

Ampliación del mantenimiento preventivo de grupos electrógenos conservando los criterios de funcionamiento correcto

Autores: Sebastián Ardila Hurtado

Cód. 23552115410

Anderson Pérez

Cód. 23552112842

Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica.

Programa de Tecnología en Mantenimiento Electromecánico Industrial.

Universidad Antonio Nariño

Bucaramanga, Colombia

sardila70@uan.edu.co

aperez00@uan.edu.co

Director

juamurcia@uan.edu.co

RESUMEN: Esta investigación se centra en la ampliación del mantenimiento preventivo de los grupos electrógenos, asegurando que se mantengan los criterios de funcionamiento correcto. Los grupos electrógenos son dispositivos que generan energía eléctrica de respaldo cuando se produce un corte en el suministro principal. Su correcto funcionamiento es esencial para garantizar la continuidad del suministro eléctrico en casos de emergencia. El mantenimiento preventivo consiste en llevar a cabo inspecciones regulares y realizar tareas de mantenimiento programadas para prevenir fallas y optimizar el rendimiento del equipo. En este estudio, se propone ampliar las actividades de mantenimiento preventivo para asegurar que los grupos electrógenos funcionen correctamente durante un período de tiempo prolongado. El objetivo principal es conservar los criterios de funcionamiento correcto, lo cual implica mantener una eficiencia energética adecuada, minimizar las emisiones contaminantes y garantizar un arranque y funcionamiento confiables. Para lograr esto, se propondrán actividades adicionales de mantenimiento, como la limpieza regular de filtros y refrigeradores, la revisión de conexiones eléctricas, la verificación de niveles de fluidos y el reemplazo o reparación de componentes desgastados. La importancia de esta investigación radica en garantizar la operatividad y disponibilidad de los grupos electrógenos, particularmente en situaciones críticas como cortes de energía prolongados o eventos de emergencia. Además, un mantenimiento preventivo adecuado ayuda a prevenir averías costosas y reducir el riesgo de interrupciones no

planificadas en el suministro eléctrico. En conclusión, la ampliación del mantenimiento preventivo de los grupos electrógenos con el objetivo de conservar los criterios de funcionamiento correcto es una investigación relevante para garantizar su correcto rendimiento, aumentar la confiabilidad y reducir los costos asociados a reparaciones y pérdidas de energía.

PALABRAS CLAVE: *Ampliación, mantenimiento preventivo, grupos electrógenos, funcionamiento correcto.*

I. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

La importancia del mantenimiento preventivo en cualquier tipo de maquinaria es crucial para asegurar un correcto funcionamiento a lo largo del tiempo. En el caso de los grupos electrógenos, esta premisa cobra aún más relevancia debido a su papel fundamental en la generación de energía eléctrica en situaciones de emergencia o en áreas donde no se dispone de conexión a la red eléctrica. El propósito de este trabajo de investigación es analizar y desarrollar estrategias que permitan ampliar la aplicación del mantenimiento preventivo en los grupos electrógenos, sin comprometer sus criterios de funcionamiento correcto. A través de un enfoque exhaustivo, se abordarán las principales características y componentes de estos sistemas, así como los procedimientos y técnicas necesarias para mantenerlos en óptimas condiciones (Raya, 2018).

Es significativo destacar que el mantenimiento preventivo no solo implica la revisión y reparación de las fallas evidentes, sino también la adopción de medidas que eviten la ocurrencia de estas averías. Para ello, se deben establecer programas periódicos de inspección, limpieza, lubricación y ajuste de todos los componentes relevantes de los grupos electrógenos. Además, se debe contar con personal capacitado y con los conocimientos necesarios para llevar a cabo estas tareas de forma adecuada. En este sentido, el trabajo también buscará identificar las principales dificultades y retos que surgen al implementar el mantenimiento preventivo en los grupos electrógenos. Entre ellos, se encuentra la falta de conciencia acerca de la importancia de esta práctica, la escasez de recursos y herramientas adecuadas, así como la disponibilidad de repuestos y materiales requeridos para realizar las reparaciones necesarias (Cuenca et al., 2022).

Asimismo, se profundizará en la importancia de establecer criterios de funcionamiento correcto para los grupos electrógenos, los cuales se basarán en normativas y regulaciones internacionales. Estos criterios se deben definir considerando aspectos como la capacidad de generación de energía, la eficiencia del sistema, la estabilidad en la frecuencia y la calidad de la energía producida. Para llevar a cabo este estudio, se recopilarán datos y testimonios de expertos en el tema, se realizarán visitas a empresas y se revisarán investigaciones previas relacionadas al mantenimiento preventivo de grupos electrógenos. A través de un análisis detallado de la información obtenida, se plantearán recomendaciones y buenas prácticas que permitan ampliar la aplicación de esta importante labor, sin comprometer el correcto funcionamiento de estos equipos (Álvarez y Kevin, 2009).

El presente trabajo de investigación tiene como intención ampliar el mantenimiento preventivo de los grupos electrógenos, conservando siempre los criterios de funcionamiento correcto. Mediante el análisis de sus componentes, la identificación de retos y dificultades, y la búsqueda de soluciones basadas en normativas internacionales, se espera obtener resultados que contribuyan a mejorar la eficiencia, confiabilidad y vida útil de estos sistemas vitales en diferentes ámbitos donde se requiere una fuente de energía alternativa y segura.

A. ANTECEDENTES

Antecedentes internacionales

En primer lugar, cabe destacar el trabajo realizado por la organización internacional de normalización (iso) en relación al mantenimiento preventivo de grupos electrógenos. La norma iso 8528 establece los requisitos y directrices para el diseño, instalación, operación y mantenimiento de los grupos electrógenos. La norma aborda aspectos clave como la capacidad de generación, la eficiencia del sistema, la gestión del combustible y las pruebas de aceptación. Además, proporciona pautas para la planificación y ejecución del mantenimiento preventivo con el objetivo de asegurar un funcionamiento seguro y fiable de estos equipos (remigio, 2023).

Por otro lado, el informe técnico iec/tr 62380, elaborado por la comisión electrotécnica internacional (iec), aborda específicamente el mantenimiento de sistemas eléctricos de emergencia, incluyendo los grupos electrógenos. El documento proporciona directrices detalladas sobre las inspecciones, pruebas y mantenimiento requeridos para garantizar la disponibilidad y fiabilidad de los sistemas en situaciones críticas. Asimismo, se hace énfasis en la importancia de contar con personal competente en estas tareas y se establecen criterios para evaluar su competencia (alvarez, 2017).

Otro antecedente relevante es el trabajo realizado por la national fire protection association (nfpa) de estados unidos. La nfpa 110 establece normas y pautas para la instalación y mantenimiento de grupos electrógenos de emergencia en edificios y estructuras. Esta organización proporciona una amplia cobertura en cuanto a los aspectos técnicos y de seguridad relacionados con estos sistemas. Además, en su revisión más reciente, se ha enfocado en reforzar la importancia del mantenimiento preventivo, estableciendo requisitos más rigurosos en términos de frecuencia, procedimientos y registros de mantenimiento (arco, 2019).

Estos antecedentes internacionales demuestran que el mantenimiento preventivo de grupos electrógenos es un tema de interés global, donde se han desarrollado normativas y recomendaciones para asegurar un funcionamiento correcto de estos equipos. Su aplicación ha demostrado ser fundamental para evitar fallas inesperadas y

garantizar la disponibilidad de energía eléctrica en situaciones de emergencia. El presente trabajo de investigación buscará complementar y ampliar estos antecedentes, adoptando un enfoque integral que permita optimizar la implementación del mantenimiento preventivo en los grupos electrógenos sin comprometer sus criterios de funcionamiento correcto.

Empresas que prestan este servicio a nivel mundial

A nivel mundial, existen numerosas empresas especializadas en servicios de mantenimiento de grupos electrógenos que se destacan por su experiencia y calidad. A continuación, mencionaremos algunas de estas empresas que actualmente manejan este tema:

- Caterpillar inc. Como uno de los líderes mundiales en la fabricación de equipos para generación de energía, caterpillar también ofrece servicios de mantenimiento para grupos electrógenos. Su red global de distribuidores autorizados cuenta con equipos técnicos altamente capacitados que brindan servicios de inspección, mantenimiento preventivo y correctivo, reparaciones y puestas en marcha. Con una amplia gama de soluciones, caterpillar inc. Se ha consolidado como una opción confiable para el mantenimiento de grupos electrógenos en todo el mundo.
- Cummins inc. Es otra empresa reconocida a nivel mundial en el sector de grupos electrógenos y motores diésel. Además de la fabricación de equipos, ofrecen servicios de mantenimiento integral para grupos electrógenos. Su equipo de ingenieros y técnicos altamente calificados brinda servicios de diagnóstico, mantenimiento preventivo, reparaciones y actualizaciones de equipos. Cummins inc. Se caracteriza por su compromiso con la excelencia en el servicio y la satisfacción del cliente.
- Generac power systems. Esta empresa estadounidense se especializa en generadores de energía y ofrece una amplia gama de servicios de mantenimiento para grupos electrógenos. Generac power systems cuenta con técnicos certificados que realizan mantenimiento preventivo, reparaciones, actualizaciones y monitoreo remoto. Además, ofrecen planes de mantenimiento personalizados para adaptarse a las

necesidades específicas de cada cliente. Con una sólida reputación en el mercado, generac power systems se ha expandido a nivel global y ofrece servicios en varios países.

- Kohler co. Es un referente en el sector de generadores de energía y también se destaca por sus servicios de mantenimiento. Su red de distribuidores y centros de servicio autorizados ofrece asesoramiento técnico, mantenimiento preventivo y correctivo, reparaciones y actualizaciones de equipos. Kohler co. Se enfoca en la calidad, confiabilidad y eficiencia de sus servicios, convirtiéndose en una opción confiable para el mantenimiento de grupos electrógenos en múltiples países (torres y vega, 2022).
- Wärtsilä corporation. Esta empresa finlandesa es líder mundial en tecnología marina y energética, y también ofrece servicios de mantenimiento para grupos electrógenos. Wärtsilä cuenta con una amplia red de servicio técnico global que brinda mantenimiento, reparaciones y actualizaciones para grupos electrógenos en diversos sectores industriales. Su enfoque en la sostenibilidad y la eficiencia energética les ha permitido ser reconocidos a nivel internacional.

Estas son solo algunas de las empresas especializadas en servicios de mantenimiento de grupos electrógenos a nivel mundial. Cabe destacar que esta lista no es exhaustiva y que existen otras compañías en diferentes países que también se dedican a ofrecer estos servicios. Al elegir una empresa de mantenimiento de grupos electrógenos, es importante investigar su trayectoria, revisar testimonios de clientes anteriores y evaluar su experiencia y capacidad técnica para garantizar un servicio confiable y de calidad (vega y torres, 2022).

Antecedentes nacionales

En primer lugar, es importante mencionar la legislación vigente en nuestro país en relación al mantenimiento preventivo de grupos electrógenos. El reglamento electrotécnico para baja tensión (rebt) establece las normas técnicas y de seguridad que deben cumplir estos equipos. En particular, el artículo 56 del rebt hace referencia a las instalaciones de grupos electrógenos y establece la obligación de realizar un mantenimiento periódico para garantizar su correcto funcionamiento.

Asimismo, el artículo 57 especifica los criterios mínimos que deben seguirse durante el mantenimiento, como la revisión de los sistemas de control, la limpieza y verificación del sistema de refrigeración, y la prueba y ajuste de los mecanismos de arranque y paro (vega y torres, 2022).

Además, es relevante destacar el trabajo realizado por instituciones nacionales como el instituto para la diversificación y ahorro de la energía (idae). Esta entidad promueve la eficiencia energética y el uso responsable de los recursos energéticos. El idae ha desarrollado guías y manuales para el mantenimiento de grupos electrógenos, enfocándose en la optimización de su rendimiento y reducción de emisiones contaminantes. Estas guías brindan recomendaciones sobre la frecuencia de mantenimiento, los aspectos a considerar durante las inspecciones y las pautas para el correcto almacenamiento y manipulación del combustible utilizado.

Por otro lado, cabe mencionar el rol desempeñado por asociaciones y empresas especializadas en el mantenimiento de grupos electrógenos. Estas entidades han desarrollado metodologías y protocolos para la ampliación del mantenimiento preventivo, conservando los criterios de funcionamiento correcto. Por ejemplo, la asociación española de mantenedores de grupos electrógenos (aege) ha publicado diversos manuales y documentos técnicos donde se detallan las mejores prácticas en cuanto al mantenimiento de estos equipos. Asimismo, empresas líderes en el sector ofrecen servicios de mantenimiento personalizados, adaptados a las necesidades específicas de cada grupo electrógeno y siguiendo los estándares y normativas nacionales aplicables.

Estos antecedentes nacionales demuestran que el mantenimiento preventivo de grupos electrógenos es una preocupación a nivel nacional, respaldada por la legislación vigente y la existencia de instituciones y empresas especializadas en el tema. El presente trabajo de investigación buscará profundizar en estos antecedentes, explorando nuevas estrategias y enfoques que permitan ampliar el alcance y los beneficios del mantenimiento preventivo, sin comprometer los criterios de funcionamiento correcto de los grupos electrógenos (plata, 2019).

Empresas que prestan este servicio a nivel nacional

En Colombia, hay varias empresas especializadas en servicios de mantenimiento de grupos electrógenos que se destacan por ofrecer soluciones de calidad en el área. A continuación, mencionaremos algunas de estas empresas que actualmente manejan este tema:

- Grupo generadores. Es una reconocida empresa que cuenta con una amplia experiencia en el mantenimiento de grupos electrógenos en Colombia. Su equipo de técnicos altamente capacitados se encarga de realizar inspecciones periódicas, reparaciones y ajustes necesarios para garantizar el correcto funcionamiento de los grupos electrógenos. Grupo generadores también ofrece contratos de mantenimiento preventivo personalizados, adaptados a las necesidades específicas de cada cliente (Álvarez y Kevin, 2009).
- Germain s.a.s. Con más de 40 años en el mercado, Germain s.a.s. se ha posicionado como una de las principales empresas especializadas en servicios de mantenimiento de grupos electrógenos en Colombia. Su equipo de profesionales brinda asesoría técnica, instalación, reparación y mantenimiento preventivo de equipos. Utilizan tecnología de vanguardia para llevar a cabo diagnósticos precisos y ofrecen soluciones eficientes para optimizar el rendimiento de los grupos electrógenos.
- Power ingeniería. Esta empresa se destaca por ofrecer soluciones integrales en el mantenimiento de grupos electrógenos en Colombia. Su equipo de ingenieros y técnicos altamente calificados realiza inspecciones detalladas, pruebas de funcionamiento y ajustes necesarios para asegurar el óptimo desempeño de los equipos. Power ingeniería también ofrece servicios de monitoreo remoto, lo que les permite detectar cualquier anomalía de manera temprana y brindar un servicio de atención inmediata.
- Generac Colombia. Especializada en la venta, mantenimiento y reparación de grupos electrógenos, Generac Colombia se ha ganado una reputación sólida en el país. Sus técnicos capacitados realizan mantenimiento preventivo y correctivo, así como también ofrecen servicios de inspección y consultoría

técnica. Generac colombia trabaja con marcas reconocidas en el mercado y garantiza soluciones confiables y de calidad para sus clientes (vega y torres, 2022).

- Novum solutions. Esta empresa se dedica al mantenimiento y reparación de grupos electrógenos en colombia. Su equipo de expertos ofrece servicios de mantenimiento preventivo y correctivo, así como también brinda asesoría en la selección y diseño de sistemas de energía. Novum solutions se enfoca en brindar soluciones personalizadas para satisfacer las necesidades de sus clientes.

Estas son solo algunas de las empresas especializadas en servicios de mantenimiento de grupos electrógenos en colombia. Cabe destacar que la lista no es exhaustiva y que existen otras compañías en el país que también se dedican a ofrecer estos servicios. Al elegir una empresa para el mantenimiento de grupos electrógenos, es importante investigar su trayectoria, revisar testimonios de otros clientes y evaluar la calidad de sus servicios ofrecidos.

Antecedentes locales

En primer lugar, es necesario destacar la importancia de los grupos electrógenos en la ciudad de bucaramanga. Debido a la frecuente interrupción del suministro eléctrico en esta región, tanto por fallas en la red como por eventos climáticos, los grupos electrógenos se convierten en una fuente indispensable de energía de respaldo. Empresas, hospitales, centros comerciales y muchas otras instituciones dependen de estos equipos para garantizar el funcionamiento continuo de sus operaciones. Por lo tanto, es crucial que estos grupos electrógenos se mantengan en óptimas condiciones mediante un programa de mantenimiento preventivo adecuado, evitando así posibles fallos y asegurando su correcto funcionamiento cuando más se necesiten.

Además, en bucaramanga existe un creciente interés por la eficiencia energética y la sustentabilidad. Los constantes cortes de energía han llevado a las empresas y organizaciones a buscar alternativas más confiables y respetuosas con el medio ambiente. En este sentido, el mantenimiento preventivo de los grupos electrógenos cobra una relevancia aún mayor, ya que permite identificar y corregir posibles

deficiencias en el equipo, mejorando su rendimiento y reduciendo las emisiones contaminantes. Asimismo, se están desarrollando iniciativas locales para la implementación de sistemas de generación distribuida, donde los grupos electrógenos juegan un papel clave. En este contexto, ampliar el mantenimiento preventivo de los grupos electrógenos se vuelve fundamental para garantizar un suministro energético más sostenible en la ciudad.

Es importante resaltar la presencia de empresas especializadas en servicios de mantenimiento de grupos electrógenos en bucaramanga. Estas empresas ofrecen soluciones integrales para la conservación y el correcto funcionamiento de estos equipos. Realizan inspecciones periódicas, pruebas de funcionamiento y ajustes necesarios para asegurar su óptimo desempeño. Algunas de estas compañías incluso han desarrollado tecnologías avanzadas, como sistemas de monitoreo remoto, que permiten realizar un seguimiento constante de los grupos electrógenos y detectar cualquier anomalía de manera temprana.

Empresas que prestan este servicio a nivel local.

Estas empresas locales son aliadas fundamentales para implementar una estrategia de ampliación del mantenimiento preventivo de grupos electrógenos en bucaramanga, porque conocen las características y necesidades específicas de la región. En bucaramanga, varias empresas se especializan en servicios de mantenimiento de grupos electrógenos y son reconocidas por ofrecer soluciones de calidad en el área. A continuación, mencionaremos algunas de estas empresas que actualmente manejan este tema:

- Electrogén. Esta empresa cuenta con una amplia trayectoria en el mantenimiento y reparación de grupos electrógenos en bucaramanga. Su equipo de técnicos altamente capacitados se encarga de realizar inspecciones periódicas, reparaciones y ajustes necesarios para garantizar el correcto funcionamiento de los grupos electrógenos. Electrogén también ofrece contratos de mantenimiento preventivo personalizados, adaptados a las necesidades específicas de cada cliente.
- Energex. Con más de 10 años en el mercado, energex se ha posicionado como una de las

principales empresas especializadas en servicios de mantenimiento de grupos electrógenos en Bucaramanga. Su equipo de profesionales brinda asesoría técnica, instalación, reparación y mantenimiento preventivo de equipos. Utilizan tecnología de vanguardia para llevar a cabo diagnósticos precisos y ofrecen soluciones eficientes para optimizar el rendimiento de los grupos electrógenos.

- Power solutions. Esta empresa se destaca por ofrecer soluciones integrales en el mantenimiento de grupos electrógenos. Su equipo de ingenieros y técnicos altamente calificados realiza inspecciones detalladas, pruebas de funcionamiento y ajustes necesarios para asegurar el óptimo desempeño de los equipos. Power solutions también ofrece servicios de monitoreo remoto, lo que les permite detectar cualquier anomalía de manera temprana y brindar un servicio de atención inmediata.
- Generabuc. Especializada en la venta, mantenimiento y reparación de grupos electrógenos, Generabuc se ha ganado una reputación sólida en Bucaramanga. Sus técnicos capacitados realizan mantenimiento preventivo y correctivo, así como también ofrecen servicios de inspección y consultoría técnica. Generabuc trabaja con marcas reconocidas en el mercado y garantiza soluciones confiables y de calidad para sus clientes.

Estas son solo algunas de las empresas especializadas en servicios de mantenimiento de grupos electrógenos en Bucaramanga. Cabe destacar que la lista no es exhaustiva y que existen otras compañías en la región que también se dedican a ofrecer estos servicios. Al elegir una empresa para el mantenimiento de grupos electrógenos, es importante investigar su trayectoria, revisar testimonios de otros clientes y evaluar la calidad de sus servicios ofrecidos. Estos antecedentes locales demuestran la importancia del mantenimiento preventivo de grupos electrógenos en Bucaramanga, tanto por la demanda existente como por la preocupación creciente por la eficiencia energética y la sustentabilidad. Además, la presencia de empresas especializadas en la ciudad ofrece la oportunidad de implementar estrategias de ampliación del mantenimiento

preventivo, adaptadas a las necesidades y particularidades de la región.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente, muchas empresas, especialmente aquellas que dependen de energía eléctrica para llevar a cabo sus operaciones de manera eficiente y continua, no cuentan con grupos electrógenos confiables y en óptimas condiciones de funcionamiento. Es relevante tener el conocimiento de que estos equipos son fundamentales para garantizar el suministro de energía en caso de cortes o fallos con respecto al suministro eléctrico principal. Sin embargo, se vuelve una problemática recurrente, porque es la falta de ampliación del mantenimiento preventivo de los grupos electrógenos, lo que impide conservar los criterios correctos en su funcionamiento. Esto llega a generar una serie de inconvenientes y dificultades para las empresas que los utilizan (Herrera y Augusto, 2023).

Uno de los principales problemas que se presenta es la pérdida de productividad y eficiencia en las operaciones. Si no se realiza un mantenimiento adecuado, los grupos electrógenos pueden presentar fallos o averías inesperadas, lo que lleva a interrupciones en el suministro de energía y, por ende, a la detención de las actividades empresariales. Asimismo, representa un costo significativo para las empresas, porque implica la pérdida de ingresos y la posibilidad de incumplir compromisos con clientes y socios comerciales. Además, la falta de ampliación del mantenimiento preventivo puede provocar un desgaste prematuro de los componentes de los grupos electrógenos. Esto se debe a que no se realizan las revisiones necesarias, ni se llevan a cabo las acciones preventivas correspondientes para asegurar su correcto funcionamiento a largo plazo. Como resultado, se genera un mayor desgaste y desgaste de los equipos, lo que aumenta los costos de reparación y reemplazo (Vega y Torres, 2022).

Cada vez que una situación se presenta, se puede entrar a revisar otro aspecto importante que se debe tener en cuenta y es la seguridad. La falta de mantenimiento adecuado acarrea situaciones de riesgo, como cortocircuitos, sobrecargas eléctricas o incluso incendios. Estos incidentes no solo ponen en peligro la integridad física de los trabajadores,

sino también la de las instalaciones y el equipo. También, se llega a generar responsabilidades legales y daños a la reputación de la empresa. Por otro lado, la falta de ampliación del mantenimiento preventivo también puede afectar negativamente el rendimiento energético de los grupos electrógenos. Si no se realizan ajustes y calibraciones periódicas, es probable que estos equipos consuman más energía de la necesaria, lo que se traduce en mayores costos operativos. Igualmente, un funcionamiento ineficiente genera emisiones contaminantes innecesarias, lo que va en contra de los objetivos de sostenibilidad y responsabilidad ambiental de muchas empresas (Torres y Vega, 2022).

Esta situación problema hace que las empresas prioricen la ampliación del mantenimiento preventivo de sus grupos electrógenos; implicándoles invertir y establecer en programas de mantenimiento regulares y sistemáticos, en los que se realicen inspecciones periódicas, se lleven a cabo tareas de limpieza y lubricación, se verifiquen los niveles de fluidos, se calibren los sistemas de control y monitoreo, y se realicen las reparaciones o reemplazos necesarios. De este modo, es importante contar con personal capacitado y experimentado en la realización de estas tareas, así como utilizar herramientas y equipos convenientes. Por lo demás, es recomendable seguir las indicaciones y especificaciones del fabricante de los grupos electrógenos, para garantizar un mantenimiento acorde a los requerimientos técnicos de cada equipo (Cuenca et al., 2022).

Analizando estas situaciones que persisten en las diferentes empresas, se deduce que parte de este problema radica en el deterioro de los procesos que incursionan en la ampliación del mantenimiento preventivo de los grupos electrógenos, generando múltiples problemas en las empresas, desde pérdidas económicas hasta riesgos para la seguridad y el medio ambiente. De esta forma, se hace fundamental intervenir en buscar soluciones para que las empresas tomen conciencia de la importancia de mantener en buen estado estos equipos, implementando programas de mantenimiento preventivo apropiados. Solo así podrán conservar los criterios correctos en el funcionamiento de los grupos electrógenos y asegurar la continuidad de sus operaciones de manera eficiente y segura (Raya, 2018).

De tal manera que una vez más, se llega al cuestionamiento en términos de que la magnitud del problema radica en la importancia crítica de los grupos electrógenos en la continuidad de servicios esenciales en diversas industrias y entornos. Estos equipos son fundamentales para respaldar la infraestructura crítica, como hospitales, centros de datos, industria manufacturera y otros sectores donde la interrupción del suministro eléctrico puede tener consecuencias catastróficas en términos de seguridad, pérdidas económicas y bienestar público (Rinaldi, 2001)

Sin embargo, cabe nombrar que la naturaleza del problema radica en la inadecuación de las estrategias de mantenimiento preventivo existentes para garantizar un funcionamiento correcto y confiable de los grupos electrógenos. A pesar de las inversiones considerables en el mantenimiento, las interrupciones no planificadas y las fallas en estos sistemas aún persisten.

A continuación se describen algunos factores que ahondan en esta problemática:

A. Factores que Aumentan la Situación Problema

- a) **Frecuencia ineficiente de mantenimiento.** Muchas organizaciones siguen agendas de mantenimiento basadas en el tiempo, que pueden resultar en una sobrecarga de mantenimiento innecesario o, en contraste, en un mantenimiento insuficiente para las condiciones específicas de cada grupo electrógeno (Akintoye OI, 2017)
- b) **Criterios de mantenimiento desactualizados.** Los procedimientos de mantenimiento se basan en estándares y recomendaciones obsoletos que no reflejan con precisión las condiciones de operación y las necesidades de mantenimiento de estos sistemas
- c) **Escasa implementación de monitoreo en tiempo real.** La falta de sistemas de monitoreo en tiempo real impide la identificación temprana de problemas y fallas potenciales, lo que aumenta el riesgo de interrupciones.
- d) **Cambios en las cargas y operación.** Las cargas eléctricas y las condiciones de operación de los grupos electrógenos pueden cambiar con el tiempo, lo que no se refleja adecuadamente en los planes de mantenimiento existentes.

e) **Presión para la eficiencia energética.** La creciente presión para mejorar la eficiencia energética a menudo compite con la necesidad de mantener un funcionamiento confiable de los grupos electrógenos. La ejecución de un proyecto para ampliar y mejorar el mantenimiento preventivo de grupos electrógenos es esencial para abordar esta problemática. La excusa ante esta situación ahonda en la problemática que se sustenta en la necesidad de garantizar la continuidad de servicios críticos (Vega y Torres, 2022).

A pesar de la importancia de los grupos electrógenos, existe un problema persistente relacionado con el mantenimiento preventivo y su capacidad para garantizar un funcionamiento correcto y confiable a lo largo del tiempo. Este problema se manifiesta de varias maneras en torno a la frecuencia de mantenimiento insuficiente. Muchos propietarios y operadores de grupos electrógenos todavía siguen un enfoque de mantenimiento preventivo basado en el tiempo, lo que significa que realizan tareas de mantenimiento a intervalos predefinidos sin tener en cuenta las condiciones reales de funcionamiento. Esto puede llevar a un mantenimiento insuficiente o innecesario, lo que aumenta el riesgo de fallas inesperadas. Los criterios de mantenimiento preventivo utilizados a menudo se basan en recomendaciones y obsoletos o genéricos. Esto puede no reflejar con precisión las necesidades de mantenimiento específicas de cada grupo electrógeno, lo que resulta en una falta de adaptación a condiciones de funcionamiento variables (INMESOL, 2015).

III. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

El planteamiento del problema se resume en la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo se puede ampliar el programa de mantenimiento preventivo de los generadores para detectar posibles fallas manteniendo los correctos criterios de operación?

IV. JUSTIFICACIÓN

La ampliación del mantenimiento preventivo de grupos electrógenos conservando los criterios de funcionamiento correcto es un tema de investigación relevante y de gran importancia en diferentes contextos, incluyendo el local y específicamente en la ciudad de Bucaramanga. En este sentido, es fundamental justificar y comprender la importancia de abordar este tema en profundidad. Inicialmente, los grupos electrógenos desempeñan un papel crucial en la sociedad moderna, especialmente en lugares donde el suministro eléctrico es inestable o sufre interrupciones frecuentes.

En Bucaramanga, como en muchas otras ciudades de Colombia, estas interrupciones son bastante comunes debido a fallas en la red eléctrica y eventos climáticos adversos. Empresas, hospitales, centros comerciales y muchas otras instituciones dependen de los grupos electrógenos para garantizar el funcionamiento continuo de sus operaciones. Por lo tanto, es esencial que estos equipos estén en óptimas condiciones y que se realice un mantenimiento preventivo adecuado para evitar fallos inesperados y asegurar que estén listos para operar cuando más se necesiten (Álvarez y Kevin, 2009).

Asimismo, la eficiencia energética y la sostenibilidad son temas de creciente importancia en la actualidad. La escasez de recursos naturales y la preocupación por el cambio climático han llevado a una mayor conciencia sobre el uso responsable de la energía. En este contexto, los grupos electrógenos representan una fuente importante de generación de energía, pero también pueden contribuir a la contaminación y al desperdicio energético si no se mantienen correctamente. Un mantenimiento preventivo ampliado y efectivo permite identificar y corregir posibles deficiencias en los grupos electrógenos, mejorando su rendimiento y reduciendo las emisiones contaminantes. Esto no solo beneficia al medio ambiente, sino que también puede ayudar a reducir costos operativos y aumentar la rentabilidad a largo plazo (Plata, 2019).

Al mismo tiempo, la ampliación del mantenimiento preventivo de grupos electrógenos es fundamental en el contexto local de Bucaramanga debido a su crecimiento económico y desarrollo industrial. La ciudad alberga numerosas empresas que dependen de energía confiable para mantener sus operaciones, desde pequeños negocios hasta grandes industrias. Un fallo en el suministro eléctrico puede resultar en

pérdidas significativas, tanto económicas como en términos de reputación empresarial. Por lo tanto, es esencial que estos negocios cuenten con grupos electrógenos en buen estado y un programa de mantenimiento preventivo robusto para garantizar la continuidad de sus operaciones.

Por otro lado, se debe considerar el hecho de que existe una presencia sólida de empresas especializadas en servicios de mantenimiento de grupos electrógenos en Bucaramanga. Estas compañías cuentan con el conocimiento y la experiencia necesarios para realizar inspecciones periódicas, pruebas de funcionamiento y ajustes técnicos, lo que garantiza que los equipos estén en óptimas condiciones de operatividad. Además, algunas de estas empresas han desarrollado tecnologías avanzadas, como sistemas de monitoreo remoto, que permiten un seguimiento constante de los grupos electrógenos y la detección temprana de cualquier anomalía o posible falla. Aprovechar esta infraestructura local y trabajar en conjunto con estas empresas permitiría implementar una estrategia efectiva de ampliación del mantenimiento preventivo de los grupos electrógenos en la ciudad.

Resumiendo, la importancia de abordar el tema de investigación en la ampliación del mantenimiento preventivo de grupos electrógenos conservando los criterios correctos en el funcionamiento radica en la necesidad de garantizar un suministro eléctrico confiable en situaciones de interrupciones frecuentes, así como en la creciente importancia de la eficiencia energética y la sustentabilidad. Además, la presencia de empresas especializadas en mantenimiento de grupos electrógenos en Bucaramanga brinda la oportunidad de implementar estrategias efectivas y adaptadas a las necesidades específicas de la región. El abordaje de este tema de investigación puede generar beneficios económicos, ambientales y operativos, mejorando la calidad de vida de los habitantes de la ciudad y fomentando su desarrollo sostenible..

V. OBJETIVOS

A. OBJETIVO GENERAL

Mejorar la efectividad del mantenimiento preventivo de grupos electrógenos, conservando los criterios de funcionamiento correcto, con el

propósito de garantizar un suministro de energía eléctrica confiable en aplicaciones críticas y reducir el riesgo de interrupciones no planificadas..

B. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar el estado actual de los grupos electrógenos y su mantenimiento preventivo en aplicaciones críticas, identificando debilidades y áreas de mejora a través de análisis de datos históricos y evaluación técnica.
- Desarrollar e implementar una estrategia de mantenimiento preventivo más económica adaptada a las condiciones específicas de funcionamiento de los grupos electrógenos, incorporando criterios actualizados y recomendaciones de la industria.
- Integrar sistemas de monitoreo en tiempo real y diagnóstico avanzado para detectar tempranamente problemas y posibles fallas en los grupos electrógenos, permitiendo una respuesta proactiva ante situaciones críticas para realizar el mantenimiento en lapsos de tiempo más largos.

VI. MARCO TEÓRICO

El marco teórico en un proyecto de investigación, como el que aborda la ampliación del mantenimiento preventivo de grupos electrógenos conservando los criterios de funcionamiento correcto, es una parte esencial que proporciona el fundamento teórico y conceptual necesario para comprender y abordar el tema de estudio. En este sentido, se busca identificar las teorías, conceptos, modelos y estudios previos relevantes relacionados con el tema, así como establecer la relación entre estos y los objetivos de la investigación.

Para conformar el marco teórico de este proyecto, se consideraron diferentes aspectos clave relacionados con el mantenimiento preventivo de grupos electrógenos y los criterios de funcionamiento correcto. Entre ellos:

A. Concepto de Mantenimiento Preventivo

Se debe definir claramente qué se entiende por mantenimiento preventivo y su importancia en el contexto de los grupos electrógenos. Se pueden mencionar diferentes enfoques y metodologías utilizadas para llevar a cabo el mantenimiento

preventivo, así como las ventajas de adoptar este enfoque en lugar del mantenimiento correctivo o reactivo.

B. Funcionamiento Correcto de los Grupos Electrógenos

Aquí se puede explorar qué criterios se consideran para determinar si un grupo electrógeno está funcionando correctamente. Esto incluye aspectos técnicos, como la potencia generada, la eficiencia y la estabilidad del voltaje, así como factores operativos, como la respuesta ante cambios en la carga y la capacidad para arrancar y sincronizar con la red eléctrica. También se pueden mencionar los estándares y regulaciones existentes que definen los criterios de funcionamiento correcto.

C. Principales Componentes de un Grupo Electrógeno

Es importante entender cómo están constituidos los grupos electrógenos, su estructura y funcionamiento interno. Esto incluye la descripción de elementos como el motor, el generador, el sistema de control y protección, y otros componentes relevantes. Además, se pueden mencionar las tecnologías y avances más recientes en cuanto a la construcción y operación de estos equipos.

D. Factores que Afectan el Mantenimiento de Grupos Electrógenos

Se deben considerar los diferentes factores que pueden influir en la necesidad y la forma de llevar a cabo el mantenimiento preventivo de los grupos electrógenos. Estos pueden incluir aspectos ambientales, como la humedad, la temperatura y las condiciones climáticas, así como factores operativos, como la carga y el tiempo de funcionamiento. También se deben tener en cuenta los efectos del envejecimiento de los equipos y los posibles problemas de desgaste o fallas que puedan surgir.

Figura 1. *Factores ambientales que afectan el mantenimiento de los grupos electrógenos*



Fuente: Autor

E. Estudios Previos Relacionados

Es importante revisar investigaciones, estudios y trabajos previos que se hayan realizado en el ámbito del mantenimiento preventivo de grupos electrógenos, tanto a nivel nacional como internacional. Estos estudios pueden proporcionar información relevante sobre las mejores prácticas, las metodologías utilizadas, los resultados obtenidos y las áreas que aún requieren investigación adicional.

F. Normativas y Regulaciones

Se deben considerar las normativas y regulaciones existentes en relación con el mantenimiento preventivo de grupos electrógenos. Esto incluye leyes y estándares nacionales e internacionales que establecen requisitos mínimos y guías para el mantenimiento de estos equipos. Además, se pueden mencionar las recomendaciones de fabricantes y asociaciones profesionales en el campo de la generación de energía.

a) Normatividad a Nivel Mundial

Existen diferentes normas y estándares que se encargan de regular y establecer los criterios para la ampliación del mantenimiento preventivo de grupos electrógenos, asegurando su correcto funcionamiento. Algunas de estas normas son:

Norma ISO 8528. Establece los requisitos y especificaciones para las características de diseño, fabricación y rendimiento de los grupos electrógenos. Además, define las pautas para el mantenimiento y las pruebas que deben llevarse a cabo de manera preventiva.

Norma IEC 60034. Se ocupa de los requerimientos y ensayos para las máquinas eléctricas rotativas, incluyendo los generadores eléctricos. Proporciona directrices sobre el

mantenimiento preventivo, inspecciones periódicas y pruebas eléctricas.

Norma NFPA 110. Especifica los requisitos para la instalación, operación, mantenimiento y prueba de los sistemas de alimentación de emergencia, como los grupos electrógenos. Incluye directrices para la planificación y el mantenimiento preventivo de estos equipos.

Norma ANSI/IEEE C37.20.2. Establece los requisitos para la protección y coordinación del sistema de distribución de energía eléctrica, incluyendo los grupos electrógenos. Proporciona directrices para el mantenimiento preventivo de los equipos y la coordinación de la protección.

Estas normas, entre otras, sirven como referencia para garantizar un mantenimiento preventivo adecuado de los grupos electrógenos en todo el mundo, conservando los criterios de funcionamiento correcto y asegurando su disponibilidad y confiabilidad en caso de emergencia. Es importante consultar y seguir las normas locales y específicas de cada país para adaptarlas a las regulaciones vigentes.

b) Normatividad a Nivel de Colombia

Algunas de las normas y estándares que se aplican para la ampliación del mantenimiento preventivo de grupos electrógenos son:

Norma RETIE (Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas). Establece los requisitos técnicos de seguridad para las instalaciones eléctricas en Colombia. Incluye directrices para la instalación, operación y mantenimiento de los grupos electrógenos, asegurando su correcto funcionamiento y protección contra riesgos eléctricos.

Norma NTC 2050 (Instalaciones eléctricas en edificaciones). Brinda los lineamientos técnicos para las instalaciones eléctricas en construcciones de todo tipo. Incluye recomendaciones sobre el mantenimiento de los grupos electrógenos dentro de las edificaciones y su integración con el sistema eléctrico general.

Norma NTC 1500 (Sistema de Gestión de la Calidad). Esta norma establece los requisitos para implementar y mantener un sistema de gestión de la calidad. Proporciona directrices para el seguimiento y control del mantenimiento preventivo de los grupos electrógenos, asegurando que se realice de manera planificada y documentada.

Norma NTC-IEC 60034 (Máquinas eléctricas rotativas). Adaptación de la norma IEC 60034 a las necesidades nacionales. Establece los requisitos y ensayos para las máquinas eléctricas rotativas, incluyendo los generadores eléctricos. Proporciona directrices para el mantenimiento preventivo y las pruebas eléctricas de los grupos electrógenos.

Es importante tener en cuenta que estas son algunas de las normas relevantes en Colombia, pero existen otras regulaciones específicas que pueden variar según la región o sector industrial. Se recomienda consultar las normativas vigentes y buscar asesoría especializada para garantizar el cumplimiento adecuado de las normas aplicables en cada caso.

c) Normatividad Local a Nivel de Bucaramanga

Al igual que a nivel nacional, se aplican normas y estándares para regular y establecer los criterios para la ampliación del mantenimiento preventivo de grupos electrógenos. A continuación, mencionaré algunas de las normas que podrían ser relevantes en esta región:

Norma RETIE (Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas). Esta norma es de aplicación en todo el territorio colombiano y establece los requisitos técnicos de seguridad para las instalaciones eléctricas, incluidos los grupos electrógenos. Es importante seguir las directrices de esta norma para garantizar la seguridad y el correcto funcionamiento de los equipos.

Norma NTC 2050 (Instalaciones eléctricas en edificaciones). Esta norma establece los lineamientos técnicos para las instalaciones eléctricas en edificaciones. Puede ser relevante en el contexto de ampliación de mantenimiento preventivo de grupos electrógenos, ya que proporciona recomendaciones sobre su ubicación, conexión y protección adecuada dentro de las edificaciones.

Normas y guías de fabricantes. Los fabricantes de grupos electrógenos suelen proporcionar normas y guías específicas sobre el mantenimiento preventivo de sus equipos. Estas normas deben ser consideradas y seguidas para asegurar el correcto funcionamiento de los grupos electrógenos.

Es importante enfatizar que estas son solo algunas de las normas que podrían ser relevantes en Bucaramanga. Es fundamental consultar las regulaciones específicas y buscar asesoría especializada teniendo en cuenta las necesidades y

características de cada instalación de grupos electrógenos en la región.

Finalmente, el marco teórico en un proyecto de investigación sobre la ampliación del mantenimiento preventivo de grupos electrógenos conservando los criterios de funcionamiento correcto proporciona la base teórica necesaria para comprender y abordar el tema de estudio. Este incluye aspectos como el concepto de mantenimiento preventivo, los criterios de funcionamiento correcto, los componentes de los grupos electrógenos, los factores que afectan el mantenimiento, estudios previos y normativas y regulaciones existentes. Al incluir estos elementos en el marco teórico, se establece una sólida base conceptual y teórica que guiará el desarrollo de la investigación y permitirá obtener conclusiones significativas y aplicables en el ámbito del mantenimiento preventivo de grupos electrógenos conservando los criterios de funcionamiento correcto.

VII. METODOLOGIA

A. Metodología Propuesta

Este estudio de investigación usa una metodología descriptiva cualitativa, con apoyo de la revisión documental, lo anterior tiene que ver con el tema escogido para el estudio sobre el tema de la ampliación del mantenimiento preventivo de grupos electrógenos conservando los criterios de funcionamiento correcto. Lo que implica recopilar y analizar datos detallados y ricos en contexto para comprender a fondo la vivencia de los actores incorporados en este proceso. Teniendo en cuenta que se selecciona una muestra del material consultado que trata de las situaciones en las que se ha dado la ampliación del mantenimiento preventivo de grupos electrógenos conservando los criterios de funcionamiento correcto, a través de diferentes fuentes, como empresas a nivel internacional, nacional y local que ya están sistematizadas en los diferentes artículos y materiales consultados en las diferentes bases de datos de consulta (Serrano et al., 2022).

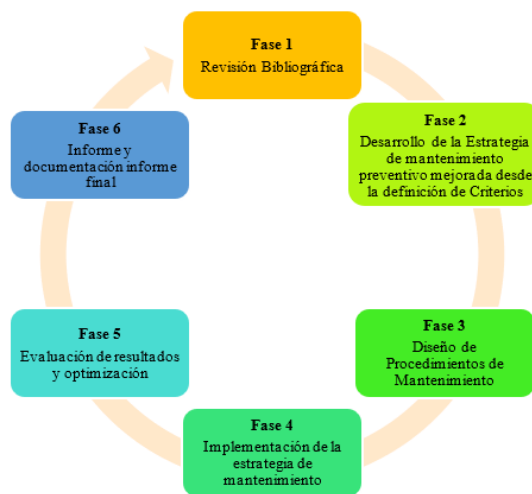
Esta metodología descriptiva cualitativa para la presente investigación, en términos de la ampliación del mantenimiento preventivo de grupos electrógenos conservando los criterios de funcionamiento correcto, busca una comprensión en profundidad de los aspectos que surgen de este

tipo de experiencias, a través de la recopilación y análisis detallados de datos cualitativos (Hernández y Baptista, 2014)

B. Fases de la Investigación

Para llevar a cabo este trabajo de investigación se proyectaron las siguientes fases secuenciales que se alinean con los objetivos específicos planteados.

Figura 2. Fases de la Investigación



a) Fase 1. Revisión Bibliográfica

La metodología de revisión documental es una estrategia eficiente para obtener información relevante y actualizada sobre un tema específico. En el caso de la ampliación del mantenimiento preventivo de grupos electrógenos conservando los criterios de funcionamiento correcto, esta metodología puede proporcionar una base sólida para entender los diferentes enfoques, técnicas y mejores prácticas que se aplican en esta área.

Primeramente, se definen los objetivos de la revisión documental, los cuales giran a la búsqueda de poder entender cómo se llega a ampliar el mantenimiento preventivo de los grupos electrógenos sin comprometer los criterios de funcionamiento correcto. Además, se identifican los beneficios de esta ampliación y cómo llega a contribuir a mejorar la confiabilidad y el rendimiento de los grupos electrógenos. Después de establecer los objetivos, el siguiente paso es recolectar la literatura pertinente. Esto puede incluir libros, revistas científicas, informes técnicos,

documentos normativos y publicaciones en línea. Es recomendable utilizar bases de datos especializadas en el área de generación de energía y mantenimiento industrial para asegurarse de obtener información actualizada y confiable.

Una vez recopilada la literatura, se hace necesario realizar una lectura crítica y analítica de los documentos seleccionados. Es importante identificar los puntos clave, las ideas principales y las conclusiones de cada fuente. También es útil hacer anotaciones y resúmenes de los aspectos más relevantes para facilitar la posterior redacción del informe. Durante el proceso de revisión, surgen diferentes enfoques o técnicas utilizadas en la ampliación del mantenimiento preventivo de grupos electrógenos. Es valioso apreciar la validez y aplicabilidad de cada uno de ellos en función de los objetivos establecidos previamente. También se tiene en cuenta las limitaciones y posibles desafíos asociados con la implementación de estas técnicas.

Una vez que se ha realizado la revisión de la documentación y se han identificado las mejores prácticas y enfoques adecuados, se hace una matriz de síntesis que resume los hallazgos.

b) Fase 2. Desarrollo de la Estrategia de Mantenimiento Preventivo Mejorada desde la Definición de Criterios de Funcionamiento Correcto

Se establecerán criterios de funcionamiento correcto específicos para cada grupo electrógeno, teniendo en cuenta las condiciones de operación y las recomendaciones de la industria. El desarrollo de la estrategia de mantenimiento preventivo mejorada implica implementar una serie de criterios de funcionamiento correcto para garantizar una operación eficiente y confiable de los grupos electrógenos. Estos criterios se establecen con el objetivo de identificar cualquier desviación o deterioro en el rendimiento de los equipos antes de que se produzca una falla o avería.

La primera etapa del proceso es la definición de los criterios de funcionamiento correcto, que deben ser específicos, medibles, alcanzables, relevantes y temporales (SMART). Estos criterios pueden incluir parámetros tales como la temperatura del motor, la presión del aceite, la frecuencia y voltaje

de salida, entre otros. Es importante tener en cuenta los límites aceptables para cada uno de estos parámetros y establecer alarmas o umbrales de advertencia cuando se excedan. Una vez que se han definido los criterios, se debe realizar un análisis detallado de los registros históricos de mantenimiento y los informes de averías para identificar las principales causas de fallos y averías en los grupos electrógenos. Esto permitirá determinar las áreas críticas que requieren una mayor atención y establecer acciones preventivas específicas para evitar futuras fallas.

Con base en este análisis, se pueden establecer programas de mantenimiento preventivo mejorados que se centren en las áreas de mayor riesgo. Estos programas pueden incluir actividades como inspecciones periódicas, limpieza de componentes, ajustes, lubricación y reemplazo programado de piezas o componentes desgastados. Además, se pueden considerar técnicas de diagnóstico avanzadas, como análisis de vibraciones o termografía, para detectar problemas incipientes antes de que se conviertan en fallas graves. Es fundamental establecer una programación adecuada para el mantenimiento preventivo mejorado, asegurándose de que las actividades programadas no interfieran con la operación del grupo electrógeno. Además, es necesario contar con recursos humanos capacitados y con las herramientas y equipos necesarios para llevar a cabo estas actividades de manera efectiva.

Además del desarrollo de la estrategia de mantenimiento preventivo mejorada, es crucial realizar un seguimiento continuo y evaluación de su efectividad. Esto implica establecer indicadores de desempeño clave (KPIs) que permitan medir y monitorear la eficiencia y confiabilidad de los grupos electrógenos. Estos KPIs pueden incluir el tiempo medio entre fallos (MTBF), el tiempo medio de reparación (MTTR) y el porcentaje de fallos evitados gracias al mantenimiento preventivo. En definitiva, el desarrollo de la estrategia de mantenimiento preventivo mejorada desde la definición de criterios de funcionamiento correcto implica establecer parámetros específicos y alcanzables para evaluar el rendimiento de los grupos electrógenos. Esto se logra mediante un análisis detallado de los registros históricos, la identificación de áreas críticas y la implementación

de programas de mantenimiento preventivo más rigurosos. Además, se deben establecer indicadores de desempeño clave para evaluar la efectividad de la estrategia y realizar mejoras continuas.

c) Fase 3. Diseño de Procedimientos de Mantenimiento Preventivo

Desde esta fase para poder desarrollar los procedimientos detallados de mantenimiento preventivo adaptados a los criterios definidos, incluyendo frecuencia y alcance de las actividades. Posteriormente se identificarán y seleccionarán las herramientas y tecnología necesarias para implementar la estrategia, como sistemas de monitoreo en tiempo real y software de diagnóstico. El diseño de procedimientos de mantenimiento preventivo es una parte fundamental en el desarrollo de una estrategia efectiva para mantener y preservar el funcionamiento óptimo de los equipos. Estos procedimientos están diseñados para realizar tareas específicas de inspección, mantenimiento y reparación de manera sistemática y planificada.

Al diseñar los procedimientos de mantenimiento preventivo, es importante considerar varios aspectos clave:

- Identificación de tareas. En primer lugar, se deben identificar las tareas necesarias para mantener y preservar los equipos en buen estado de funcionamiento. Esto implica revisar las recomendaciones del fabricante, los manuales de usuario y la experiencia previa en el mantenimiento de equipos similares. Las tareas pueden incluir inspecciones visuales, pruebas de rendimiento, limpieza, lubricación, ajustes, reemplazos de piezas desgastadas, entre otras.
- Frecuencia de las tareas. Una vez que se han identificado las tareas, es necesario determinar con qué frecuencia deben llevarse a cabo. Esto dependerá de varios factores, como el tipo de equipo, su criticidad, el entorno de trabajo y las recomendaciones del fabricante. Algunas tareas pueden requerir un mantenimiento más frecuente, mientras que otras pueden realizarse de manera menos regular.
- Secuencia de las tareas. Es importante establecer una secuencia lógica para la

realización de las tareas de mantenimiento. Esto implica definir el orden en el que se deben llevar a cabo las tareas, asegurándose de que no haya conflictos o interferencias entre ellas. Por ejemplo, es mejor realizar una inspección visual antes de realizar pruebas de rendimiento para detectar posibles problemas visibles.

- Herramientas y equipos necesarios. Cada tarea de mantenimiento requerirá herramientas y equipos específicos. Es fundamental asegurarse de que se disponga de todos los recursos necesarios antes de llevar a cabo las tareas. Esto incluye herramientas manuales, equipos de prueba, lubricantes, piezas de repuesto, entre otros. Además, es importante garantizar que el personal encargado del mantenimiento esté capacitado en el uso correcto de estas herramientas y equipos.
- Documentación y registros. Para garantizar la consistencia y la trazabilidad, es esencial documentar y registrar todas las actividades de mantenimiento preventivo. Esto incluye la elaboración de listas de verificación, formularios de informe de mantenimiento, registros de inspección y cualquier otro documento necesario para demostrar el cumplimiento de las tareas de mantenimiento.
- Evaluación y mejora continua. Una vez que los procedimientos de mantenimiento preventivo se hayan implementado, es importante evaluar periódicamente su efectividad. Esto implica revisar los registros de mantenimiento, analizar las tendencias de fallas y averías, y realizar ajustes o mejoras en los procedimientos si es necesario. La retroalimentación del personal de mantenimiento y el monitoreo regular de los indicadores clave de desempeño también son importantes para garantizar la eficacia de los procedimientos. En pocas palabras, el diseño de procedimientos de mantenimiento preventivo implica identificar las tareas necesarias, establecer su frecuencia y secuencia, determinar los recursos necesarios, documentar y registrar todas las actividades, y evaluar continuamente su efectividad. Un enfoque sistemático y bien planificado en el diseño de estos procedimientos contribuirá a la eficiencia y confiabilidad de las operaciones de mantenimiento.

d) Fase 4. Implementación de la estrategia de mantenimiento preventivo mejorada

En esta fase de la implementación de una estrategia de mantenimiento preventivo mejorada implica llevar a cabo varias etapas y consideraciones clave para garantizar su éxito, se hace relevante tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Evaluación y análisis inicial. Antes de implementar una estrategia de mantenimiento preventivo mejorada, es necesario realizar una evaluación exhaustiva de los equipos y sistemas existentes. Esto implica analizar el historial de mantenimiento, identificar fallas recurrentes, evaluar la eficiencia y confiabilidad de los equipos, y determinar las áreas de mejora potencial.
- Establecimiento de objetivos claros. Una vez que se haya completado la evaluación inicial, es importante establecer objetivos claros y medibles para la estrategia de mantenimiento preventivo mejorada. Estos objetivos pueden incluir reducir el tiempo de inactividad no planificado, mejorar la disponibilidad de los equipos, aumentar la eficiencia operativa, reducir los costos de mantenimiento, entre otros.
- Planificación detallada. La implementación exitosa de la estrategia de mantenimiento preventivo mejorada requiere una planificación detallada. Esto implica definir la estructura organizativa del equipo de mantenimiento, asignar responsabilidades específicas, establecer el programa de mantenimiento preventivo, determinar los recursos necesarios, como personal, herramientas y equipos, y establecer un calendario de actividades.
- Capacitación del personal. Es fundamental asegurar que el personal de mantenimiento esté debidamente capacitado en los nuevos procedimientos y en el uso de cualquier nueva tecnología o herramienta que se vaya a implementar. Esto puede implicar proporcionar capacitación formal, talleres prácticos o contratar a especialistas externos para brindar entrenamiento adicional.
- Implementación gradual. En lugar de implementar la estrategia de mantenimiento preventivo mejorada de manera abrupta, es preferible hacerlo de manera gradual y por

etapas. Esto permite al equipo de mantenimiento adaptarse a los nuevos procesos y rutinas, realizar ajustes según sea necesario y mitigar cualquier impacto negativo en la producción o las operaciones cotidianas.

- Seguimiento y ajuste continuo. Una vez que la estrategia de mantenimiento preventivo mejorada esté en marcha, es esencial realizar un seguimiento regular y monitorear su efectividad. Esto implica rastrear indicadores clave de desempeño, como el tiempo de actividad, la tasa de averías, los costos de mantenimiento, etc., y realizar ajustes en los procedimientos si es necesario. Además, es importante fomentar la retroalimentación del personal de mantenimiento y de los usuarios de los equipos para identificar oportunidades adicionales de mejora.
- Mejora continua. El proceso de implementación de una estrategia de mantenimiento preventivo mejorada no termina una vez que se ha establecido y puesto en funcionamiento. Se debe fomentar la mentalidad de mejora continua, lo que implica revisar regularmente el desempeño, buscar oportunidades de optimización y adaptarse a medida que surjan nuevas tecnologías y mejores prácticas. Al fin y al cabo, la implementación de una estrategia de mantenimiento preventivo mejorada requiere una evaluación y análisis inicial, el establecimiento de objetivos claros, una planificación detallada, la capacitación del personal, una implementación gradual, el seguimiento y ajuste continuo, así como un enfoque de mejora continua. Siguiendo estos pasos, se puede lograr una estrategia de mantenimiento preventivo altamente efectiva que maximice la eficiencia y confiabilidad de los equipos.

Por lo tanto se sintetiza que en esta fase se da la oportunidad de poder brindar la capacitación al personal encargado de llevar a cabo el mantenimiento preventivo mejorado, asegurando su comprensión y competencia en los nuevos procedimientos y herramientas. Se configurarán los sistemas de monitoreo en tiempo real y diagnóstico avanzado, asegurando su integración con los grupos electrógenos. Posteriormente se pondrá en marcha la nueva estrategia de mantenimiento preventivo en

un conjunto piloto de grupos electrógenos, realizando un seguimiento cercano de su desempeño.

e) Fase 5. Evaluación de Resultados y Optimización

La evaluación de resultados y la optimización son pasos fundamentales en la ampliación del mantenimiento preventivo de grupos electrógenos conservando los criterios de funcionamiento correcto. Al evaluar los resultados obtenidos, analizar las fallas recurrentes, ajustar los intervalos de mantenimiento, mejorar los procedimientos, proporcionar capacitación continua y establecer un sistema de monitoreo continuo, se podrán lograr mejoras significativas en la confiabilidad, eficiencia y vida útil de los grupos electrógenos.

En esta etapa se recopilarán datos de funcionamiento y mantenimiento después de la implementación de la estrategia mejorada. También se plantea realizar un comparativo de los datos pre y post-implementación para evaluar el impacto de la nueva estrategia en la confiabilidad operativa y la eficiencia energética de los grupos electrógenos. Conforme a esto, se realizarán ajustes en la estrategia de mantenimiento preventivo en función de los resultados obtenidos, buscando la mejora continua del sistema.

f) Fase 6. Informe y Documentación Final

Cuando se realiza una ampliación del mantenimiento preventivo de grupos electrógenos conservando los criterios de funcionamiento correcto, es importante generar un informe y documentación final que brinde una visión completa del proceso implementado. Esto permitirá no solo tener un registro detallado de las actividades realizadas, sino también servir como referencia para futuras intervenciones. A continuación, profundizaremos en estos aspectos:

- Informe técnico. El informe técnico es un documento que resume todas las etapas de la ampliación del mantenimiento preventivo. Debe incluir una descripción clara de los objetivos establecidos, los métodos utilizados, los resultados obtenidos y las conclusiones alcanzadas. Además, se deben mencionar los

recursos empleados, el tiempo dedicado y cualquier dificultad o desafío encontrado durante el proceso. Este informe proporcionará una visión general de la ampliación y permitirá evaluar su efectividad.

- Documentación detallada. Es fundamental contar con documentación detallada sobre todas las actividades realizadas durante la ampliación del mantenimiento preventivo. Esto puede incluir listas de verificación, registros de inspección, protocolos de mantenimiento, pliegos de condiciones, reportes de pruebas y certificados de cumplimiento. Esta documentación actuará como evidencia de que se han seguido todos los procedimientos adecuados y se ha cumplido con los estándares requeridos.
- Registro de datos. Durante el proceso de ampliación, se deben mantener registros detallados de todos los datos relevantes. Esto puede incluir información sobre el rendimiento de los grupos electrógenos antes y después de la implementación, el consumo de combustible, las horas de funcionamiento, los resultados de las pruebas de carga y cualquier otra información relevante. Estos registros proporcionarán una base sólida para evaluar el impacto de la ampliación y permitirán tomar decisiones informadas en el futuro.
- Planes de mantenimiento actualizados. Como parte de la documentación final, es importante actualizar los planes de mantenimiento existentes para reflejar los cambios implementados. Esto puede incluir la incorporación de nuevas tareas de mantenimiento, la modificación de los intervalos de servicio y la inclusión de nuevos procedimientos. Estos planes actualizados garantizarán que el personal de mantenimiento tenga la información necesaria para llevar a cabo las tareas de manera efectiva y eficiente.
- Recomendaciones y observaciones. En el informe y la documentación final, es beneficioso incluir recomendaciones y observaciones para mejorar aún más el mantenimiento preventivo de los grupos electrógenos. Esto puede implicar sugerencias para futuras ampliaciones, identificación de áreas de mejora o recomendaciones para optimizar los recursos utilizados en el mantenimiento. Estas recomendaciones y

observaciones pueden ser muy valiosas para ayudar a las empresas a seguir mejorando sus prácticas de mantenimiento.

En pocas palabras, el informe y la documentación final son componentes esenciales al realizar una ampliación del mantenimiento preventivo de grupos electrógenos conservando los criterios de funcionamiento correcto. Al generar un informe técnico completo, contar con documentación detallada, registros de datos actualizados, planes de mantenimiento actualizados y brindar recomendaciones y observaciones, se establecerá una base sólida para evaluar el éxito de la ampliación y continuar mejorando en el futuro. Se elaborará un informe detallado que documente todo el proceso, desde la revisión bibliográfica hasta los resultados de la implementación y las recomendaciones para futuros trabajos.

VIII. RESULTADOS ESPERADOS

A. Estrategia de Mantenimiento Preventivo Mejorada

Se espera desarrollar una estrategia de mantenimiento preventivo mejorada y adaptada a las condiciones específicas de funcionamiento de los grupos electrógenos en aplicaciones críticas. Esta estrategia incluirá criterios de funcionamiento correcto actualizados, procedimientos detallados y recomendaciones para la implementación. Es importante tener en cuenta que se busca reducir los gastos en filtración de combustible, filtración de aceite y filtración de aire en la ampliación del mantenimiento preventivo de grupos electrógenos es una forma eficiente de optimizar los costos operativos sin comprometer la confiabilidad de los equipos. Para lograrlo se plantean ciertas estrategias como:

a) Optimizar la Frecuencia de Cambio de Filtros

Para ello se realiza un análisis de los intervalos de cambio de filtros actuales y ajústalos en función de las condiciones de operación específicas de tus grupos electrógenos. Esto puede permitirte prolongar la vida útil de los filtros sin comprometer la calidad del mantenimiento.

Figura 3. *Dispositivo de monitoreo Cummins*



b) Utilizar filtros de mayor duración

Para ello se debe considerar y evaluar la posibilidad de utilizar filtros de combustible, aceite y aire de mayor duración o con alta capacidad de retención de partículas. Esto puede reducir la frecuencia de reemplazo y, en última instancia, los costos asociados.

Figura 4. *Filtro centrifugo*



c) Implementar sistemas de filtración avanzados

Se busca información sobre la posibilidad de utilizar sistemas de filtración avanzados que puedan eliminar partículas más pequeñas y contaminantes de manera más eficiente, reduciendo la necesidad de cambios frecuentes de filtro.

d) Monitorizar la eficiencia de filtración

Se propone implementar sistemas de monitoreo en tiempo real para evaluar la eficiencia de filtración de los grupos electrógenos. Esto permitirá reemplazar los filtros solo cuando sea necesario, en lugar de seguir un programa de reemplazo fijo.

e) Mantenimiento preventivo predictivo

Emplear el mantenimiento predictivo para evaluar el estado de los filtros y programar su reemplazo en función de su desgaste real en lugar de un programa de reemplazo programado.

Figura 5. Mantenimiento preventivo



f) Reciclaje y reutilización

Para ello se debe considerar y evaluar la posibilidad de reciclar y reutilizar los filtros siempre que sea posible después de una limpieza y evaluación adecuadas. Esto puede reducir los costos de adquisición de nuevos filtros.

g) Programa de limpieza y mantenimiento de filtros

Se desea establecer un programa de limpieza y mantenimiento regular para los filtros, lo que puede extender su vida útil y mantener su eficiencia.

h) Supervisión de consumo de combustible y aceite

Se propone realizar un seguimiento constante del consumo de combustible y aceite en tus grupos electrógenos para identificar cualquier cambio inusual que pueda indicar problemas en la filtración o el rendimiento del motor.

Se espera en la metodología emplear y evaluar dichas estrategias para reducir los gastos asociados con la filtración de combustible, aceite y aire en la ampliación del mantenimiento preventivo de tus grupos electrógenos sin comprometer su confiabilidad y eficiencia operativa.

B. Sistemas de Monitoreo en Tiempo Real Implementados

Se implementarán sistemas de monitoreo en tiempo real y diagnóstico avanzado en un conjunto piloto de grupos electrógenos. Estos sistemas permitirán la detección temprana de problemas y la generación de alertas ante fallas potenciales.

C. Informe Técnico Completo

Se generará un informe técnico completo que documente todas las etapas del proyecto, desde la revisión bibliográfica hasta la implementación de la estrategia de mantenimiento. El informe incluirá detalles técnicos, resultados, análisis y recomendaciones.

D. Capacitación del Personal

Se proporcionará capacitación al personal encargado de llevar a cabo el mantenimiento preventivo mejorado, asegurando su comprensión y competencia en los nuevos procedimientos y herramientas.

E. Publicación Científica

Se buscará la publicación de los hallazgos y resultados en revistas científicas relevantes en el campo de la ingeniería eléctrica y el mantenimiento de sistemas críticos.

F. Entrega de Recomendaciones Prácticas

Se entregarán recomendaciones prácticas basadas en los resultados del proyecto, que puedan ser aplicadas por organizaciones que operan grupos electrógenos en aplicaciones críticas.

G. Documentación Técnica Adicional

Se proporcionarán documentos técnicos adicionales, como manuales de implementación de la estrategia de mantenimiento y guías de uso de sistemas de monitoreo. La difusión de los resultados se llevará a cabo a través de publicaciones académicas y presentaciones técnicas, así como mediante la entrega de documentos técnicos prácticos que puedan ser utilizados por profesionales y organizaciones

interesadas en mejorar la confiabilidad operativa de sus grupos electrógenos.

H. Estrategias para Reducir Gastos

Al implementar las estrategias planteadas para reducir gastos en la filtración de combustible, aceite y aire en la ampliación del mantenimiento preventivo de grupos electrógenos, se esperan una serie de resultados positivos que contribuirán a la eficiencia operativa y la reducción de costos en el funcionamiento de los grupos electrógenos.

Estos resultados incluyen:

a) Reducción de Costos Operativos

La optimización de la frecuencia de cambio de filtros, la utilización de filtros de mayor duración y la implementación de sistemas de filtración avanzados pueden reducir significativamente los costos asociados con la adquisición y el reemplazo frecuente de filtros.

b) Menor Mantenimiento Correctivo

Al mantener la calidad del combustible, aceite y aire que llega a los grupos electrógenos, se reduce la probabilidad de problemas y fallas operativas, lo que resulta en una disminución de los costos de mantenimiento correctivo.

c) Mayor Eficiencia de Combustión

La filtración adecuada del combustible y del aire puede mejorar la eficiencia de la combustión en los motores de los grupos electrógenos, lo que puede resultar en un menor consumo de combustible y, por lo tanto, en ahorros adicionales en costos operativos.

d) Prolongación de la Vida Útil de los Equipos

Al garantizar que los componentes críticos del grupo electrógeno estén protegidos por una filtración adecuada, se puede esperar una prolongación de la vida útil de los motores y otros

sistemas, lo que reduce los costos de reemplazo y extiende la inversión.

e) Mayor Confiabilidad y Disponibilidad

La implementación de sistemas de monitoreo en tiempo real y el mantenimiento predictivo mejoran la confiabilidad y disponibilidad de los grupos electrógenos al permitir la detección temprana de problemas y la programación de intervenciones de mantenimiento más efectivas.

f) Reducción de Residuos y Mayor Sostenibilidad

La reutilización y el reciclaje de filtros pueden contribuir a una gestión más sostenible de los recursos y a la reducción de residuos, lo que puede estar en línea con objetivos de responsabilidad social corporativa.

g) Optimización de la Gestión de Recursos Humanos

Una gestión más eficiente de los recursos humanos puede resultar de una menor necesidad de cambiar y reemplazar filtros con frecuencia, lo que libera tiempo y recursos del personal de mantenimiento.

h) Mejora de la Imagen de la Organización

La implementación exitosa de estrategias de reducción de costos y mejora de la eficiencia puede mejorar la imagen de la organización y su reputación en términos de gestión de activos y sostenibilidad.

IX. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

El cronograma se organiza en función de las etapas descritas en la metodología y se extiende a lo largo de un período de tiempo de 12 meses.

ACTIVIDADES POR ETAPAS	MESES											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Etapa 1 - Evaluación del Estado Actual - Revisión Bibliográfica - Recopilación de Datos Inicial	■	■										
Etapa 2 - Desarrollo de la Estrategia - Definición de Criterios de Funcionamiento Correcto - Diseño Preliminar de Procedimientos de Mantenimiento Preventivo			■	■								
Etapa 3 - Implementación de la Estrategia - Capacitación del Personal - Configuración de Sistemas de Monitoreo en Tiempo Real (Inicio)					■	■						
Etapa 4 - Implementación de la Estrategia - Configuración de Sistemas de Monitoreo en Tiempo Real (Continuación) - Puesta en Marcha de Grupos Electrogénos Piloto							■	■				
Etapa 5 - Evaluación y Optimización - Recopilación de Datos Post-Implementación - Análisis Comparativo Inicial									■	■		
Etapa 6 - Informe y Documentación - Elaboración del Informe Final - Presentación y Defensa - Divulgación de Resultados											■	■

X. PRESUPUESTO

El presupuesto para la ejecución de este proyecto se divide en recursos propios y contrapartidas. Los recursos propios incluyen los costos directamente relacionados con la investigación y el desarrollo de la estrategia de mantenimiento mejorada. Las contrapartidas pueden ser recursos proporcionados por la institución académica o por terceros, como equipos de monitoreo en tiempo real.

Recursos Propios:

1. Investigador Principal: Salario y gastos de transporte y alojamiento para visitas a campo y reuniones técnicas.
2. Equipo de Investigación: Salarios y gastos relacionados con la investigación, como adquisición de materiales y software.
3. Equipo de Monitoreo en Tiempo Real: Adquisición y configuración de equipos de monitoreo en tiempo real.
4. Capacitación: Costos de capacitación para el personal en las nuevas técnicas y procedimientos.
5. Publicaciones: Costos de presentación y publicación de los resultados en conferencias y revistas científicas.

6. Documentación Técnica: Diseño y producción de manuales y guías técnicas.

7. Viajes y Viáticos: Gastos relacionados con visitas a aplicaciones críticas para la implementación de la estrategia.

Contrapartidas:

1. Equipos de Monitoreo en Tiempo Real: Equipos proporcionados por terceros o la institución académica para la implementación.

2. Instalaciones de Prueba: Acceso a instalaciones de prueba y grupos electrógenos piloto para la implementación y validación de la estrategia.

XI. BIBLIOGRAFIA

- [1] Akintoye OI, O. O. (2017). Análisis de confiabilidad y optimización del mantenimiento de generadores diésel de emergencia en centrales eléctricas de Nigeria. *Revista de Calidad en Ingeniería de Mantenimiento*, 23(4), 411-432.
- [2] Alvarez, M. (2017). Estudio de la fiabilidad de los sistemas reparables y desarrollo de un procedimiento de análisis multivariante.
- [3] Álvarez, P., & Kevin, R. (2009). Optimización de los procedimientos de mantenimiento para los equipos críticos de los generadores de vapor en planta ampliación Tocoa.
- [4] Arco, M. D. R. P. (2019). ESTUDIO Y PROPUESTA DE MITIGACIÓN DE RIESGO POR ARCO ELÉCTRICO EN PLANTA CELULOSA NUEVA ALDEA.
- [5] Cuenca, T., Darío, W., Sinchiguano Cadena, E. J., en Electromecánica, C. de T., Calero, C., & Julián, F. (2022). Repotenciación de un grupo electrógeno Modasa MP-670 I, mediante la implementación de elementos eléctricos, electrónicos y mecánicos, para la puesta en marcha, perteneciente al CEE (Cuerpo de Ingenieros del Ejército), ubicado en la ciudad de Quito.
- [6] Herrera, R., & Augusto, M. C. (2023). Metodología para el cálculo y selección de una planta de suministro eléctrico de emergencia conformada por grupos electrógenos. Caso de estudio: Ampliación de PTAP Sullana. Universidad de Piura. <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/6213>
- [7] Plata Durán, R. F. (2019). Propuesta para la implementación de un sistema integral de gestión energética basado en la Norma ISO 50001, en el edificio administrativo de la sede principal de la Empresa de Energía de Boyacá.
- [8] Raya, F. J. (2018). Mantenimiento preventivo de sistemas de automatización industrial. ELEM0311. IC Editorial.
- [9] Remigio Herrera, M. C. A. (2023). Metodología para el cálculo y selección de una planta de suministro eléctrico de emergencia conformada por grupos electrógenos. Caso de estudio: Ampliación de PTAP Sullana.
- [10] Serrano, S. S., Navarro, I. P., & González, M. D. (2022). ¿Cómo hacer una revisión sistemática siguiendo el protocolo PRISMA?: Usos y estrategias fundamentales para su aplicación en el ámbito educativo a través de un caso práctico. *Bordón: Revista de pedagogía*, 74(3), 51-66.
- [11] Torres Muñoz, C. A., & Vega Sucari, E. F. (2022). Propuesta de mejora de procesos en la empresa Conexone en el mantenimiento preventivo–correctivo en maquinarias y grupos electrógenos en base a MongoDB.
- [12] Vega Sucari, E. F., & Torres Muñoz, C. A. (2022a). Propuesta de mejora de procesos en la empresa Conexone en el mantenimiento preventivo–correctivo en maquinarias y grupos electrógenos en base a MongoDB.
- [13] Vega Sucari, E. F., & Torres Muñoz, C. A. (2022b). Propuesta de mejora de procesos en la empresa Conexone en el mantenimiento preventivo–correctivo en maquinarias y grupos electrógenos en base a MongoDB.