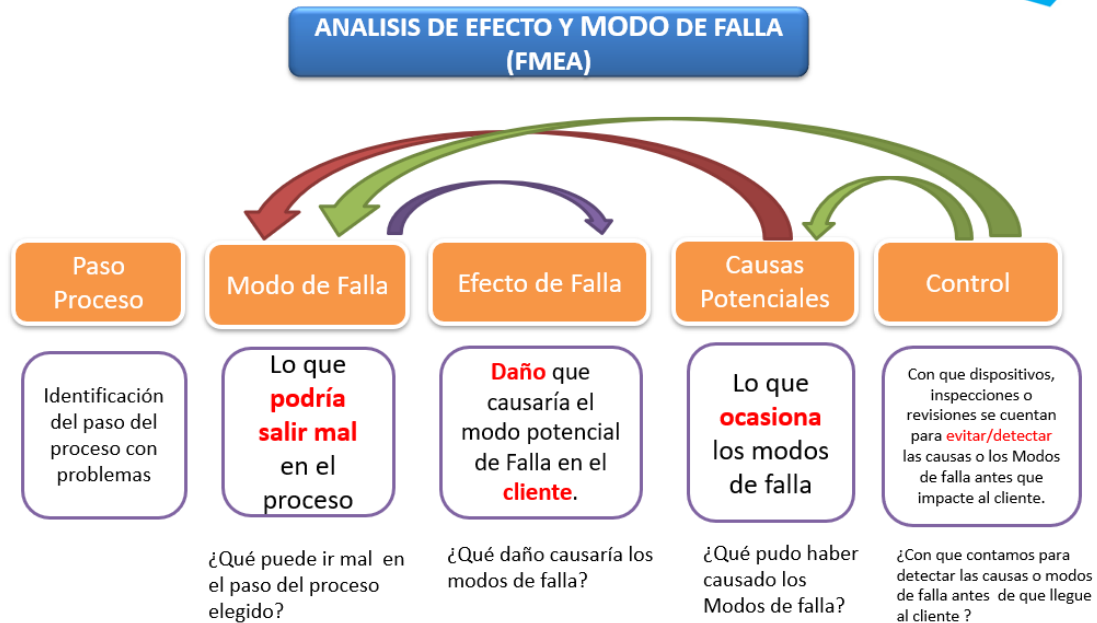


Figura 2. Técnicas generales de análisis

Fuente: Tecsup

Análisis Causa Raíz (RCA). El propósito de aplicar la tecnología del sistema es especificar la causa, el impacto y la frecuencia de la falla para reducir o eliminar la falla. Inspección Basada en Riesgos (RBI). Analizar con base en la cuantificación de riesgos para definir la posibilidad de fallas del sistema y las consecuencias de fallas en el personal, el medio ambiente y los procesos. Análisis Costo - Riesgo - Beneficio (CRBA). El mejor método de combinación se puede especificar entre el costo de realizar una actividad y los logros de la actividad para analizar los riesgos involucrados en realizar o no realizar dichas actividades. Costo del Ciclo de Vida (LCC). Basado en el impacto de la inversión sobre el costo total del nuevo activo o el ciclo de vida del activo antiguo, una tecnología que le permite elegir entre planes de inversión o acciones para mejorar la confiabilidad.

Confiabilidad operacional, para (Espinosa, 2011).la Confiabilidad Operacional Es una serie de tecnologías de mejora continua, introduciendo métodos analíticos y nuevas tecnologías; el propósito es mejorar (de bienes o servicios) los servicios de producción, planificación, ejecución y control. La confiabilidad operativa trata de evitar evitarla en el sistema general compuesto por personas, procesos y activos

para lograr funciones en un entorno operativo específico. Consiste en: Confiabilidad de proceso: Se la correcta ejecución del programa, obteniendo los parámetros establecidos para cumplir con las condiciones establecidas».

Confiabilidad de equipo: También conocida como confiabilidad de consumibles; se refiere a la integración entre diferentes procesos o unidades internas (tales como operaciones, suministro, desarrollo) para tener suministro cuando sea necesario». Confiabilidad humana: Se relaciona con la participación, compromiso y habilidades de las personas en las actividades que les corresponden y la estructura organizacional para lograr el objetivo. Mantenibilidad: Conjunto de operaciones destinadas a mantener o restaurar componentes, equipos o sistemas en un estado en el que se puedan realizar sus funciones. Comprender cualquier actividad realizada por funciones, componentes, equipos o sistemas desde una perspectiva operativa..

Influencia del factor humano en el mantenimiento Cárcel Carrasco, Francisco Javier, (2016) Los factores humanos son el foco de las actividades de mantenimiento, que afectan de manera especial la confiabilidad y operación de la empresa. En este artículo, tenemos una idea básica de la función de mantenimiento, y a continuación consideramos los factores humanos en las actividades anteriores y varios documentos y regulaciones que consideran la función. Para obtener resultados de medición correctos y conocimiento de la confiabilidad del sistema, se deben considerar los posibles efectos del error humano. El análisis del diseño del sistema, los procedimientos y los informes de accidentes posteriores muestra que un error humano puede causar un accidente inmediato o puede desempeñar un papel importante en la ocurrencia de un accidente. Si no se considera la posibilidad de un error humano, el resultado es incompleto y, a menudo, se juzga mal.

Indicadores de mantenimiento, Reliabilityweb (n.d.) Los indicadores de gestión son expresiones cuantitativas del comportamiento y desempeño del proceso. En comparación con ciertos valores de referencia, su tamaño puede indicar desviaciones según la situación. Se han tomado acciones correctivas o preventivas dependiendo de la situación. Para utilizar los indicadores, se debe implementar un sistema completo desde la comprensión adecuada de los hechos o características hasta la toma de decisiones adecuadas para mantener, mejorar e

innovar los procesos de los que son responsables. Inicialmente, sirvió más como un instrumento para controlar los procesos operativos que como un instrumento de gestión para apoyar la toma de decisiones. Por tanto, el establecimiento de un sistema de indicadores debe incorporar los procesos operativos y administrativos de la organización y basarse en acuerdos de desempeño basados en tareas y metas estratégicas.

$$D(t) = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} * 100\%$$

Disponibilidad (D (t)) La facilidad de uso es el principal objetivo del mantenimiento y puede definirse como la posibilidad de que un componente o sistema al que se le está dando servicio cumpla su función satisfactoriamente o esté disponible dentro de un tiempo determinado. De hecho, la disponibilidad se expresa como un porcentaje del tiempo que el sistema está operativo o listo para la producción en el caso de funcionamiento continuo del sistema. Se puede expresar:

$$C(t) = e^{-\frac{\lambda t}{100}} * 100\%$$

La mantenibilidad se puede definir como la expectativa de que los equipos o sistemas puedan estar en funcionamiento dentro de un período de tiempo establecido cuando las operaciones de mantenimiento se realizan de acuerdo con los procedimientos prescritos. Puede expresarse como:

$$M(t) = \left(1 - e^{-\frac{\mu t}{100}}\right) x 100\%$$

Equipos con mayor demanda en la empresa rd rental sac plataforma de elevación eléctrica tipo tijeras, es una máquina autopropulsada diseñada para mover personas a posiciones altas de trabajo. Consta de una plataforma de trabajo o una canasta de trabajo, sistemas operativos eléctricos e hidráulicos. Su característica principal es que sus brazos en forma de tijera están entrelazados entre sí. Su sistema de elevación incluye un accionamiento mecánico accionado por un cilindro hidráulico.

Ventajas de las plataformas de tijeras debido a su diseño de cesta de trabajo, el elevador de tijera tiene la mayor capacidad de carga en todo tipo de plataformas de trabajo. En esta puede cargar 2 personas con sus equipos de trabajo el

equivalente a 250kg Realiza las tareas más exigentes. La expansión de la plataforma proporciona más espacio y cobertura adicional. Con elevación vertical, son muy fáciles de usar. El elevador de tijera eléctrico es extremadamente flexible y más compacto que el elevador diésel, lo que le permite trabajar en interiores y exteriores. Usualmente usadas en construcciones, principalmente en edificaciones o lugares con áreas donde el techo supera los dos metros suelen utilizarse, su uso reemplaza a los andamios; por diversos factores como versatilidad, eficiencia y seguridad industrial.

Grupo electrógeno es un equipo que consiste en un motor de combustión interna Diesel quien se encarga de convertir la energía química en mecánica este a su vez tiene acoplado un alternador eléctrico encargado de generar energía eléctrica.

Componentes de un grupo electrógeno: motor Diesel: Es un motor de combustión interna que usa el aumento de temperatura que ocurre cuando se usa gas comprimido para hacer que el combustible se encienda espontáneamente cuando se inyecta en la cámara de combustión. El término "diésel" no se refiere al combustible utilizado (generalmente diésel), sino a su inventor, Rudolph Diesel, y al hecho de que estos motores de pistón operan en el "ciclo" inventado por el diese (AutoFacil, s.f.).

Alternador: varía según el tipo de corriente producida. Por lo tanto, encontramos dos categorías principales de máquinas eléctricas rotativas: alternadores y generadores. El alternador genera electricidad a partir de corriente alterna. El elemento inductivo es el rotor y la armadura es el estator. Un ejemplo son los generadores en las centrales eléctricas, que convierten la energía mecánica en energía eléctrica de CA. El generador produce corriente continua. El elemento inductivo es el estator y el elemento de armadura es el rotor. Podemos encontrar un ejemplo de bicicletas y bicicletas». (Foro Nuclear, s.f.)

Panel de Control: Es un controlador de equipo, un computador de grupo electrógeno, su cómo función monitorear parámetros de trabajo tanto de motor de combustión y generador eléctrico, dichos datos comparan los valores de funcionamiento nominales establecidos; basándose en ellos para ordenar funciones a diversos actuadores instalados protegiendo así el grupo electrógeno.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Este trabajo de investigación trata de cuantificar los parámetros más importantes de los Grupos Electrógenos de la misma marca y modelo que pertenecen a la empresa RD Rental - zona norte, del total de la población (7 Grupos Electrógenos) tomaremos una al azar (muestra), la que evaluaremos los sistemas operativos que lo componen, sus fallas y las consecuencias que provocan en el sistema productivo de una organización, lo que se realizará con sus datos históricos (los que se encuentran en la bitácora de la empresa) para reducir fallas y tener mayor disponibilidad

Este trabajo de indagación utilizará el procedimiento inductivo por lo cual se logra organizar la observación, logrando obtener resoluciones universales debido a la coyuntura de información particular y es no experimental, lo cual no habrá manejo de las variantes estudiadas. El desarrollo de este método tiene la siguiente secuencia: Observación y registro de Datos. Análisis y clasificación de Datos. Derivación inductiva de una generalización a partir de Datos.

3.2. Variables y Operacionalización

3.2.1. Variable independiente

Desarrollo de un plan de mantenimiento basado en la condición.

3.2.2. Variable Dependiente

Mejora del porcentaje de indicadores de mantenimiento

Operación de variables (Ver Anexo 1)

3.3. Población, y muestra

3.3.1. Población:

Para el presente proyecto se considera como población los 7 grupos electrógenos marca y modelo similares, que pertenecen a la empresa RD Rental – zona norte, los cuales se detallan en la Tabla N°2.3.1, donde se encontrarán datos relevantes para su estudio y evaluación del año 2017

Tabla 1. Listado de grupos electrógenos de la misma marca y modelo de la empresa RD RENTAL

Item	Código RD	Equipo			Motor			Generador		
		marca	modelo	Serie	marca	Modelo	serie	marca	modelo	Serie
1	G1080-01	Mitsubishi	MGS1200C	V2494	mitsubishi	S12R-PTA-S	15548	STAMFORD	MG.7PB	X15A033706
2	G1080-02	mitsubishi	MGS1200C	V2495	mitsubishi	S12R-PTA-S	15549	STAMFORD	MG.7PB	0281051/1
3	G1080-03	mitsubishi	MGS1200C	V3009	mitsubishi	S12R-PTA-S	16119	LEROY SOMER	MG.L50L7	53995001
4	G1080-04	mitsubishi	MGS1200C	V3010	mitsubishi	S12R-PTA-S	16136	LEROY SOMER	MG.L50L7	53995002
5	G1080-01	mitsubishi	MGS1200C	V3466	mitsubishi	S12R-PTA-S	16869	STAMFORD	MG.7PB	X15A033709
6	G1080-02	mitsubishi	MGS1200C	V3465	mitsubishi	S12R-PTA-S	16862	STAMFORD	MG.7PB	X15A033705
7	G1080-03	mitsubishi	MGS1200C	V3467	mitsubishi	S12R-PTA-S	16871	STAMFORD	MG.7PB	X15A033707

Fuente: RD Rental

3.3.2. Muestra:

De la población obtenemos la muestra por medio de elección aleatoria, este procedimiento se realizó mediante la enumeración de cada GE, en un papel y sacando uno al azar, obteniéndose el Grupo electrógeno G1080-01

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1. Técnicas de recolección de datos

- **La entrevista.** Esta se utilizó con el personal: técnicos, especialistas y operadores con la finalidad de recopilar información sobre el desempeño de dichos equipos.
- **Análisis de hojas de servicio de equipos.** Para la presente investigación se recopilará, posteriormente se analizará la hoja de servicio los cuales son documentos llenados In-situ por tanto nos da parámetros de funcionamiento reales, la causas y soluciones de fallas presentados en campo; también observaciones y recomendaciones dadas por el personal técnico especialista designado.

3.4.2. Instrumentos

- **Microsoft Excel.** Para procesar datos, parámetros e indicadores.
- **Google Encuesta.** Se utilizo para la entrevista realizada para obtener información de equipos en obra.
- **Fotografías.** Con el fin de presentar los distintos equipos que serán analizados.

3.5. Procedimientos

La validez y confiabilidad de las técnicas e instrumentos aplicadas están basadas en la metodología del autor, las cuales nos dan valores aproximados de acuerdo con los parámetros recolectados en campo.

3.6. Métodos de análisis de datos

La data histórica y recolectada serán evaluados y analizados por medio de hojas de cálculo Excel.

3.7. Aspectos éticos

El actual proyecto de indagación se desarrollará mediante valores reales obtenidos sin alteración, por lo tanto, el investigador se compromete a respetar los reglamentos de las partes involucradas, además de registrar los aportes de cada autor, considerando los criterios de ética del Colegio de Ingenieros del Perú.

IV. RESULTADOS

4.1. Grupo electrógeno

Los grupos electrógenos de la empresa RD RENTAL SAC – Sede Norte, se emplean en organizaciones que necesiten de suministro eléctrico para la producción y de emergencia, Proporcionamos energía eléctrica En situaciones de emergencia, se utiliza en instalaciones importantes como hospitales, centros de datos, redes de telecomunicaciones, áreas residenciales y fábricas.



Figura 3. Planta de producción

Conversión de energía en Grupos Electrógenos, Los grupos electrógenos de la empresa RD RENTAL SAC – Sede Norte, vienen con un Tablero de Transferencia Automática, es decir, con un control electrónico basado en un microprocesador, el cual hace que el grupo electrógeno realice las siguientes funciones:

- Operación
- Protección
- Supervisión
- Autonomía

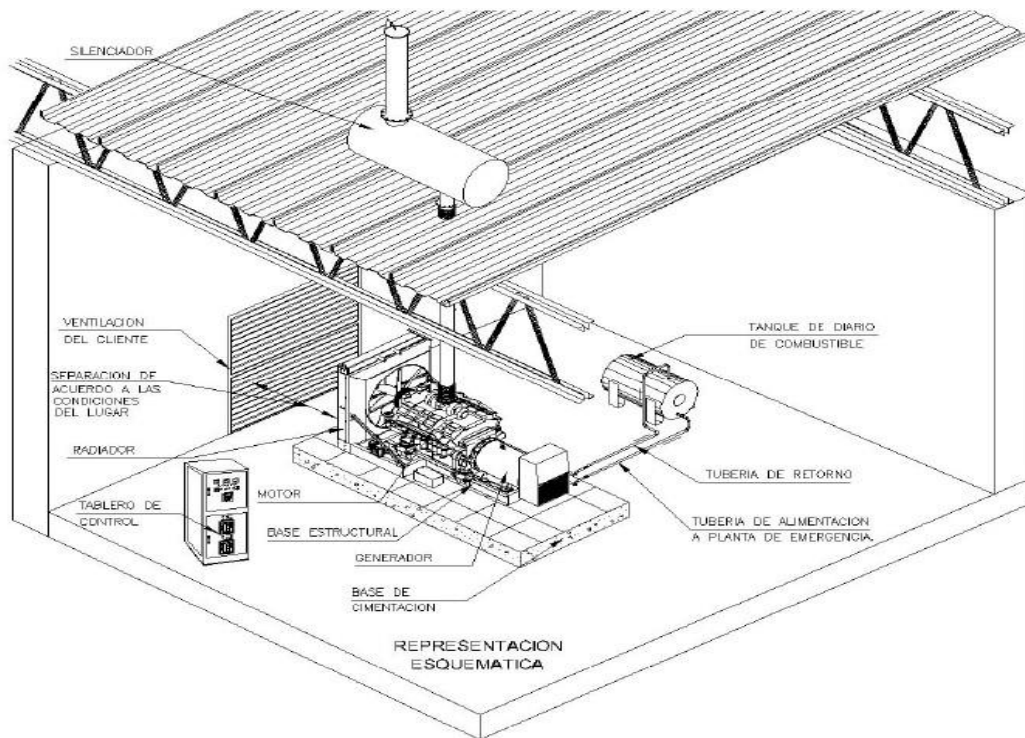


Figura 4. Diagrama de una instalación

Fuente. Elaboración propia

1. Grupo Electrógeno: Parámetros básicos

A nivel nominal, todo grupo electrógeno queda definido por sus particularidades de potencia, factor de potencia, voltaje, velocidad y frecuencia. Los parámetros importantes los cuales se toma en consideración con respecto al inicio del diseño de un Grupo electrógeno están conformados por los que a continuación presentamos:

- a. **Potencia** Según las Normas Internacionales DIN6271 y ISO3046: La potencia, se expresa en kW o kVA, y tiene la siguiente clasificación:
 - **Prime Power o Potencia Continúa**, Es la potencia que puede proporcionar el equipo y no tiene nada que ver con las horas de trabajo. Además, cuando se trabaja con este tipo de energía continua, puede soportar hasta un 10% de sobrecarga en el tiempo de trabajo continuo de un día, por un total de 2 horas.
 - **Stand by o Potencia de Emergencia**, Esta es la potencia más alta que puede proporcionar el dispositivo cuando está presente en la organización y la fuente de alimentación principal sigue fallando. Esto es aproximadamente potencia continua más un 10% de sobrecarga.

El parámetro más importancia es la selección de la potencia debido a Teniendo en cuenta los posibles planes de crecimiento futuro, la vida útil del sistema depende de esto. Al elegir un generador, considere que su capacidad no es menos del 40% de su capacidad o no más del 80% de su potencia porque es un Grupo Electrónico de Stand-By. Estas condiciones afectan en el tiempo al sistema motor en el desgaste de los carbones y los empaques.

- b. Factor de Potencia** En un sistema eléctrico el factor de potencia es la relación entre la potencia activa (kW) y potencia aparente (kVA). Los alternadores eléctricos al diseñarse consideran el factor de potencia en 0,8 inductivos, Este valor se utiliza para determinar la capacidad nominal de motores y alternadores.
- c. Voltaje** El voltaje de funcionamiento en un circuito eléctrico puede superar el voltaje nominal en un margen lo cual posibilite el correcto manejo de la maquinaria. El valor del voltaje nominal establecido a un circuito o sistema está dado por estos valores: 120 V/240 V, 480 V/277 V (Sistema en estrella), 600 V. El funcionamiento del sistema en vacío y operación a plena carga está regulada a una tensión normalizada, de $\pm 2\%$ entre ellas.
- d. Velocidad** Un grupo electrónico está determinado por la electrificación de la constancia del voltaje otorgado. la cantidad de polos del generador describe la frecuencia F del voltaje a través las RPM del motor, y esta ecuación especifica su valor:

$$v = \frac{P \times RPM}{120}$$

La configuración requerida es de 60 ciclos (Hz), este valor se puede ajustar mediante la aceleración del motor de 1800 RPM ajustada por el gobernador.

- e. Estándares.** Giangrandi (2011), establece: “Al especificar un grupo electrónico, es aconsejable considerar las normas internacionales que se aplican a la fabricación de sus principales componentes, tales como

- ISO3046, BS5514 y DIN6271, Declaración de potencia, consumo de combustible y otros parámetros de comportamiento de motores de combustión interna.

2. Características principales del grupo electrógeno

Los sistemas importantes del grupo electrógeno, de la marca Mitsubishi, son cuatro. Primero, el motor de combustión interna, que transforma la energía química del combustible en energía mecánica que genera la fuerza motriz, el tanque de combustible que sirve para abastecer al MCI, el alternador generador, que es el sistema que transforma la energía mecánica en energía eléctrica, todos estos sistemas están controlados por un tablero de control automático.

Se muestran a continuación:

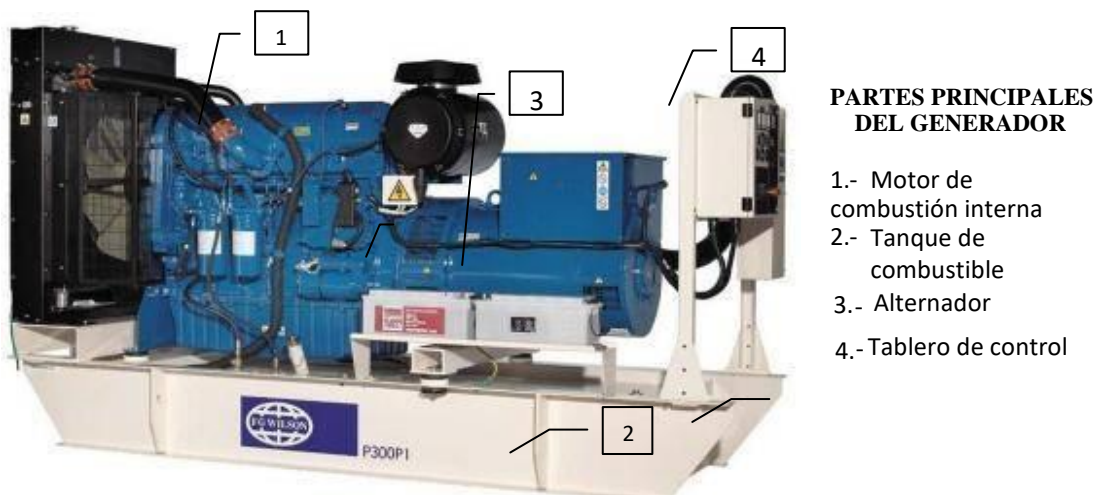


Figura 5. Sistemas principales del grupo electrógeno Mitsubishi

El grupo electrógeno de Stand-By es de emergencia, construido para funcionar al 80% de su capacidad en una jornada laboral de hasta 10 horas y puede sobrecargarse al 90% en una hora.

3. Particularidades mecánicas:

a. Motor de combustión interna (Diésel) (Mitsubishi)

El motor nos muestra el inicio de la electricidad mecánica con respecto a la rotación del generador y la generación de energía. Debido al rendimiento mecánico, ecológico y económico de los motores diésel, los cuales están siendo más usados en grupos electrógenos. Una vez en el cilindro, por temperatura y presión, después

del ciclo diésel, la combustión provocará el movimiento del pistón. El pistón hace girar el cigüeñal a través de la biela para generar la rotación del eje del motor, y convierte esta potencia en un alternador para energizar el eje. Piezas de fricción (cepillos y colectores de polvo). (Giangrandi, 2011).

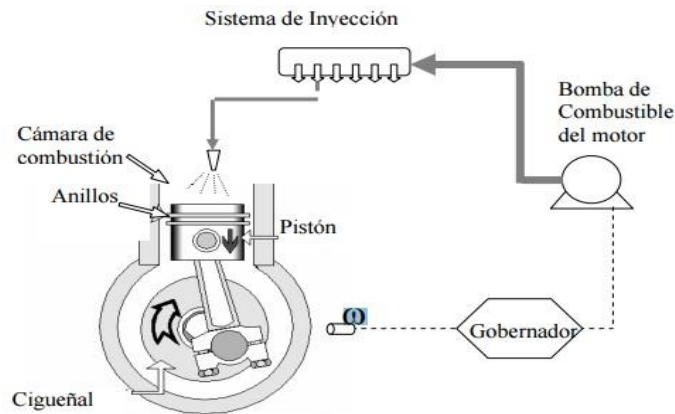


Figura 6. Sistema de generación de potencia del eje del motor.

Sistema de Refrigeración. se utiliza para mantener al motor en un rango de temperatura conveniente de trabajo, con la finalidad de obtener un rendimiento óptimo. Este sistema está conformado por un radiador y un ventilador que enfría por transferencia de calor los componentes más calientes.

- b. **Sistema de lubricación.** En un motor de combustión interna este sistema es importante para que no exista desgaste entre sus partes, y así pueda tener un buen funcionamiento y mayor duración.
- c. **Sistema de admisión de carga.** En un motor de combustión interna diésel es importante el ingreso de la mayor cantidad de carga (aire), lo más limpio posible, para lograr una mejor combustión del combustible y obtener una mayor cantidad de trabajo. El ingreso de aire con impurezas es dañino para los componentes del motor, porque puede dañar internamente al motor por desgaste de sus partes.
- d. **Sistema de combustible.** Este procedimiento es importante porque debe trasladar el combustible desde el tanque de almacenamiento hasta los inyectores que están en la cámara de combustión, desde el inicio debe pasar un filtro de combustible hasta un circuito de baja presión y luego mediante una bomba se eleva la presión para llevarlo a un circuito de alta presión de 1 a 2

bares. Cada procedimiento de combustible en un motor de combustión interna diésel tiene 2 circuitos: mínima presión y mayor presión.

- e. **Sistema eléctrico del motor.** El voltaje del sistema eléctrico del motor se obtiene de una batería la que está constantemente conectada al sistema, de tal forma que al funcionar el motor recibe carga, este voltaje es de 12 o 24 VCD, negativo a masa. Este sistema está compuesto al medir el sensor conectado a los parámetros de operación de la tarjeta de alarma, cuando uno de estos parámetros excede su límite de operación normal, la tarjeta de alarma funcionará. Proteja el grupo electrógeno del impacto de fallas operativas.
- f. **Sistema de arranque.** Este sistema está compuesto por un motor eléctrico que nos permitirá hacer girar la volante hasta unas revoluciones mínimas para vencer la inercia de arranque y a ver que el motor funcione por si mismo. El motor eléctrico es el subsistema encargado de dar el impulso,
- g. **Gobernador del motor.** Este instrumento también se llama limitador de velocidad y se usa como acelerador para ajustar la cantidad de combustible al inyector para que el motor funcione a la velocidad correcta.

Hay dos tipos de bombas: bombas rotativas, cuyos componentes se mueven debido a la fuerza centrífuga, generando que esto circule la mayor parte del combustible. En las bombas lineales, el desplazamiento impulsa el mango del brazo de ajuste, lo que permite que pase el combustible. En la situación sobre la inyección electrónica, el regulador se acciona electrónicamente. Esta encargada de solicitar la cuantía de combustible que debe inyectar la bomba, y debe cortar el suministro de combustible durante la rotación de alta velocidad. El combustible es activado por un programa informático a través de un chip que permite ciertas Circunstancias para obtener mayor poder. (Gutiers, 2007),

4. **Características eléctricas:**

- a. **Alternador generador corriente alterna** Un generador, también conocido como generador, es una máquina eléctrica cuyo funcionamiento se basa en las propiedades de la inducción electromagnética. Este fenómeno significa que cuando un conductor se mueve dentro de un campo

magnético, se crea un cierto voltaje en sus extremos. Este voltaje crea una corriente y así obtenemos corriente.

La siguiente tabla enumera las características eléctricas importantes y las actividades de mantenimiento que se deben considerar. La constancia de dicha señal eléctrica dada suele ser de 60 o 50 Hz, la cual está establecida con la vinculación del conjunto que hay con la rapidez del conjunto motor / alternador y la cantidad de polos del generador. En cuanto a la generación de tensión en los bornes, la autoexcitación del alternador corresponde a un generador de excitación independiente y a un generador autoexcitado. Rehuir. Un procedimiento de excitación separado agranda la cantidad, el peso y el precio del generador, pero proporciona energía limpia al regulador, opera independientemente de la salida del generador, mantiene la excitación en condiciones anormales de trabajo y proporciona una mejor Las condiciones de estabilidad de voltaje. Tiene el consumo de requerimientos de arranque a corto plazo, por lo que es preferible en el caso de trabajo en paralelo y curvas de demanda fluctuantes. (Giangrandi, 2011)

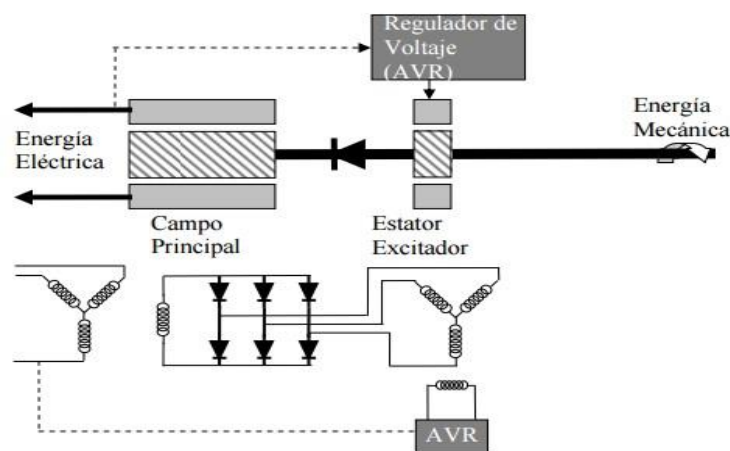


Figura 7 Diagrama del generador con excitación separada

- b. **Sistema de inducción.** La potencia de egreso es proporcionada por un alternador sin escobillas auto excitado, autorregulado y a prueba de salpicaduras que está conectado con precisión al motor, aunque el alternador de escobillas también se puede conectar a aquellos grupos con funcionamiento limitado, y no hay situación, forzado El régimen superior.

5. Características del procedimiento de control

a. Panel de control. Se trata de un panel de control de seguridad y funcionamiento desde el que se pueden controlar las acciones que una persona desea controlar. Apertura y cierre automático, todos los parámetros están instalados y visibles. Almacene toda la información de operación y códigos de eventos de falla. Estos componentes tienen características electrónicas que pueden controlar toda la operación desde el encendido automático o manual, y luego enviar una señal al actuador, que es un dispositivo magnético montado en el engranaje del motor y conectado al engranaje del motor de arranque.

b. Aislamiento de la vibración. El elemento antivibración se encuentra entre el motor / alternador y el banco de trabajo. De esta forma, la mesa se puede atornillar al segmento. Asimismo, tiene que estar localizado en sus componentes de afuera, en otras palabras, en conexiones flexibles, líneas de combustible, sistemas de escape, conductos de escape de aire del radiador, conductos eléctricos para cables de control y otros componentes conectados externamente. (FG Wilson, 2014)

6. Estudio de actividad del grupo electrógeno

El grupo electrógeno se ha enganchado en paralelo con la red de la compañía eléctrica TTA (Automatic Transfer Board) es un sistema que puede poner en marcha un generador de emergencia cuando la fuente de alimentación externa se corta en circunstancias inesperadas. Después de acatar las normas del arranque antes de que inicie para ello, este dispositivo activará el servomotor eléctrico correspondiente al ingreso de urgencia y suministrará energía desde el generador.

En caso de un corte de energía, TTA también tomara medidas para activar o bloquear la energía para proteger la integridad de sus operadores.

- Comportamiento ante cortes de energía externa.g
- Encender el motor.
- Distribución de cargas.
- Espere a que la red externa se normalice.
- Vuelva a conectarse a la red externa
- Completar la operación de reconexión con la red externa.

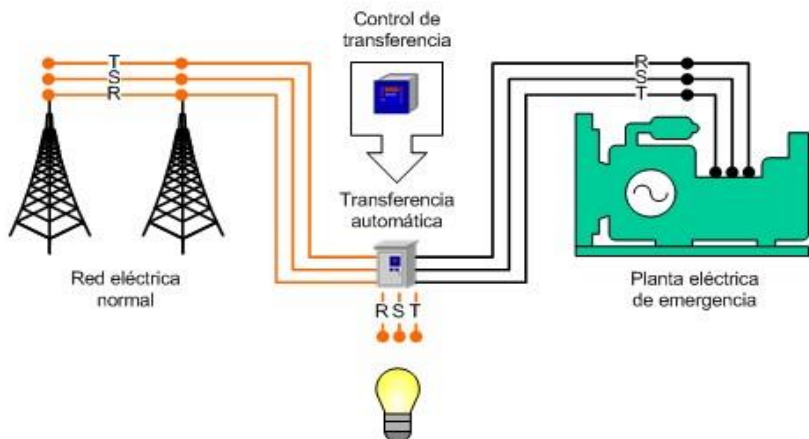


Figura 8 Cómo funciona la transferencia automática TTA

Cuando exista un rango de tiempo sin energía, se debe utilizar un sistema UPS (sistema de alimentación ininterrumpida) para que pueda conectarse en caso de emergencia hasta que se restablezca el sistema eléctrico. Una vez que se inicia el grupo electrógeno, la conversión completará su trabajo.

La siguiente figura es el tiempo de ejecución.

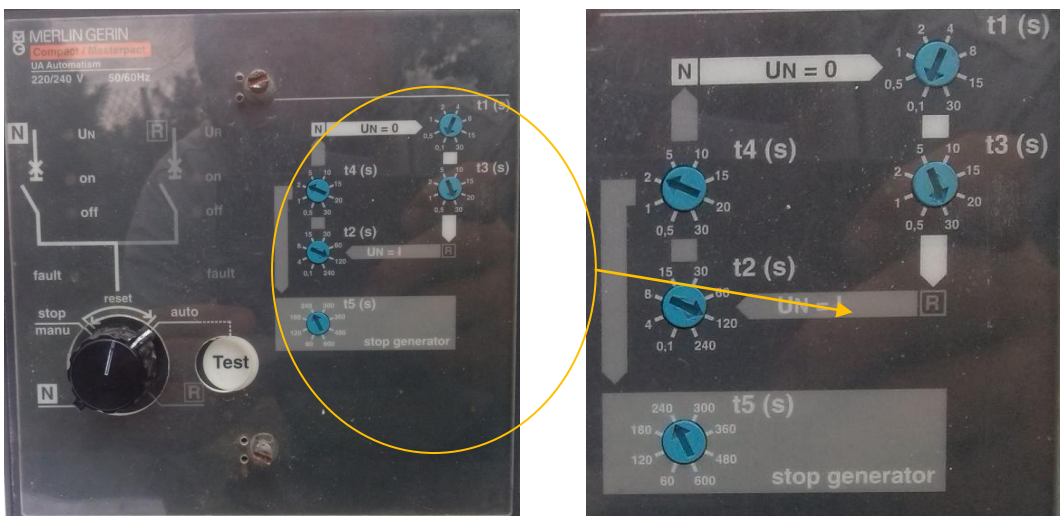


Figura 9. Periodos de actividad de una Transferencia automática TTA

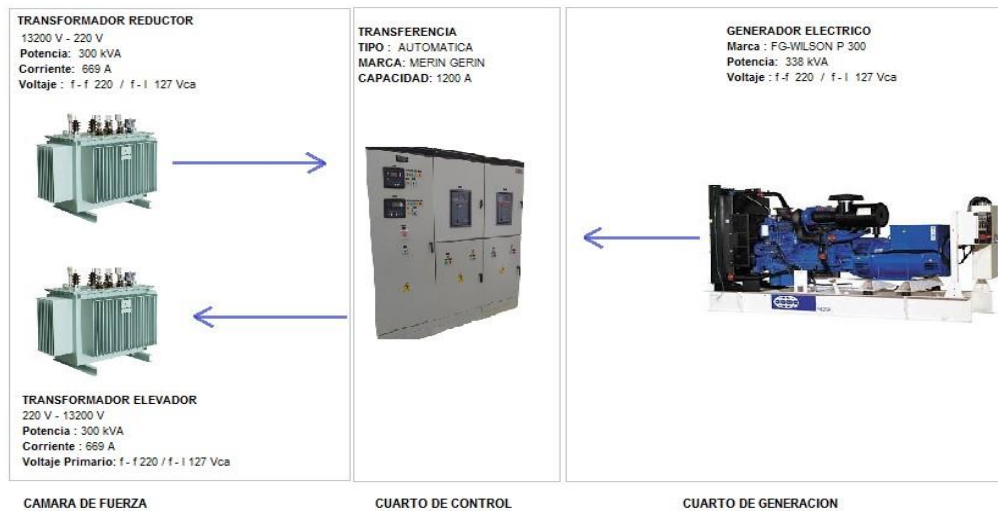


Figura 10. Módulo de Control UA

Formas de determinar la incapacidad de un componente con el fin de desarrollar una función necesaria”. (EN13306)

- **Fiabilidad.** En determinadas condiciones de funcionamiento, la posibilidad del cual dicho componente, grupo o procedimiento siga su curso sin fallas en un periodo determinado (t).
- **Ingeniería de la fiabilidad:** el grupo de labores de diseño, desenvolvimiento, elaboración, operación y mantenimiento lo cual permite alcanzar la confiabilidad requerida para determinados objetivos.
- **Distribución de Weibull-** Esta distribución se usa a menudo para estudiar la vida o el tiempo de falla de los componentes mecánicos. Donde una particularidad primordial sobre las variantes las cuales guían la distribución de Weibull es por la cual la cantidad de eventos fallidos por unidad de periodo no necesariamente se halla perenne. En otras palabras, dicha incidencia de eventos de falla puede aumentar o disminuir con el tiempo (Ebeling, 1997).

Mediante el empleo de los principios del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, nos permite analizar estos equipos desde la perspectiva del Mantenimiento basado en condición, por lo cual se desea eliminar las paradas fortuitas que afectan el sistema productivo, por ende, afecta económicamente a las organizaciones, a la vez afectarían a las personas y el medio ambiente.

La investigación se realiza mediante un proyecto piloto con el grupo electrógeno G1080-01 - Mitsubishi, buscando eliminar las paradas fortuitas y elevando su

disponibilidad del sistema, y tiene como intención mejorar el plan de mantenimiento actual empleando las nuevas metodologías modernas de mantenimiento acoplado el Mantenimiento Basado en Condición (MBC).

4.2. Desarrollo del sostenimiento centrado en la confiabilidad

1. Estudio de trabajo del grupo electrógeno G1080-01 Mitsubishi

El diagrama EPS (Entrada Proceso Salida), muestra los elementos de entrada como combustible (energía química), el proceso que sería al convertir la energía química en energía mecánica y transferirla a un generador, su salida será energía eléctrica como energía final, que será la función primordial. La potencia solicitada por el grupo electrógeno de urgencia es el 80% de su tamaño de diseño.

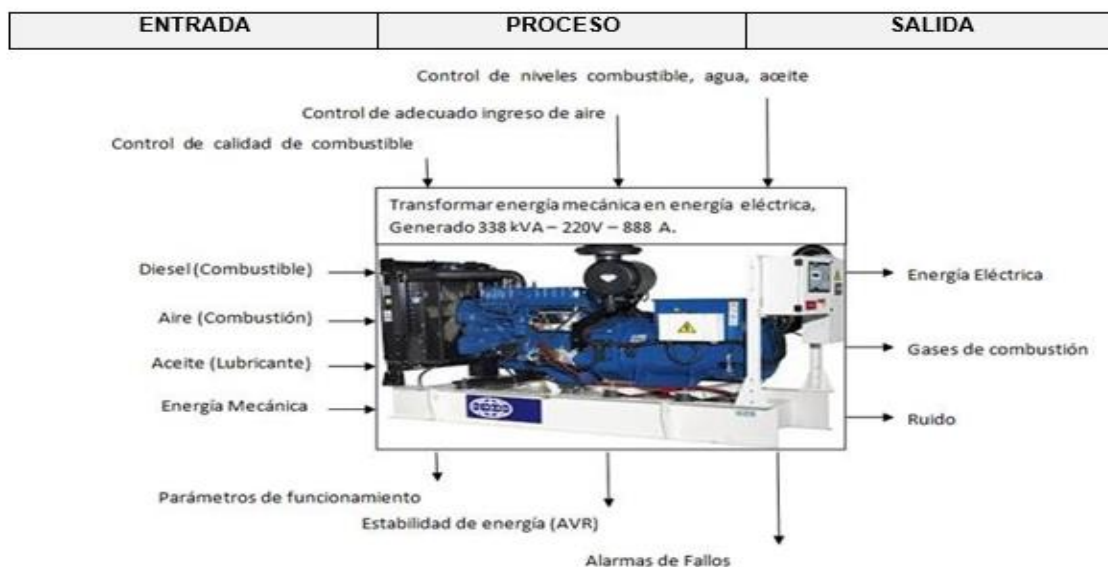


Figura 11. Bosquejo de Entrada-Proceso-Salida del grupo electrógeno G1080-01

a. Entorno operacional

En la Figura 4.2.2, se puede observar el comportamiento de trabajo del G.E., los valores más bajos se obtienen cuando se hace trabajar al grupo para comprobar su operatividad mediante pruebas de su funcionamiento, y los valores mayores son los de trabajo de operación la carga máxima del grupo electrógeno es del 82% y, según los parámetros de funcionamiento del grupo electrógeno de reserva, puede

alcanzar una eficiencia de trabajo del 90% en una hora.

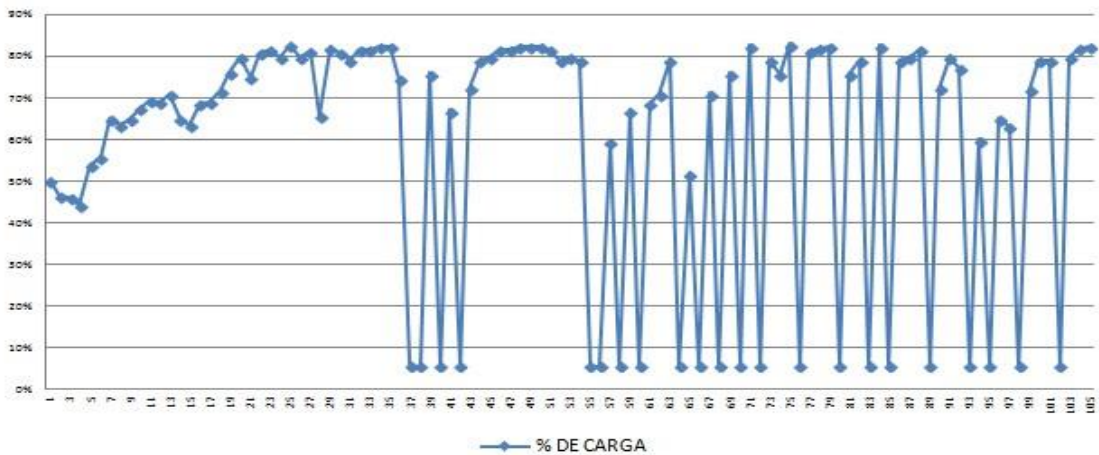


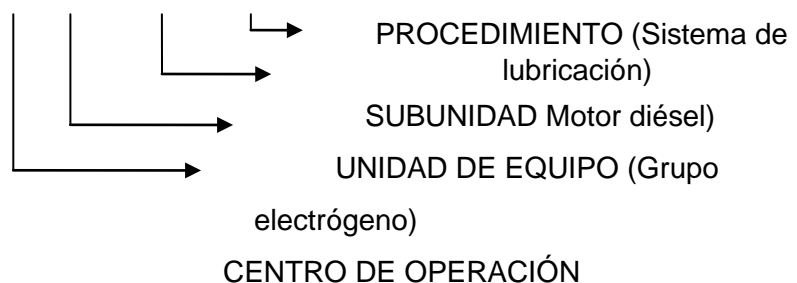
Figura 12. Desarrollo de trabajo de generación a través de carga del grupo electrógeno

Se puede ver la data histórica de trabajo del generador que esta fuera del estándar de diseño, por lo cual descenderá la existencia útil del motor de combustión intrínseca, por trabajar a carga máxima lo que causa el consumo de aceite y el desgaste de empaquetaduras.

4.3. Estructura sobre los datos a través de la norma ISO 14224

- a. **Datos de la maquinaria.** Está compuesto por información sobre: Identificación, de diseño, de aplicación.
- b. **Datos de la unidad del equipo.**

En consecuencia, la recolección sobre la información a estudiar, prosiguiendo la normativa ISO 14224, la cual se puntualiza el código del grupo electrógeno es el siguiente: C3 GE01 MD01 SL01



c. Fronteras de la información

Nos muestra la información con respecto a la recolección, unión y estudio de la información de Confiabilidad y Sostenimiento (RM), definiendo un estándar sobre la información que es compatible con respecto a los relativos estudios.

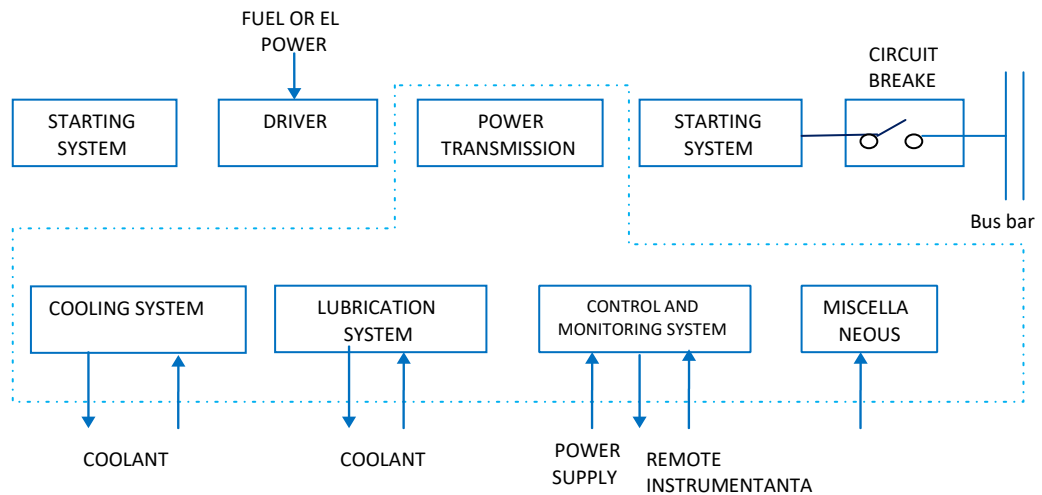


Figura 13. Equipment boundary – Electric generators

Fuente: Norma ISO 14224

4.4. Análisis y funciones

a. Funciones primarias.

- Proporcione continuamente 220 VCA, 60 HZ, 699 amperios de potencia.
- Asegurar si está disponible sobre el funcionamiento del sistema.

b. Funciones secundarias

- Entregar energía eléctrica de manera continua.

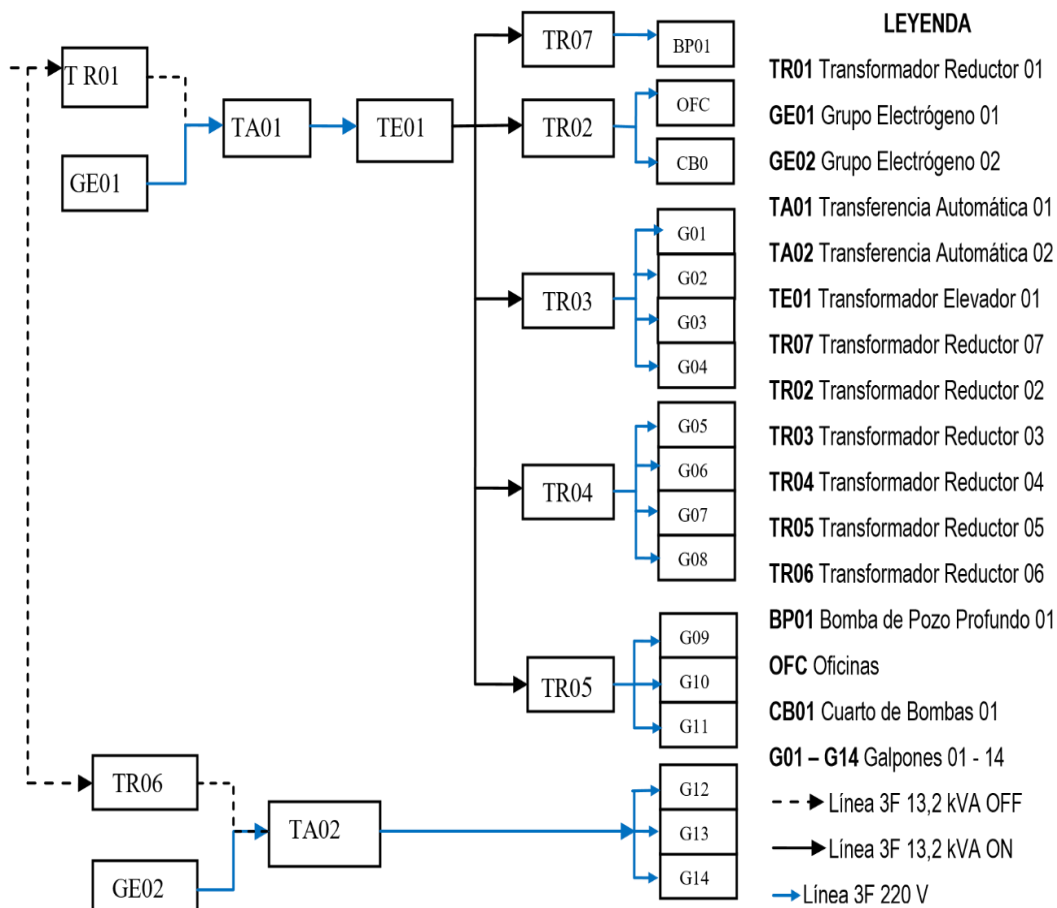


Figura 14. Esquema de códigos y distribución

4.5. Evaluación de criticidad del grupo electrógeno

Con respecto a evaluar la criticidad se usará un método cualitativo de fácil uso. Este método utiliza la regularidad sobre las fallas y perspectiva de examinación para enfocarse en determinar el nivel de colisión en los siguientes aspectos: operacional, verificar si hay tolerancia operacional, evaluar el impacto en los costos de mantenimiento, y Seguridad humana e impacto ambiental. El valor de criticidad en general, se establece de acuerdo a las relaciones:

$$\text{Criticidad Total} = \text{Frecuencia} \times \text{Fallos} \times \text{consecuencia}$$

$$\text{Consecuencia} = (\text{Impacto operacional} \times \text{flexibilidad}) + \text{Costo de mantenimiento} + \text{Impacto SAH}$$

Proporcionar una matriz estándar de criticidad, descripción de las labores ejecutados y los fallos en el sistema del grupo electrógeno, información requerida en relación al estudio de criticidad.

Tabla 2. : Labor ejecutada en los sistemas del grupo electrógeno G1080-01

FECHA	SISTEMA	#O/T	HORA DE FALLO	TIEMPO INDISP	COSTO	EJECUCION DE LA LABOR EJECUTADA
13/01/2017	Supervisión	318-17	10:30	2	\$10.00	Reemplazo de fusibles de interfase
29/01/2017	Combustible	378-17	11:00	8	\$170.00	Perdida de potencia, obstruida con suciedad
12/02/2017	Encendido	225-17	07:30	41	\$1,220.00	Obstrucción de combustible a la bomba de inyección.
16/02/2017	Refrigeración	283-17	09:00	2	\$300.00	Mantenimiento de radiador
27/03/2017	Lubricación	301-17	09:00	6	\$280.00	Cambio de retenedor
15/04/2017	Combustible	379-17	15:00	21	\$2,000.00	Mantenimiento de tanque y de bomba de inyección
27/06/2017	Encendido	392-17	13:00	7	\$420.00	Reparación de motor de arranque y cambio de escobillas
12/07/2017	Refrigeración	75-17	09:00	6	\$850.00	Mantenimiento y ajuste del ventilador
29/07/2017	Refrigeración	154-17	17:30	3	\$350.00	Cambio de termostato
11/09/2017	Encendido	48-17	15:30	2	\$25.00	Rectificación del brazo de biela, se desgasto debido a la vibración
7/10/2017	Combustible	76-17	11:00	1	\$825.00	Reemplazo de bomba manual de combustible
17/10/2017	Control	77-17	17:00	2	\$600.00	Reemplazo de tarjeta de parámetros PR40
23/11/2017	Inducción	165-17	16:00	350	\$550.00	Reemplazo de ACR- 435 Generador inestable (*)
8/12/2017	Inducción	182-17	11:00	24	\$10,000.00	Mantenimiento correctivo de bobinas- Barnizado y de rodamientos
18/12/2017	Inducción	203-17	12:00		\$476.00	* Movimiento Generador sin sonido
Total, Mantenimiento año 2017				483	\$17,284.00	

Fuente: Datos Históricos de operación

Se procede a encontrar Utilizar la matriz estándar crítica para evaluar las consecuencias y valores de severidad de todos los sistemas que componen el grupo electrógeno G1080-01, de donde obtendremos los sistemas más críticos y las consecuencias que afectan el normal funcionamiento del grupo electrógeno.

a) **Cálculo de efectos y criticidad con respecto el sistema de combustible.**

$$\text{Consecuencia} = (10 \times 3) + 2 + 4 = 36$$

Criticidad = $3 \cdot 36 = 108$

Frecuencia	4					
	3			Sistema de Combustible		
	2					
	1					
		(1-10)	(11-20)	(21-30)	(31-40)	(41-50)

Consecuencias

Tabla 3. Criticidad del sistema de combustible

Fuente. Elaboración propia

b) Cálculo de efectos y criticidad con respecto al procedimiento de encendido

Efecto = $(10 \cdot 1) + 1 + 6 = 17$

Criticidad = $3 \cdot 17 = 51$

FRECUENCIA	4					
	3		Sistema de encendido			
	2					
	1					
		(1-10)	(11-20)	(21-30)	(31-40)	(41-50)

Efectos

Tabla 4. Criticidad del procedimiento de encendido

Fuente. Elaboración propia

c) Cálculo de efectos y criticidad con respecto al procedimiento sobre admisión

Efecto = $(5 \cdot 3) + 1 + 6 = 22$

Criticidad = $1 \cdot 22 = 22$

En este sistema sus elementos siempre están en mantenimiento, por lo cual con respecto a la consecuencia de calcular es estudio se considera con 1.

FRECUENCIA	4				
	3				
	2				
	1			Sistema de Admisión	

(1-10) (11-20) (21-30) (31-40) (41-50)

Efectos

Tabla 5. Criticidad del procedimiento de admisión

Fuente. Elaboración propia

d) Operación de efectos y criticidad con respecto al procedimiento sobre refrigeración

$$\text{Efectos} = (8 \cdot 1) + 1 + 6 = 15$$

$$\text{Criticidad} = 4 \cdot 15 = 60$$

FRECUENCIA	4	Sistema de refrigeración				
	3					
	2					
	1					
		(1-10)	(11-20)	(21-30)	(31-40)	(41-50)
		CONSECUENCIAS				

Tabla 6. Criticidad del sistema de combustible

Fuente. Elaboración propia

e) Cálculo de efectos y criticidad con respecto al procedimiento de inducción

$$\text{Efecto} = (10 \cdot 3) + 2 + 6 = 38$$

$$\text{Criticidad} = 3 \cdot 38 = 114$$

FRECUENCIA	4					
	3				Sistema de Inducción	
	2					
	1					

Tabla 7. Criticidad del método de Inducción

Ejecutado por: Propia

f) Operación de efectos y criticidad con respecto a los procedimientos de lubricación

$$\text{Efectos} = (8 \cdot 3) + 1 + 3 = 28$$

Criticidad = 2*28 = 56

FRECUENCIA	4				
	3				
	2		Sistema de Lubricación		
	1				
		(1-10)	(11-20)	(21-30)	(31-40) (41-50)

Efectos

Tabla 8. Criticidad del sistema de inducción

Fuente. Elaboración propia

g) Operación de efectos y criticidad con respecto al procedimiento sobre control

Efecto = (10*1) + 1+6 = 17

Criticidad = 3*17 = 51

FRECUENCIA	4				
	3	Sistema de Control			
	2				
	1				
		(1-10)	(11-20)	(21-30)	(31-40) (41-50)

CONSECUENCIAS

Tabla 9. Criticidad del procedimiento de supervisión

Fuente. Elaboración propia

La Tabla 4.2.8 y 4.2.9, síntesis del estudio de criticidad del sistema de grupo electrógeno G1080-01, encontró que el sistema de admisión de aire y combustible son muy críticos y el sistema de admisión de aire es menos dañino.

Tabla 10 Resumen de Valoración de la criticidad - Grupo electrógeno G1080-01. Sistema

EVALUACION DE CRITICIDAD DE LOS SISTEMAS DE GENERADORES ELECTRICOS STAND BY	Frecuencia de fallas				Impacto Operacional: IO			Flexibilidad Operacional: FO		Co stos de Manteni miento: CM		Impacto en seguridad, ambiente Higiene (SAH): ISAH				Valoración						
	Mayor a 2 fallas / año	1 -2 fallas / año	0.5 a 1 Fallas / año	< 0.5 Fallas / año	Parada inmediata del C	Parada del sistema o subsistema y reenergización en producción	Impacto a nivel de producción	No genera ningún efecto significativo sobre producción y no hay forma de recuperación	No existe opción de repuesto	No hay opción de repuesto	Función de repuesto	Mayor o igual a 3.000 USD	Inferior a 3.000 USD	Seguridad humana externa	provocando daños irreversibles al medio	provocando daños severos a las instalaciones	Provoca daños menores (Accidentes, incidentes)	Provoca un impacto ambiental cuyo efecto no viola las normas	No provoca ningún tipo de daños a personas,	Consecuencia	Frecuencia de falla	CRITICIDAD ACTUAL

Sistemas	4	3	2	1	10	8	5	1	4	3	1	2	1	8	6	4	3	2	1				
Refrigeración	4					8					1		1		6					15	4	60	
Lubricación			2			8				3			1				3			28	2	56	
Admisión				1			5			3			1		6					22	1	22	
Combustible		3			10					3		2				4				36	3	108	
Encendido		3			10						1		1		6					17	3	51	
Control		3			10						1		1		6					17	3	51	
Inducción		3			10					3		2			6					38	3	114	

Fuente. Elaboración propia

Se observa que los sistemas con estado de muy críticos son 2: el sistema de combustible por tener mayor frecuencia de fallas, como consecuencia se tiene muchas paradas fortuitas del grupo electrógeno, y al no encontrar el repuesto en el mercado, el costo de este y su mantenimiento se eleva entre los 2000 a 2500 dólares. El otro es el sistema de inducción, teniendo paradas fortuitas del grupo electrógeno, lo difícil de su reparación de este sistema hace que su mantenimiento tome mucho tiempo debido a la falta de repuesto en el mercado, este mantenimiento tiene un costo entre los 9,000 a 11,000 dólares.

4.6. Cálculo de la tasa de fallos del grupo electrógeno G1080-01

Para determinar la tasa de fallos del G.E. G1080-01. Utilizaremos la Tabla 4.4.0 donde tenemos la data de fallos registrado por la oficina de mantenimiento del año 2017, observamos 17 fallos, entonces utilizando la ecuación anterior, podemos calcular la tasa de fallos:

Donde: λ : tasa de fallas (fallas/horas)

T_f : cantidad de fallas en general en el tiempo de estudio

T_p : periodo de ejecución (horas)

Tabla 11 Cantidad de fallas sobre los sistemas del grupo electrógeno G1080-01.

Equipo	Sistemas Principales	Subsistema	Equipo	Número fallas
Grupo Electrógeno G1080-01.	Motor de combustión interna (MD)	Refrigeración	Bomba de agua, Radiador, Ventilador	4
		Lubricación	Filtros, Bomba Enfriador de aceite	1
		Admisión de aire	Turbo compresor, Filtro de aire	1
		Combustible	Circuitos de alta y de baja presión	3
		Encendido	Batería, arrancador, Mantenedor de carga Gobernador	3
	Alternador Principal (AE)	Inducción	Rodamientos, Rotor- Estator Caja de conexión Excitatriz	1
		Regulación Voltaje	Rectificadores-Diodos	1
	Control (CM)	Control	Módulo de interface, Cableado y Sensores	2
	TOTAL:			

Fuente. Elaboración propia

$$\lambda = \frac{T_f}{T_p} = \frac{17}{600} = 0.0283 \frac{\text{fallos}}{\text{hora}}$$

Para calcular la tasa de errores se considera el tiempo de operación (Tp) con el valor de 600 horas/año para grupos electrógenos de stand by

4.7. Análisis del tipo de fallo y consecuencias (AMFE)

Tabla 12. Sistema de Combustible – Estudio de tipos de error y consecuencias de fallo.

HOJA DE INFORMACIÓN RCM	Sistema	Sistema N°	Facilitador:	Fecha:	Hoja N°
	Grupo electrógeno G1080-01	C2GE01			1

		Subsistema	Subsistema N°	Fiscalizador:	Fecha:	de
		Sistema de Combustible/Motor Diésel	C2GE01MD01			1
Función (F)	Falla funcional (FF)	Tipo de fallo (FM)		Consecuencias de fallo		
1	A	No es capaz de trasladar Diesel hacia la bomba de inyección	1	Cañerías de alimentación bloqueadas	Los conductos de succión taponeados por suciedad del diésel industrial	
			2	Combustible contaminado	El combustible diésel tiene suciedad y agua dañando la bomba de inyección y produciendo el mal funcionamiento del Generador	
			3	Poco o sin combustible	La operación y arranque del generador es por poco tiempo debido al Tanque vacío.	
			4	Al arrancar el generador corregir la bomba de combustible	Al encender el generador por varios intentos no arranca debido a la bomba dañada.	
	B	Transporta combustible a baja presión en el circuito de alta	1	Traslado es temporal al funcionar	Suciedad del filtro de combustible hace que el diésel no circule correctamente.	
			2	Traslado es temporal al funcionar	Hay ingreso de aire debido al mal ajuste o instalación del Pre filtro decantador de combustible haciendo un mal funcionamiento del generador.	
			3	No funciona correctamente el generador	La bomba auxiliar no mantiene la presión necesaria por estar averiada.	
			4	Mal estado de la Bomba de inyección	Al funcionar el generador expulsa mucha cantidad de humo, mal funcionamiento.	

Fuente. Elaboración propia

En la Tabla 4.2.11, observamos lo referente al sistema de combustible el AMFE donde encontramos, dos fallas funcionales, ocho formas y consecuencias del error por lo cual este sistema no cumple con la labor de trasladar diésel a partir de un tanque almacenador lo cual llega a la bomba de inyección de alta presión. Lo referente al sistema de refrigeración el AMFE donde encontramos, dos fallas funcionales, ocho formas y consecuencias sobre el error por lo cual dicho procedimiento no está de acorde con la función de refrigerar y mantener a una temperatura promedio de 80 °C, para poder lograr el 80% de su capacidad nominal.

En la Tabla 4.2.15, observamos lo referente al sistema de inducción Eléctrico del Grupo electrógeno el AMFE donde encontramos, dos fallas funcionales, siete modos y efectos de falla por lo cual este sistema no cumple con la función de generar electricidad a 266 kVA.

Tabla 13. Sistema de Combustible - Registro de decisión del RCM

HOJA DE DECISIÓN DEL RCM			Sistema							Área N°			Facilitador:	Fecha:	Hoja N°								
			Grupo electrógeno G1080-01							C2GE01			Ing.		1								
Referencia de los datos			Examinar los efectos				H1			H2			H3			Acciones a falta de			Tarea Propuesta			Frecuencia Inicial	A realizarse por
							S1	S2	S3	O1	O2	O3	N1	N2	N3								
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4											
1	A	1	S	N	N	S	N	S	N				Mantenimiento de tanques – Limpieza			400 horas			Mantenedor				
1	B	2	N	N	S		N						Verificación de la calidad del diésel, hacerlo según procedimiento			Quincenal			Operador				
1	B	3	N										Verificación de la calidad del diésel, hacerlo según procedimiento			Quincenal			Operador				
1	A	4	S	N	S	N	S	N	S				Sostenimiento preventivo o correctivo de la bomba de combustible.			3500 horas			Proveedor				
1	A	1	S	N	N	S	N	N	S				Filtro de combustible - Cambio			500 horas			Mantenedor				
1	B	2	N	S	N	S	N	N	S				Filtro de combustible - Cambio			500 horas			Mantenedor				
1	A	3	S	N	S	S	N	N	S				Bomba manual – Reemplazar			3500 horas			Proveedor				
1	B	4	S	S	N	S	S	N	N				Mantenimiento de bomba de inyección			3500 horas			Proveedor				

Fuente. Elaboración propia

Observamos lo referente al sistema de combustible el AMFE donde encontramos, dos fallas funcionales, ocho modos y efectos de falla por lo cual este sistema no cumple con la función de trasladar diésel a partir del tanque almacenador hasta la bomba de inyección de alta presión.

Tabla 14. Sistema de Refrigeración - Registro de decisión del RCM

HOJA DE DECISIÓN DEL RCM			Sistema							Área N°				Facilitador:		Fecha:		Hoja N°			
			Grupo electrógeno G1080-01							C2GE01				Fiscalizador:		Fecha:		de			
Referencia de la información			Evaluación de las consecuencias							H1 H2 H3			Acciones a falta de			Tarea Propuesta		Frecuencia Inicial		A realizarse por	
										S1 S2 S3											
F FF FM			H S E O				N1 N2 N3			H4 H5 S4											
2	A	1	S	N	N	S	N	N	S				Bomba de agua – Reemplazar	3500 horas	Proveedor						
2	A	2	S	N	N	S	N	N	N				Fajas desgastadas o mal estado - Cambiar	1500 horas	Mantenedor						
2	A	3	S	S	N	N	S	N	S				Refrigerante - Reemplazar	600 horas	Mantenedor						
2	A	4	S	N	S	N	S	N	S				Termostato – Reemplazar	2500 horas	Mantenedor						
2	B	1	S	N	N	S	N	S	N				Radiador – Mantenimiento (Limpieza)	700 horas	Proveedor						
2	B	2	S	N	S	N	S	N	S				Fajas desgastadas o mal estado - Cambiar	500 horas	Mantenedor						
2	B	3	S	N	N	S	N	N	N				Radiador – Mantenimiento (Limpieza)	700 horas	Proveedor						
2	B	4	S	N	N	S	N	N	S				Termostato – Reemplazar	2500 horas	Mantenedor						

Realizado por: Propio

Lo referente al sistema de refrigeración el AMFE donde encontramos, dos fallas funcionales, ocho modos y efectos de falla por lo cual este sistema no cumple con la función de refrigerar y mantener a una temperatura promedio de 80 °C, para poder lograr el 80% de su capacidad nominal se requiere nuevas frecuencias de mantenimiento para que no corran las fallas presentadas en este sistema.

Tabla 15. Sistema de Inducción eléctrica - Hoja de decisión del RCM

HOJA DE DECISIÓN DEL RCM			Sistema					Área N°					Facilitador:		Fecha:		Hoja N°
			Grupo electrógeno G1080-01					Cód. Sistema					Fiscalizador:		Fecha:		de
Referencia de la información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Acciones a falta de				Tarea Propuesta	Frecuencia Inicial	A realizarse por	
							S1	S2	S3								O1
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4					
3	A	1	S	N	N	S	S						Aislamiento de bobinas / P. OFF-LINE - Evaluar	1000 horas / Anual	Proveedor		
3	A	2	S	N	N	N	N	N	S				Reemplazo de fusibles	Según condición	Mantenedor		
3	A	3	N				N	N	N	S			Bobinas eléctricas - Mantenimiento preventivo	Según condición	Proveedor		
3	A	4	N				N	N	N	S			Estudios sobre vibración	1000 horas / Anual	Proveedor		
3	B	1	S	N	S	N	N	N	S				Análisis de diodos rectificadores	3500 horas	Mantenedor		
3	B	2	S	N	N	N	N	N	S				Cambio de tarjeta reguladora de Voltaje	3500 horas / cuando sea necesario	Mantenedor		
3	B	3	S	N	S	N	N	N	S				Bobinas eléctricas - Mantenimiento correctivo	3500 horas /cuando sea necesario	Proveedor		
3	B	4	S	N	N	N	N	N	S				Calibración de constancia	1000 horas / Anual	Mantenedor		

Realizado por:

En la Tabla 4.2.16, observamos el AMFE del sistema de inducción Eléctrico del Grupo electrógeno G1080-01, donde los trabajos a desarrollar para los siete modos y efectos de falla por lo cual este sistema no cumple su función, los nuevos intervalos de mantenimiento hace referencia a el mantenimiento basado en condición, estas tareas harán que el sistema cumpla su función eficientemente.

4.8. Nuevos intervalos en plan de mantenimiento en los sistemas críticos

Las nuevas frecuencias de mantenimiento, se realizan aplicando la metodología del RCM, en el grupo electrógeno G1080-01 Mitsubishi.

Tabla 16. Mantenimiento del Grupo electrógeno G1080-01 según RCM

MANTTO. PRODUCCIÓN		Sistema	C. Operación	Facilitador:	Fecha:
		Grupo electrógeno G1080-01			
		Subsistema N° General	Cód. Sistema C3GE01GE01	Fiscalizador:	Fecha:
Combinación	Factores	Operación		Constancia	A ejecutarse por:
SE01	Procedimiento de enfriamiento	Bomba de agua - Reemplazar		3500 Horas	Especialista
		Fajas descompuestas - Cambiar		1300 Horas	Mantenedor
		Refrigerante - Cambiar		1000 Horas	Mantenedor
		Termostato – Reemplazar		3500 Horas	Mantenedor
		Swiche de temperatura – Renovar		3500 Horas	Mantenedor
		Radiador – Mantenimiento correctivo		1300 Horas	Especialista
		Mangueras de presión – Reemplazar		3300 Horas	Mantenedor
		Inspección de Temperatura, nivel, presión, y fajas		Quincenal	Mantenedor
		Fajas – verificar condiciones		500 Horas	Mantenedor
SL01	Sistema de lubricación	Filtros y Aceite - Cambiar		450 Horas	Mantenedor
		Inspección de aceite: nivel, Temperatura, y fugas		Quincenal	Mantenedor
		Aceite - Análisis		1500 Horas	Especialista
M01	Sistema de combustible	Mantenimiento del tanque		900 Horas	Mantenedor
		Verificar y evaluar la calidad del combustible.		Quincenal	Mantenedor
		Análisis de la bomba de combustible, cañerías, según condición		3500 Horas	Especialista
		Filtros de combustible – Reemplazar		800 Horas	Mantenedor
		Verificar el circuito de baja presión, reemplazo de conductos o mangueras		1300 Horas	Especialista
		Evaluación de los inyectores y bomba manual de combustible.		3500 Horas	Especialista
AE01 GE01	Sistema de inducción	Evaluación del aislamiento (Pruebas OFF-LINE)		1000 Horas	Especialista
		Termografía. / Vibraciones		1000 Horas	Mantenedor
		Inspección de la: Potencia, voltaje, frecuencia Temperatura,..		Quincenal	Mantenedor

Fuente. Elaboración propia

En la tabla 4.2.17, se determinan las actividades clave de mantenimiento del sistema, estas actividades de mantenimiento preventivo se obtuvieron del análisis, estas se realizaron desde las básicas depende de la aplicación de mantenimiento basado en condiciones. También, de los datos históricos de fallos se ha impuesto según la condición, cambiar los elementos.

Tabla 17. Actividades de sostenimiento de prevención de métodos No Críticos.

MANTTO. PRODUCCIÓN		Sistema Grupo electrógeno G1080-01	C. Operación	Facilitador:	Fecha:
		Subsistema N° General	Cód. Sistema C3GE01GE01	Fiscalizador:	Fecha:
Combinación	Factores	Operación		Constancia	A ejecutarse por:
M01	Admisión	Filtro de aire - Reemplazar		900 Horas	Mantenedor
		Turbo compresor - Termografía		700 Horas	Mantenedor
		Turbo compresor – Mantenimiento		3500 Horas	Especialista
		Termostato – Reemplazar		3100 Horas	Mantenedor
		Revisión de Sonidos, y perdidas de aceite		Quincenal	Mantenedor
SC01	control	Revisión del funcionamiento de medidores (V-A-P-Hz- Horómetro); de lámparas, y de alarmas.		Quincenal	Mantenedor
		Verificar el funcionamiento de tarjeta AVR – Parámetros.		3300 Horas	Especialista
		Inspección de fusibles, Cableado, y de contactos		900 Horas	Mantenedor
SC01	Encendido	Verificar el funcionamiento del arrancador.		2200 Horas	Especialista
		Revisión del Voltaje del cargador. niveles de agua en baterías, pruebas de arranque.		Quincenal	Mantenedor
		baterías y relé de arranque -Cambiar según condición		1400 Horas	Mantenedor

Fuente. Elaboración propia

Se determinan las operaciones de sostenimiento preventivos a los métodos denominados como no críticos, estas actividades se desarrollan sin dejar de ser importantes porque de cada uno de ellos depende el buen funcionamiento del GE G1080-01, estas hacen énfasis en el cambio de elementos según su condición para alargar su vida útil.

4.9. Cálculo de la tasa de fallos después de aplicar el MBC.

En la Tabla 4.2.19 se observa la información obtenida de la oficina de mantenimiento de la empresa RD – Rental SAC en el año 2018, donde hay 9 mantenimientos correctivos, los cuales nos ayudaran a obtener la tasa de fallos.

Tabla 18. Actividades correctivas en los sistemas del grupo electrógeno año 2018

FECHA	SISTEMA	#O/T	HORA DE FALLO	TIEMP. INDISP	COSTO	DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO REALIZADO
13/02/2018	Encendido	320	11:00	1,5	110,00	Terminal de alternador - reemplazo
16/04/2018	Combustible	356	9:00	2	90.00	Manguera del sistema de baja presión - reemplazo
24/05/2018	Enfriamiento	120	12:10	2	87.00	Conductos de temperatura - cambio
12/05/2018	Control	171	7:00	1	93.00	botones de presión de aceite - reemplazo
27/06/2018	Lubricación	145	8:00	6	370.00	Retenedor de lubricante - cambio
23/08/2018	Control	275	16:00	1	25.00	Fusibles de módulo de interface – reemplazo
01/10/2018	Enfriamiento	450	10:00	1,5	55.00	Radiador, mantenimiento general inspección, rectificación y lavado, para evitar obturaciones y mejore su funcionamiento
18/11/2018	Control	97	8:15	4	65.00	Switch de emergencia - reemplazo
06/12/2018	Combustible	257	10:00	2	1035.90	Bomba de combustible - Cambio
Total, Mantenimiento año 2018				21	1940,9	

Fuente. Elaboración propia

Se calcula la tasa de fallos en función de los 9 mantenimientos correctivos ocurridos durante ese año, así mismo, para un grupo electrógeno - Stand By, el número de horas es de 600 horas/año. Del cálculo realizado tenemos lo siguiente:

$$a = \frac{9 \text{ fallos}}{600 \text{ horas}}$$

$$a = 0,015 \text{ fallos/hora}$$

Comparación de los índices principales: MTBF, MTTR y DISPONIBILIDAD

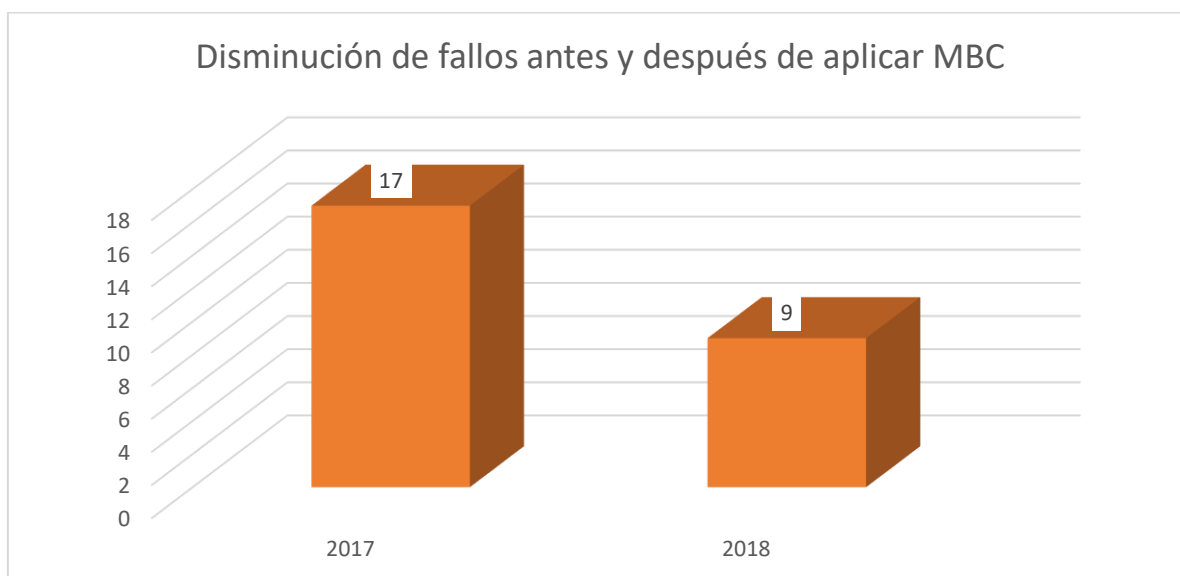
Tabla 19. Grupo electrógeno

G1080-01			
AÑO	MTBF	MTTR	DISP
2017	141	32	81.4%
2018	288	2	99.3%

Fuente. Elaboración propia

Al comparar estos índices, se puede observar que la disponibilidad aumento en 18.1% del año anterior, demostrando que su aplicación a mejorado estos índices. En la figura 4.2.13, se realiza una comparación entre el número de mantenimientos correctivos realizados en el año 2017 y 2018, donde se observa que después de aplicar el mantenimiento basado en condición en el año 2018, ayuda a disminuir el número de estos mantenimientos.

Figura 15 Mantenimientos correctivos antes y después de aplicar el MBC



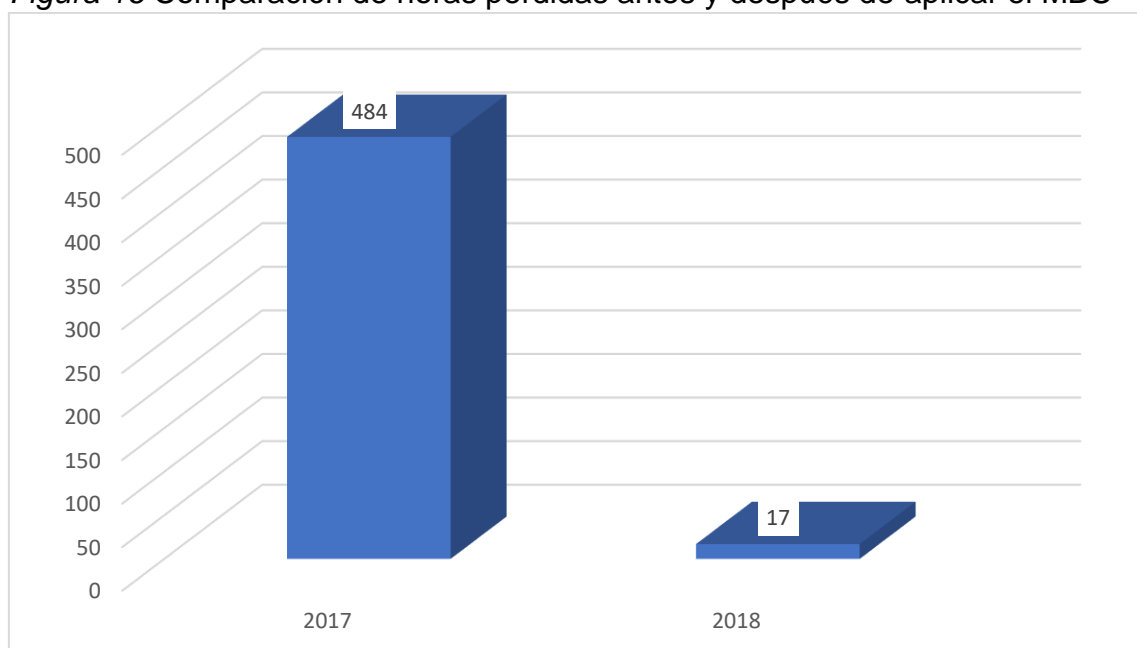
Fuente. Elaboración propia

Se realiza el cálculo de mantenimientos correctivos versus las horas de trabajo de GE en stand by en el 2017 lo cual es 0,0283 fallos/hora, y en el año 2018 el resultado es de 0,015 fallos/hora, mostrando una disminución del 53% en relación al año anterior. Evidenciando, que después de aplicar el mantenimiento basado en condición reduce el número de fallos por hora.

La planificación y programación de mantenimiento preventivo de acuerdo al trabajo realizado por el grupo electrógeno se ha desarrollado planteando el uso del

MBC como: Estudio sobre el aceite, Termografía, pruebas OFF-Line, para los sistemas críticos, así mismo se plantea aplicar un almacén de emergencia con los repuestos de alto movimiento para disminuir el tiempo de conseguirlo, y así ayuden a disminuir el número de fallos por hora. En la figura 4.2.14, se realiza una comparación entre el tiempo perdido por reparación en el año 2017 y 2018, donde se observa que después de aplicar el mantenimiento basado en condición en el año 2018, ayuda a disminuir este tiempo.

Figura 16 Comparación de horas perdidas antes y después de aplicar el MBC



Fuente. Elaboración propia

En el 2017 se determinó que el grupo electrógeno G1080-01 llevaba fuera de servicio 484 horas. En 2018 se redujo a 18 horas. Dichas operaciones de sostenimiento ejecutados están siendo reemplazadas de acuerdo a los estados de algunos de los componentes, por lo que no hay impacto en la producción. s razón. De esta forma se puede determinar que la indisponibilidad del grupo electrógeno G1080-01 se ha reducido en un 96,3%. Se realiza la comparación de las horas perdidas del Grupo electrógeno G1080-01 que estuvo fuera de servicio, en el año 2017 fue de 484 horas, y en el año 2018 es de 18 horas, mostrando una disminución del 96.3% en relación al año anterior. Evidenciando, que después de aplicar el mantenimiento basado en condición reduce el número de hora perdidas.

4.10. Ejecución del RCM.

Al haber realizado un análisis de los mantenimientos correctivos de los sistemas del Grupo Electrónico, se encontró la Criticidad, análisis de modos y efectos de fallas de cada uno de ellos, se planifico y programo un plan de mantenimiento para los sistemas críticos.

- a. **Mantenimiento preventivo.** Al planificar, programar y elaborar este mantenimiento se obtendrán muchos beneficios entre ellos el económico, siempre y cuando se cumplan al 100%.

Las ventajas son:

- Disminuir los costos de mantenimiento
- Disminuir las paradas fortuitas
- Disponibilidad y control de repuestos.
- Disminuir el mantenimiento correctivo.
- Realizar actividades de condición, ya que esto es un aviso antes de que exista la falla y pueda deteriorar otro elemento.

1. Periodos de inspección

Los periodos cortos de inspección, verificación y ajuste hacen que un programa de mantenimiento preventivo sea eficiente, pero esto, se refleja en costo del programa ya que mientras más corto es más frecuente. El mantenimiento está vinculado con los periodos de realización de las actividades, existiendo los siguientes.

- Mantenimiento de períodos cortos (mayor continuidad)
- Sostentamiento de periodos largos (menor continuidad)

Se presenta un formato check list o lista de chequeo diario. Con este formato podemos obtener un reporte diario de las variables de operación del generador, como: voltaje, frecuencias, amperaje, temperatura para visualizar si sus valores están dentro del rango de operación del grupo electrónico. La planificación y programación del nuevo mantenimiento se realiza en función de la experiencia de los integrantes del área y especialistas de apoyo, con la información de los formatos

de inspección y de las hojas de decisiones, Con estos datos se hace fácil prevenir fallos fortuitos y que pudieran hacer al equipo.

- **Mantenimiento de alta frecuencia:** son aquellas que se aplican con una secuencia de hasta una semana. Estos mantenimientos son los que se realizan como actividades de inspección y son rutinarios para ubicar posibles fallas. El tiempo en realizar estas actividades son mínimas para evitar pérdidas en ellas. Este mantenimiento para realizarlo no es necesario este apagado el GE, son inspecciones de condición y los puede realizar el operador.
- **Sostenimiento de menor frecuencia:** Son aquellos que se aplican en periodos mucho más amplios como por decir cada mes a más. Estas actividades son realizadas por personal calificado y se realiza cuando el grupo electrógeno no está apagado.

b. **Mantenimiento basado en condición (MBC).**

El **mantenimiento basado en condición o CBM** Es un método de mantenimiento diseñado para observar datos en tiempo real para comprobar el rendimiento o estado del equipo. El propósito de esta tecnología es monitorear el desempeño de los activos para tomar medidas inmediatas en respuesta a oscilaciones peligrosas, fallas o riesgos potenciales. Al aplicar CBM, el personal de mantenimiento de la empresa puede identificar y corregir problemas antes de que aumenten y afecten a más departamentos. Mediante el mantenimiento de CBM, cuando el sensor indica una falla o está a punto de fallar, el trabajo se puede completar. De hecho, se denomina así porque se basa en la situación real del activo y evita procedimientos de mantenimiento innecesarios.

Para realizar este método, debe tener indicadores y sensores que puedan medir condiciones como el nivel de aceite, agua, temperatura, presión y otros aspectos importantes del funcionamiento del equipo. Por ejemplo, la lectura de un sensor en una bomba de aceite puede mostrar una caída de presión significativa, lo que indica una falla en un componente.

- Se realiza según sea necesario. De esta forma, se optimiza el uso del tiempo.
- Menos interrupciones en la producción

- Disminución en la probabilidad de fallas estructurales
- Reducción en el tiempo de inactividad de los activos

Nos muestra el inicio de los periodos o lapsos de tiempo para realizar las tareas de mantenimiento preventivo, estos períodos pueden variar según la información que se recopila a diario en el campo, lo cual nos permitirá corregir o variar estos periodos de acuerdo a los trabajos realizados por el Grupo.

4.11. Termografía infrarroja (análisis térmico de componentes)

Al medir el nivel de radiación en el espectro infrarrojo, la tecnología de imágenes térmicas puede detectar cualquier falla que se manifieste por cambios de temperatura sin contacto físico con el elemento analizado. Por lo general, antes de que ocurra una falla electromecánica, la falla electromecánica se manifiesta generando e intercambiando calor. Este calor generalmente se convierte en un aumento de temperatura. Este aumento puede ser repentino, pero generalmente no depende del objeto. Ocurre gradualmente con pocos cambios en el tiempo.

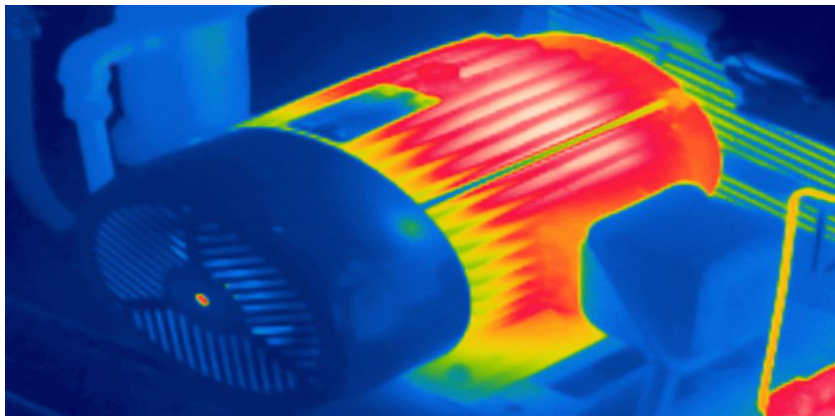


Figura 17 Mantenimiento Predictivo - Termografía

Medida la Temperatura en el elemento se utiliza el diagrama de criterio de severidad según categorías ver Figura 4.2.16 Según lo encontrado por el grado de criticidad se realizan tareas para revertirlo.

4.12. Análisis de aceite (parámetros de degradación)

El análisis de aceite es una tecnología predictiva que proporciona información a los analistas que necesitan determinar cuándo deben intervenir en una máquina y deben diagnosticar una falla detectada.



Las técnicas de análisis de aceites lubricantes son fundamentales para determinar:

- Degradación del lubricante. Reemplace el aceite degradado con viscosidad insuficiente para una lubricación efectiva para evitar fallas prematuras.
- Desgaste de piezas de maquinaria. La investigación sobre piezas de desgaste ferrosas y no ferrosas permite determinar el desgaste de los componentes lo antes posible.
- Entrada de contaminantes sólidos y líquidos. La supervisión del nivel de contaminantes no férricos permite identificar la entrada de contaminantes sólidos. además, la supervisión del grado de humedad alerta la entrada de agua Actualmente, se utilizan algunos equipos de taller para el análisis de aceite, y se puede establecer un mini laboratorio en una fábrica industrial para realizar análisis rápidos de aceite. Obtenga los resultados del análisis de inmediato y aminorar el costo de análisis de cada muestra.

El equipo de taller para el análisis rápido de muestras mide los siguientes parámetros: Constante dieléctrica, Contenido en agua, Índice de desgaste férrico, Indicador de partículas no férricas, Viscosidad.

Los beneficios de utilizar el análisis de aceite como técnica predictiva son:

- Haga arreglos para el reemplazo del aceite lubricante solo cuando sea realmente necesario para maximizar la vida útil del aceite lubricante.
- Evitar fallas causadas por el deterioro del aceite lubricante antes de lo esperado.
- Más información sobre las inspecciones de mantenimiento planificadas.

- Reducir los costos de lubricantes.
- Reducir el impacto del aceite inútil en el medio ambiente.

Estos estudios establecen la calidad del aceite (viscosidad, concreto, químico) y la concurrencia de suministros que normalmente están desgastados por elementos internos.

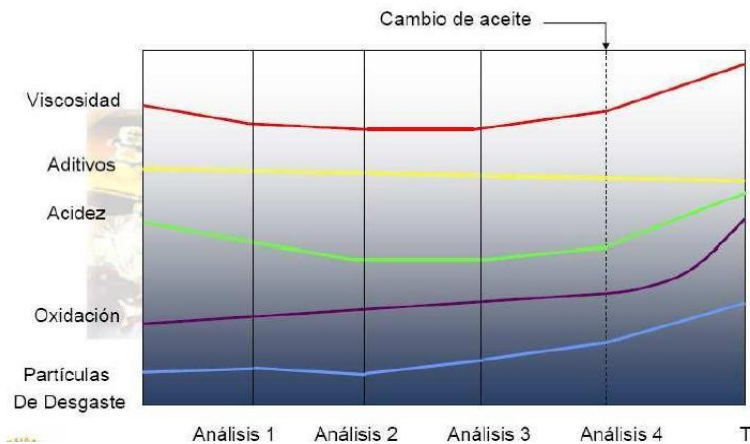


Figura 18. Análisis de aceite

La viscosidad del aceite utilizado es uno de los componentes más importantes, puede determinar si el lubricante se contaminará durante el uso. Prueba ASTM D-445 o varias normas. Se toma medidas en Centistokes a 40 grados Celsius y 100 grados Celsius (Pinzón, 2011).

- Análisis pruebas OFF-LINE

A través de estos exámenes de electricidad, se logra estar antes de algún modo de falla que hará que el rendimiento del motor se degrade y, por lo tanto, reduzca la vida útil. De esta forma, es posible detectar situaciones que conducirán a la degradación del rendimiento u obsolescencia de equipos y maquinaria si no se toman las precauciones.

La falla del motor puede deberse a las razones como son: alteración armónica, desequilibrio de voltaje, conexión falsa, sereno, polución, sobrecarga, falla del rotor, excentricidad, falla mecánica, etc. Estos motivos actuarán sobre la capa aislante de diferentes formas, algunas producirán sobrecalentamiento, estrés mecánico (vibración) o acción química (envejecimiento prematuro), todo lo cual conducirá al deterioro de la capa aislante y conducirá a la prolongación de la vida útil del motor.

Por lo tanto, es importante comprender la importancia de estas razones en su motor.

- Circunstancias de la separación
- Escenario del circuito de potencia
- Estado del estator
- Estado del entrehierro
- Estado del rotor
- Excelencia de la energía

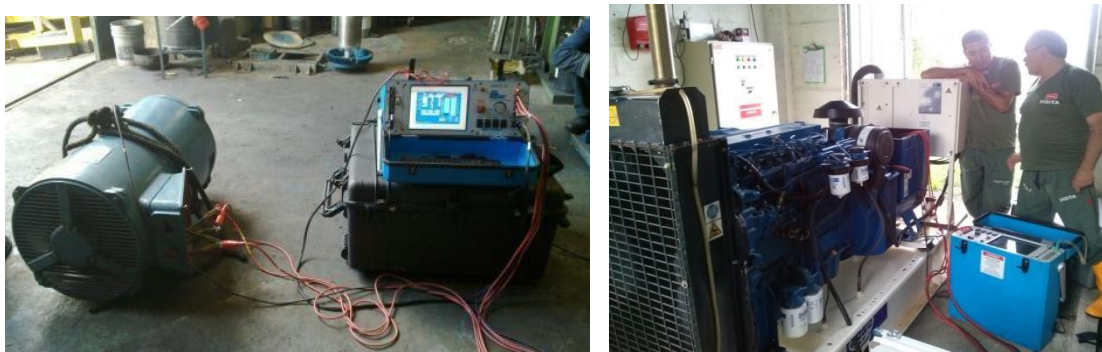


Figura 19. Mantenimiento Predictivo Pruebas Off -Line

a. Análisis de costos Se compara los costos antes y después del empleo del MBC. Para ambos el costo Preventivo es igual, pero se diferencia en los correctivos y MBC

Tabla 20. Comparativo de costos 2017-2018

MANTENIMIENTO:	2017	2018 RCM
BASADO EN CONDICIÓN	0	935.00
PREVENTIVO	2895.00	2895.00
CORRECTIVO	19784.00	1908.00

En el año 2017, el mantenimiento correctivo es el que tiene el costo más elevado, el preventivo es similar para los dos años y no utiliza mantenimiento basado en condición haciendo un total de 22679,00 USD. En el año 2018, el mantenimiento correctivo disminuye bastante en comparación con el año anterior debido a que se empleó el mantenimiento basado en condición haciendo un total de 5738.00. Se puede observar la disminución en costos de un 75%.

V. CONCLUSIONES

La empresa RD RENTAL, tiene como mayor parte de su flota: GRUPOS

Se evaluaron los sistemas críticos del grupo electrógeno encontrando que los muy críticos son: El sistema de combustible con un valor de criticidad de 108 y el de inducción con 114

Se realizó la comparación del número de fallos entre el año 2017 versus el 2018 encontrando una disminución considerable de disminuyendo en 47%

Se realizó la comparación del tiempo de fallos entre el año 2017 versus el 2018 encontrando una disminución considerable de disminuyendo en 93%

Mantenimiento preventivo mejorado usando métodos de mantenimiento basados en condiciones (imágenes térmicas, análisis de aceite, pruebas fuera de línea), estos métodos ayudan a diagnosticar fallas en la fase de inicio, estos estudios establecen situaciones de aceptación y parámetros operativos.

Respecto a los costos, se observa con un mantenimiento preventivo tradicional y el mantenimiento preventivo basado en condición, se logra ahorrar aproximadamente el 75% de lo invertido en el 2017

VI. RECOMENDACIONES

Evaluar las demás maquinas bajo el mismo criterio para poder uniformar y crea un mantenimiento general de mantenimiento preventivo basado en condición.

Realizar el seguimiento de las actividades preventivas y basadas en condición de los sistemas muy críticos encontrados con la finalidad de mejorar los procedimientos y frecuencias.

REFERENCIAS

- Manjón Castillo, Germán. MANTENIMIENTO PLANIFICADO Y SU APLICACIÓN EN LA MEJORA DE RESULTADOS DE LA EMPRESA ICE CREAM FACTORY COMAKER. Valencia : Universidad Politecnica de Valencia, 2018.
- Vargas Montaña, JAIRO YESID. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO EN EL EQUIPO DE FABRICACIÓN DE BARQUILLOS VTRO, BASADO EN LA METODOLOGÍA TPM. Bucaramanga : Univeridad Ind. S, 2017.
- Diseño del Sistema Integrado. Estrada Muñoz, Jairo y Perez Loaiza, Nathalia . 2016, revista ingenieria industrial, págs. 95-102.
- Garcia Cabello, Gonzalo Asuncion. PROPUESTA DE MEJORA DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO EN UNA EMPRESA DE ELABORACIÓN DE ALIMENTOS BALANCEADOS, MEDIANTE EL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM). Lima : PUCP, 2018.
- Iva Yactayo, David Antonio. Implementación de TPM (mantenimiento productivo total). Lima : UNIVERSIDAD INCA GARCILAZO DE LA VEGA, 2017.
- RD RENTALI, sac. [En línea] 1992. <https://www.rdrental.com.pe/historia.php>.
- WIKIPEDIA. [En línea] https://es.wikipedia.org/wiki/Teorema_de_Bayes.
- SERNA M, Edgar. Directriz de mejoramiento del proceso de envasado en la Industria Licorera del Cauca basado en el Mantenimiento Productivo Total (TPM). Medellin- Antioquia : IAI, 2018. págs. 325-335.
- REYES Villarruel, HIPOLITO GUILLERMO. PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LA FLOTA DE MONTACARGAS DE LA EMPRESA UNIMAQ. Trujillo : UNT, 2018.
- DÍAZ Campos, Luzdelina. PLAN ESTRATÉGICO PARA MEJORAR LA RENTABILIDAD DE LA EMPRESA DE MAQUINARIA PESADA “DIESEL DÍAZ” – JAÉN. pimentel : ucv, 2016.

¿son las herramientas del tpm y pmi un apoyo real para la reducción de costes operativos en las organizaciones? MORENO, Argueta. 2017, economía y administracion, págs. 165-182.

FILGUEIRAS Sainz de Rozas, Miriam Lourdes, y otros. The Probabilistic Safety Analysis to the complex technical systems reliability evaluation. La Habana : Universidad Tecnológica de La Habana, 2019.

La gerencia del mantenimiento: una revisión. ARDILA, J.G, y otros. 2016, Dimensión Empresarial, págs. 128-142.

CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS TPM Y RCM EN LA INGENIERÍA DEL MANTENIMIENTO. CARCEL Carrasco, Francisco Javier. 2016, 3C Tecnología, págs. 68-75.

TREJO Alvarez, Marling Nathalia. Diseño del plan de mantenimiento preventivo y correctivo para el montacargas HYSTER 02 y el tractocamion KENWORTH T800 de la comercializadora El Forraje S.A. Santiago De Cali : Universidad Autonoma De Occidente, 2017.

GONZALES Fernández, Francisco Javier. Reducción de costes y mejora de resultados en mantenimiento. Madrid : biblioteca UCV, 2010.

VILARINHO, Sandrina, Lopes, Isabel y Oliveira, José A. Preventive maintenance decisions through maintenance optimization models: a case study. Italia : ScienceDirect, 2017.

VALERA Villena, Christian Ruben. Diagnóstico situacional para incrementar los indicadores de mantenimiento de la maquinaria de la Empresa GCZ Ingenieros SAC. Trujillo : UNT, 2019.

THE INCIDENCE OF THE FACTOR HUMAN IN THE MAINTENANCE. CARCEL Carrasco, Francisco Javier. 2016, 3C Tecnología, págs. 1-12.

MATA, Daniel, Aller, José Manuel y Bueno, Alexander. ANÁLISIS PROBABILÍSTICO DEL MANTENIMIENTO PREDICTIVO Y CORRECTIVO DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS ROTATIVAS EN UNA PLANTA

- TREFILADORA. Valle de Sartenejas, Baruta, Edo. Miranda, Venezuela : Universidad Simón Bolívar, 2008.
- Operational reliability evaluation-based maintenance planning for automotive production line. SOLTANALI, Hamzeh, y otros. 2019, Quality Technology & Quantitative Management, págs. 1-18.
- ZHANG, Nan, Fouladirad, Mitra y Barros, Anne. Maintenance analysis of a two-component load-sharing system. Troyes France : Université de Technologie de Troye, 2017.
- ZUÑIGA-García, Natalia y Prozzi, Jorge A. Análisis probabilístico del costo del ciclo de vida de técnicas de preservación de pavimentos. Texas : Universidad de Texas en Austin, 2018.
- ALCANTARA Vera, Ramiro Alberto y Colque Paredes, Juan Martin. Propuesta de Mejora de la Gestión en el proceso de post venta en la Empresa de Servicio Automotriz Ferreycorp S.A. Mediante el Mantenimiento Productivo Total (TPM). Lima : UPN, 2019.
- CARRERAS, Lucia. Programa de mantenimiento preventivo para el parque de maquinarias y equipos en la empresa Paschini Construcciones. Cordova : Universidad de la Defensa Nacional, 2018.
- CLAVERIA Vega, Ruben Matias. FILTRADO BAYESIANO PARA ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS ORBITALES EN ESTRELLAS BINARIAS VISUALES. Chile : UNIVERSIDAD DE CHILE, 2015.
- LIANG, Gang y Li, Shengwei. A Probabilistic Maintenance Scheme Evaluation Method for Transformer based on Failure Rate. Tianjin, China : International Conference on Information Science and Control Engineering, 2017.
- ORTIZ Montenegro, Fred Jhonathan. Diseño de un sistema de gestión de mantenimiento basado en el Riesgo (MBR) aplicado al pool de maquinaria pesada de la Municipalidad Provincial de Moyobamba para aumentar su disponibilidad y reducir los retrasos de la producción. Moyobamba : UCV, 2017.

PATHIRANA, Shan y Kumudu Abeygunawardane, Saranga. A Probabilistic Maintenance Model for Diesel Engines. Moratuwa : nternational Conference on Engineering and Technology, 2017.

Reliability and Maintenance Analysis of Unmanned Aerial Vehicles. PETRITOLI, Enrico, Leccese, Fabio y Ciani, Lorenzo. 2018, MDPI sensors, págs. 1-16.

Heavy Machinery, Amputations and Industrial Accidents. ROSEMARY Tuktur, Wanderimam. 2017, Developing Country Studies, págs. 1-8.

A Numerical Simulation of Probability Study on Fatigue Fracture of. Lidong, ZHOU, y otros. 2017, ScienceDirect, págs. 347-354.

Techint, Organización. El deterioro de los Equipos. MBR, MBT, MBC . s.l. : Propymes, 2014.

THE INCIDENCE OF THE FACTOR HUMAN IN THE MAINTENANCE. Cárcel Carrasco, Francisco Javier. 2016, 3C Tecnología, págs. 1-12.

Reliabilityweb. Reliabilityweb.com. [En línea]
<https://reliabilityweb.com/sp/articles/entry/los-indicadores-de-gestion>.

Industrial, Mantenimiento. Mantenimiento industrial. [En línea] Junio de 2016.

AEC. ASOCIACIÓN ESPAÑOLA PARA LA CALIDAD. [En línea]
<https://www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/gestion-de-activos>.

García Palencia, Oliverio. Reportero Industrial. [En línea] Abril de 2014.
<http://www.reporteroindustrial.com/temas/Tendencias-actuales-en-mantenimiento-industrial+97221?pagina=3>.

Electromecánicas, Equipos e Instalaciones. Orientación en Mantenimiento. Rio Grande : Colegio Provincial de Educación Tecnológica.

Martins, Luís y Ávila da Costa, Felipe. Infrasppeak. [En línea] 2015.
<https://blog.infrasppeak.com/es/que-es-mttr/>.

BERNAL Nuñez, Cristian Andres. Diseño y evaluacion economica de plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para sistemas de puerta de

TREN NS93. Santiago - Chile : Universidad Tecnica Federico Santa Maria, 2017.

PALMA Inostroza, Felipe. Revision, Diagnostico y Desarrollo de un nuevo plan de mantenimiento preventivo en la empresa Nuevosur SA de la Region del Maule. Valparaiso-Chile : PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE VALPARAISO , 2018.

SILVA Burga, Jorge Enrique. Implantacion del TPM en la zona de enderezadoras de Aceros Arequipa. Pirua : UDEP, 2005.

Renovetec. [En línea] <http://www.renovetec.com/irim/252-MANTENIMIENTO-BASADO-EN-CONDICION#:~:text=MANTENIMIENTO%20BASADO%20EN%20CONDICION%20C3%93N,diagn%C3%B3stico%20previo%20de%20los%20equipos..>

AQUINO Olarte, Walter Eli. Plan de Mantenimiento Basado en la Condicion para Mejoras la Disponibilidad del Molino SAG en la Compañia Minera Chinalco Peru. Huancayo Peru : Universidad Nacional del Centro del Peru, 2017.

TORRES Bravo, Jesus David. Plan de gestión de mantenimiento utilizando el TPM para mejorar la productividad en una fábrica de sacos de polipropileno. CHICLAYO : ucv, 2019.

Sola Rosique, Antonio y Crespo Márquez, Adolfo. Principios y marcos de referencia de la gestion de activos. España : AENOR, 2016.

Fractal. [En línea] 2014. <https://www.fractal.com/blog/2018/08/07/diferencias-gestion-activos-y-mantenimiento>.

Analisis de fiabilidad, criticidad, disponibilidad, capacidad de mantenimiento y seguridad de una impresora industrial. PRAT Planas, Miguel.

Renovetec. [En línea] <http://ingenieriadelmantenimiento.com/index.php/26-articulos-destacados/19-mantenimiento-predictivo>.

PROSIC, Mexico. [En línea] <https://www.blog.prosic.com/tipos-y-usos-de-las-plataformas-de->

elevaci%C3%B3n#:~:text=Las%20plataformas%20de%20elevaci%C3%B3n%20tambi%C3%A9n,estructura%20extensible%20y%20un%20chasis..

Grupo, Electrogeno. [En línea] <https://grupoelectrogeno.net/partes-generator-electrico/>.

InterEmpresas. [En línea] 2019. <https://www.interempresas.net/ObrasPublicas/Articulos/234487-Perkins-presenta-su-innovadora-gama-de-soluciones-tecnologicas-en-Bauma-2019.html>.

EveryChina. [En línea] <http://synchronousgenerator.spanish.sell.everychina.com/p-101236973-heavy-duty-stamford-brushless-electric-alternator-motor-generator-8-kva-to-300-kva.html>.

AutoFacil. [En línea] <https://www.autofacil.es/diesel/2018/07/20/motor-diesel-gasta-produce-nox/45366.html>.

Foro Nuclear. [En línea] <http://www.rinconeducativo.org/es/recursos-educativos/que-es-un-generator-electrico>.

Rivera Arellano, Denis. Sistema de mantenimiento predictivo para la flota de equipos pesados en la Municipalidad Provincial Daniel Alcides Carrion-Yanahuanca. Huancayo- Peru : Universidad Nacional del Centro del Peru, 2014.

PREDITEC. [En línea] <http://www.preditec.com/mantenimiento-predictivo/analisis-de-vibraciones/>.

MobilLubricantes. [En línea] <https://www.mobil.com.mx/es-mx/lubricantes/industrial/Lubricant-Expertise/Resources/oil-analysis-result-interpretation>.

ALSglobal. [En línea] <https://alsglobal.blog/es/motores-de-analisis-en-aceite-en-diesel/>.

ANEXOS

Anexo 1. Operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Indicador	Instrumentos
Variable independiente: Elaboración un plan de mantenimiento basado en la condición	Es aquellas característica que es la causa del fenómeno estudiado.	El nuevo plan de mantenimiento fue seleccionado, debido a la análisis de manteniendo realizado a la flota de equipos	MTBF - MTTR	Hoja de cálculo Excel
Variable dependiente: Mejorar la rentabilidad de la empresa	Propiedad o característica que se trata de cambiar mediante la manipulación de la variable independiente	Es el margen de rentabilidad que busca una empresa dedicada al sector alquiler de maquinaria a través de la mejora de sus indicadores de mantenimiento.	Disponibilidad. Mantenibilidad Confiabilidad	Hojas de calculo Excel

Fuente. Elaboración propia

Anexo 2. Resultados

Tabla 21. Características mecánicas del grupo electrógeno G1080-01

CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS		ESPECIFICACIÓN
MOTOR	Marca: Cilindros de alineación Rapidez Bancada	Modelo: 6 En Línea 1800 RPM Acero de alta resistencia
METODO DE SALIDA	Mayor contrapresión aceptada kPa(en Hg) Caudal de gases de la salida m ³ /min (cfm) Seguida Urgencia Temperatura de escape °C (°F) Seguida Emergencia	10,0 (3,0) 57,7 (2038) 60,7 (2144) 497 (927) 525 (976)
PROCEDIMIENTO SOBRE REFRIGERACIÓN	Inducción Método de refrigeración Amplitud I (US GAL) Modelo de bomba de agua	Método de refrigeración aire/ Aire turbo cargador 36 (9,5) Centrifuga
SISTEMA DE ELECTRICIDAD DEL MOTOR	Tensión tierra Amperios del cargador de batería Modelo de regulado	24 negativa 45 A Electrónico
TANQUE DE COMBUSTIBLE / CONSUMO	Amplitud de tanque de combustible (US gal) 50 Hz de potencia seguida l/h (US gal/h) 50 Hz en urgencia l/h (US gal/h)	587 (155,1) 60,6 (16,0) 66,1 (17,2)
TANQUE DE ACEITE	Capacidad de depósito de combustible (US gal) Capacidad del cárter I (US gal) Tipo de aceite Método de refrigeración del aceite	39,0 (10,3) 36,0 (9,5) API CI-4 0W-30
PESO Y LONGITUDES	Largo mm (in) Ancho mm (in) Alto mm (in) Peso con líquidos Kg (lb)	3300 (129,9) 1100 (43,3) 1771 (69,7) 2390 (5269)

Fuente: Resumen de clasificación de productos Mitsubishi.

Tabla 22. Características eléctricas y electrónicas del grupo electrógeno **G1080-01**

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS		ESPECIFICACIÓN
ALTERNADOR	Alternador	Leroy Sommer
	Modelo del alternador	LL5014J
	N° de Cojinetes	1
	Clase de aislamiento	H
	Protección contra entrada de agua	IP 23
POTENCIA	60 Hz Potencia continua	275 KVA – 220 kW
	60 Hz Potencia en emergencia	300 KVA – 240 kW
	Factor de potencia	0,8
TENSIÓN	50 Hz (1500 RPM)	400 V
	60Hz (1800 RPM)	240 V
CUADRO DE CONTROL	Tablero de control	(POWER WIZARD 1.1 +)
	Sistema de excitación:	SHUNT
	Modelo AVR	R250
Información de cómo funciona del alternador		
Acerca de rapidez: rpm		2250
Regulación de tensión: (estado estable)		+/-0,5%
Forma de onda NEMA = TIF:		50
Forma de onda IEC = THF:		2,0 %
Definición en general de armónicos LL/LN		4 %
Radio interferencia:		Supresión de acuerdo a la norma europea EN61000-6
Calor radiado kW (Btu/min)		60 Hz 23,9 (1359)

Tabla 23 Equipo generador de datos

CATEGORÍAS PRINCIPALES	SUBCATEGORIAS	DATOS
Identificación	Ubicación del equipo	G1080-01
	Clasificación	Generadores eléctricos (EG) Motor diésel (MD) Grupo electrógeno (EM)
	Información de instalación	Lugar de trabajo (C2) Categoría de instalación: Plataforma Categoría de operación: Automático Área Geográfica: Costa - Perú

	Información de unidad de equipo	G1080-01 SERIAL N° D3145E / 002 Redundancia de unidad: 1 / 4
Diseño	Información de quien lo produce	Mitsubishi Modelo: MRS1300C
	Particularidades del modelo	Generador eléctrico
Aplicación	Actividad de utilización	Generador tipo Stand by: 80 % Capacidad Actividad urgente, manera automática Tiempo de seguimiento: Supervisión del día Actividad en aproximación: 600 Horas/año Parámetros operativos: Potencia activa kVA
	Componentes de ambiente	Condiciones ambientales: severos / Humedad
	Datos adicionales	RDN-01 Bitácora mensual de Operación de GE RDN-02 Registro de actividad RDN-03 Sostenimiento de prevención MFP-F03 Supervisión de actividad y exámenes sobre GE

Fuente: Norma ISO 14224/Datos de equipo.

Tabla 24 Clasificación del equipo – Grupo electrógeno

Clase de equipo		Tipo		Aplicación	
Definición	Combinación	Definición	Combinación	Definición	Combinación
Generador eléctrico	C4	Alternador accionado por motor a diésel Mitsubishi	MD	Grupo electrógeno	GE01

Fuente: Norma ISO 14224

Tabla 25 Departamento de equipos sucursal-generator

UNIDAD DE EQUIPO	GENERADOR ELÉCTRICO					
SUBUNIDAD	Motor Diesel (MD)			Alternador Eléctrico (AE)		Control y Monitoreo (CM)
SISTEMA	Sistema de lubricación (SL)	Sistema de refrigeración (SR)	Misceláneos (M)	Trasmisión de energía (TE)	Generador eléctrico (GE)	Control y monitoreo (SC)
Partes Mantenibles	Deposito, bomba de engrane, filtro de Lub. Refrigerador.	Conmutador térmico, Ventilador Filtro, Tubería, Bomba	aíre purgado	Cojinetes, sellos de lubricación, acoplamiento al alternador	Estató, rotor de excitación, Cojinete radial, Cojinete de empuje	Control actuador, monitoreo

Fuente: Norma ISO 14224 / Notas informativas

Tabla 26. Datos específicos - Generador eléctrico

Nombre	Descripción	Nombre	Descripción
Generador FG	C4 GE01 SL01	Control de excitación	Automática
Tipo de accionador	Motor Diesel (Mitsubishi)	Tipo de excitación	42 VCD
Acoplamiento	Fijo	Grado de protección	NEMA RG2-25 IP 23
Velocidad sincrónica	1800 RPM	Clase de aislamiento del estator	INSULATION CLASS (H)
Frecuencia	60 Hz regulables	Aumento de temperatura del estator	27 ° C
Voltaje	220 VCA – 3 fases	Factor de energía	Cos φ 0,8
Energía - diseño	224 Kw		

Fuente: Grupo electrógeno G1080-01

Tabla 27. Criterios de criticidad y su cuantificación

CRITERIOS CRITICIDAD			
Frecuencia de fallas: FF		Costos de Mantenimiento: CM	
Mayor a 2 fallas / año	4	Mayor o igual a 3.000 USD	2
1 -2 fallas / año	3	Inferior a 3.000 USD	1
0,5 a 1 Fallas / año	2	Impacto en seguridad, ambiente	
< 0,5 Falloss / año	1		
Impacto Operacional: IO		Afectar la seguridad del personal externo e interno	8
Detenga la operación C inmediatamente	10		
Apagado del procedimiento o sub procedimiento e impacto en otros procedimientos	8	Modifica al entorno de la instalación y provoca perjuicios sin solución ninguna.	6
Impacto en la producción y la calidad	5	Causará graves daños a la instalación.	4
No tendrá ningún impacto significativo en las actividades y la fabricación.	1	Causar daños menores (Accidente incidente)	3
Flexibilidad Operacional: FO		Causar impacto en el ambiente, y su impacto no pasa por encima de las reglas.	2
No hay oportunidad de fabricación ni manera de restaurarlo	4		
Agotado	3	No afectará a personas, instalaciones o alrededores	1
Función alternativa disponible	1		

Tabla 28 Criticidad del grupo electrógeno por sistemas

Código	Descripción de los sistemas	Criticidad	
GE01MD01SE01	Refrigeración	Semi -Critico	Orange
GE01MD01SL01	Lubricación	Critico	Yellow
GE01MD01M01	Admisión	Critico	Yellow
GE01MD01M01	Combustible	Muy critico	Red
GE01MD01SC01	Encendido	Critico	Yellow
GE01CM01SC01	Control	Muy critico	Yellow
GE01AE01GE01	Inducción	Critico	Red

Fuente. Elaboración propia

Tabla 30. Modo de falla del sistema de refrigeración y análisis de impacto de falla

HOJA DE INFORMACIÓN RCM		Sistema		Sistema N°	Facilitador:	Fecha:	Hoja N°
		Subsistema		Subsistema N°	Fiscalizador:	Fecha:	de
		Grupo electrógeno G1080-01		C2GE01			1
		Motor Diesel / Sistema de refrigeración		C2GE01MD01			1
Función (F)		Falla funcional (FF)		Modo de fallo (FM)		Efectos de fallo	
2	Mantener el motor a una temperatura de 80°C y disminuir el calor de las zonas críticas, con el propósito de alcanzar al 80% de su capacidad nominal	A	No poder refrigerar el motor de combustión interna	1	Mal funcionamiento -Bomba de agua	El generador se recalienta y el motor deja de trabajar.	
				2	Fajas desgastadas	El generador trabaja poco tiempo debido al aumento de temperatura del motor por lo cual deja de funcionar	
				3	Escasa y/o pérdida cantidad de refrigerante	Radiador roto, hay fuga de refrigerante	
				4	El refrigerante rebosa por la tapa a los 15 minutos de encendido	El termostato no está funcionando adecuadamente, bloquea el paso del agua por encontrarse remordido.	
		B	No mantiene los 80°C requeridos para el correcto funcionamiento	1	Acumulación de partículas de aceite en panel de radiador	Cuando el generador trabaja por más de 3 horas, existe aumento considerable de temperatura	
				2	Ventilador gira a pocas revoluciones	Las fajas del ventilador no tienen la tensión necesaria para su funcionamiento debido al desgaste.	
				3	Impulsor de bomba desgastado	No llega la cantidad necesaria de refrigerante por lo que el generador funciona a altas temperaturas.	
				4	Termostato - mal funcionamiento	No se puede control la temperatura.	

Realizado por: propio

Tabla 31. Sistema de Inducción eléctrica - Modo de falla y análisis de consecuencias de fallo

HOJA DE INFORMACIÓN RCM	Sistema		Sistema N°	Facilitador:	Fecha:	Hoja N°
	Grupo electrógeno G1080-01		C2GE01			1
Función (F)	Subsistema		Subsistema N°	Fiscalizador:	Fecha:	de
	Motor Diesel / Sistema de Inducción eléctrica		C2GE01MD01			1
Función (F)	Falla funcional (FF)	Modo de fallo (FM)	Efectos de fallo			
3 Suministrar: Energía eléctrica con una potencia de 266 kVA a 220 VCA a 699 Amperios	A No generar energía eléctrica	1	Generador se apaga cuando se transfiere energía	La operación de las Bobinas del alternador se detiene bruscamente porque estas contienen mucha humedad y tienen bajo aislamiento eléctrico, su reparación es de 15 días. El costo de reparación se aproxima a los 11000 USD		
		2	Fusible de interfaz fundido	El generador funciona pocos minutos al encenderlo		
		3	Reparación de motores de combustión interna	El motor no desarrolla la potencia necesaria para lo que necesita el alternador.		
	B Generación defectuosa. No genera la potencia necesaria	1	Cambio de voltaje de generación de energía	Falla de Los diodos rectificadores no funcionan porque tiene un voltaje inestable		
		2	Tarjeta reguladora de voltaje inestable (AVR)	El rango de voltaje que recibe no está entre los 100 V y 140V.		
		3	Bobina de campo de bajo aislamiento	El tablero de transferencia recibe un voltaje del generador que es menor al requerido y no puede repararlo		
		4	Frecuencia de voltaje < a 56 HZ	La bobina de solenoide no trabaja bien o está mal calibrada		

Fuente. Elaboración propia