



UNIVERSIDAD  
PRIVADA  
DEL NORTE

# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Industrial

“RANGO DE POTENCIA Y TIPO DE FALLAS EN  
GRUPOS ELECTROGENOS INSTALADOS EN  
OPERACIONES INDUSTRIALES.”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Industrial

Autores:

Carlos Ernesto Bocanegra Rivera

Cristhian Ricardo Zubiarte Ruiz

Asesor:

Mg. Ing. Hans Clive Vidal Castañeda

Lima - Perú

2018

## ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS

El asesor MSc. Ing. Hans Clive Vidal Castañeda, docente de la Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, Carrera profesional de **INGENIERÍA INDUSTRIAL**, ha realizado el seguimiento del proceso de formulación y desarrollo de la tesis de los estudiantes:

- Bocanegra Rivera, Carlos Ernesto
- Zubiarte Ruiz, Cristhian Ricardo

Por cuanto, **CONSIDERA** que la tesis titulada: **RANGO DE POTENCIA Y TIPO DE FALLAS EN GRUPOS ELECTROGENOS INSTALADOS EN OPERACIONES INDUSTRIALES** para aspirar al título profesional de: Ingeniero Industrial por la Universidad Privada del Norte, reúne las condiciones adecuadas, por lo cual, **AUTORIZA** al o a los interesados para su presentación.

---

Mg. Ing. Hans Clive Vidal Castañeda  
Asesor

## ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS

Los miembros del jurado evaluador asignados han procedido a realizar la evaluación de la tesis de los estudiantes: *Haga clic o pulse aquí para escribir texto*, para aspirar al título profesional con la tesis denominada: *Haga clic o pulse aquí para escribir texto*.

Luego de la revisión del trabajo, en forma y contenido, los miembros del jurado concuerdan:

**Aprobación por unanimidad**

**Aprobación por mayoría**

Calificativo:

Excelente [20 - 18]

Sobresaliente [17 - 15]

Bueno [14 - 13]

Calificativo:

Excelente [20 - 18]

Sobresaliente [17 - 15]

Bueno [14 - 13]

Desaprobado

Firman en señal de conformidad:

---

Mg. Ing. Michael Zelada García  
Jurado  
Presidente

---

Mg. Ing. Elder Roy Escalante  
Escobedo  
Jurado

---

Mg. Ing. Max Hugo Espinoza  
Zavaleta  
Jurado

## DEDICATORIA

Lleno de regocijo, de amor y esperanza, dedico esta tesis, a cada uno de mis seres queridos, quienes han sido mis pilares para seguir adelante. Es para mí una gran satisfacción poder dedicarles a ellos, que con mucho esfuerzo, esmero y trabajo me lo he ganado.

Carlos Bocanegra Rivera

Con mucha alegría y emoción Dedico este trabajo principalmente a Dios, a mis héroes de vida mis padres José Zubiato y Aida Ruiz, a mis hermanos y sobrinos, gracias por el apoyo a lo largo de este tiempo, mi corazón se llena al saber que siempre confiaron en mí, gracias.

Cristhian Zubiato Ruiz

## AGRADECIMIENTO

A Dios por permitirme estar aquí.

A mi asesor MSc. Ing. Hans Clive Vidal Castañeda por haberme dirigido a lo largo del proceso.

A la Universidad Privada del Norte por las enseñanzas brindadas.

A mis padres, Carlos Bocanegra y Sabina Rivera por su apoyo incondicional.

A mis hijos, Carla y Carlos porque ellos son la motivación de mi vida mi orgullo, porque son la razón de sentirme tan satisfecho, de llegar mi meta.

Al amor de mi vida, mi esposa, Diana Alegre, tu ayuda ha sido fundamental, has estado conmigo, incluso en momentos más turbulentos, este proyecto no fue fácil, pero estuviste ayudándome y motivándome incondicionalmente, te lo agradezco mi amor.

A mi amigo y compañero de Tesis Cristhian gracias por el esfuerzo y dedicación.

Gracias a ellos por confiar siempre en mí y a todos los que fueron parte de este trabajo con amor esto va para ustedes.

Carlos Bocanegra Rivera

A Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado a este momento tan importante.

A la Universidad Privada del Norte por darme la bienvenida al mundo profesional así como las enseñanzas que me han brindado, son incomparables.

A mi asesor, maestro y amigo, MSc. Ing. Hans Clive Vidal Castañeda, por tomarse el arduo trabajo de trasmitirme sus diversos conocimientos, especialmente del campo y de los temas que correspondan a mi profesión.

A mi madre, Aida Ruiz, por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional sin importar nuestras diferencias de opiniones, te amo  
MAMÁ ¡LO LOGRAMOS!

A mi padre, José Zubiato, a pesar de nuestra distancia física sé que siempre puedo contar contigo y aunque nos faltaron muchas cosas por vivir, sé que este momento será tan especial para ti como lo es para mí.

A mi hermano, Pepito que desde el cielo me cuida y guía

A mi hermosa Hermana, Erika por compartir momentos significativos conmigo y porque siempre estas dispuesta a escucharme y ayudarme en cualquier momento.

A mi cuñado, Omar, también fuiste parte de todo, veo tu esfuerzo y dedicación hacia tu familia cosa que me llena de dicha y me hace querer ser mejor cada día.

A mis sobrinos; Anghelo, Elena, Mathías Giulanito, Angelito, Joaquín y Sebastián, por ser la alegría de nuestro hogar y de sus maneras tan peculiares de alentarme.

A mi amigo y compañero de proyecto Carlos, fue duro, pero lo hicimos.

A ti, ¡Clavo y Canela!, ya que siempre te vi como ejemplo de dedicación y superación, te llevo presente en cada uno de los proyectos de vida.

Gracias a todas las personas que ayudaron directa e indirectamente en la realización de este proyecto, gracias por ser parte de mi vida y por permitirme ser parte de su orgullo

¡GRACIAS TOTALES!

Cristhian Zubiato Ruiz

## Tabla de contenidos

<b>ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS .....</b>	<b>2</b>
<b>ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS .....</b>	<b>3</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>4</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>5</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>7</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>8</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>9</b>
<b>CAPITULO I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>10</b>
<b>CAPITULO II. METODOLOGÍA .....</b>	<b>25</b>
<b>CAPITULO III. RESULTADOS.....</b>	<b>28</b>
<b>CAPITULO IV. DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>70</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>73</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>76</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla n.º 1-1 Listado de grupos electrógenos atendidos por DAT Ingeniería SAC.....	13
Tabla n.º 2-1 Operacionalización de variables.....	25
Tabla n.º 3-1 Principales fallas detectadas durante el mantenimiento preventivo y correctivo realizados a los equipos.....	30
Tabla n.º 3-2 Principales causas de fallas en grupos electrógenos evaluados.....	42
Tabla n.º 3-3 Causas de fallas en grupos electrógenos según rango de potencia.....	53
Tabla n.º 3-4 Porcentaje de fallas en grupos electrógenos según rango de potencia .....	54
Tabla n.º 3-5 Fallas en grupos electrógenos según rango de potencia .....	55
Tabla n.º 3-6 Causas de fallas en grupos electrógenos según la marca .....	58
Tabla n.º 3-7 Porcentaje de fallas en grupos electrógenos según la marca .....	60
Tabla n.º 3-8 Fallas en grupos electrógenos según la marca .....	61

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura n.º 1-1	Cómo los fabricantes de grupos electrógenos ven el mantenimiento de estos equipos ...	17
Figura n.º 1-2	Descripción de partes de un grupo eléctrico .....	21
Figura n.º 3-1	Grupo eléctrico típico en instalación del cliente .....	28
Figura n.º 3-2	Culata de motor deteriorada en grupo eléctrico.....	31
Figura n.º 3-3	Tablero de control digital .....	32
Figura n.º 3-4	Tablero de control (circuitos internos) .....	32
Figura n.º 3-5	Sistema de combustible. Filtros .....	33
Figura n.º 3-6	Imágenes de un alternador sucio retirado de un grupo eléctrico .....	34
Figura n.º 3-7	Imágenes del mismo alternador después de su mantenimiento.....	34
Figura n.º 3-8	Radiador en condiciones severas de trabajo .....	35
Figura n.º 3-9	Radiador con falla.....	35
Figura n.º 3-10	Radiador con inicio de deformación.....	36
Figura n.º 3-11	Radiador después de mantenimiento y limpieza con solvente.....	36
Figura n.º 3-12	Arrancador en condiciones severas de trabajo, antes de su mantenimiento .....	37
Figura n.º 3-13	Arrancador después de su mantenimiento y limpieza .....	38
Figura n.º 3-14	Arrancador colocado en su posición dentro del motor .....	38
Figura n.º 3-15	Baterías empleadas en grupos eléctricos .....	39
Figura n.º 3-16	Frecuencia de fallas en componentes según gráfico de Pareto .....	41
Figura n.º 3-17	Causas de fallas en el alternador. ....	43
Figura n.º 3-18	Causas de fallas en el radiador.....	43
Figura n.º 3-19	Causas de fallas en el tablero de control. ....	43
Figura n.º 3-20	Causas de fallas en el tanque de combustible. ....	44
Figura n.º 3-21	Causas de fallas en el arrancador.....	44
Figura n.º 3-22	Aftercooler, parte del sistema de refrigeración .....	47
Figura n.º 3-23	Refrigerante contaminado .....	47
Figura n.º 3-24	Tablero en grupos eléctricos.....	49
Figura n.º 3-25	Tablero eléctrico en mantenimiento. Reacondicionamiento .....	49
Figura n.º 3-26	Tablero eléctrico. Tapa exterior.....	50
Figura n.º 3-27	Sistema de poleas con rodamientos .....	51
Figura n.º 3-28	Inspección de alineamiento de ejes y funcionamiento de rodamientos .....	52
Figura n.º 3-29	Grupo eléctrico Enerpower .....	62
Figura n.º 3-30	Grupo eléctrico Modasa Doosan.....	63
Figura n.º 3-31	Grupo eléctrico Modasa Perkins .....	64
Figura n.º 3-32	Grupo eléctrico SDMO VOLVO .....	65
Figura n.º 3-33	Grupo eléctrico Gamma Perkins .....	66
Figura n.º 3-34	Grupo eléctrico ONAN Cummins.....	67
Figura n.º 3-35	Grupo eléctrico Rolls Royce .....	68
Figura n.º 3-36	Grupo eléctrico Caterpillar .....	69
Figura n.º 3-37	Averías y soluciones .....	76
Figura n.º 3-38	Actividades de mantenimiento .....	77
Figura n.º 3-39	Identificación de los grupos electrogenos .....	78
Figura n.º 3-40	Esquema de conexión TT .....	79
Figura n.º 3-41	Pictogramas de fallas .....	80

## RESUMEN

Este estudio se desarrolla en la información brindada por la empresa DAT Ingeniería SAC dedicada a prestar servicio de mantenimiento a grupos electrógenos de industrias, hospitales, etc. En la experiencia de la empresa, los clientes no apoyan al seguimiento de un plan de mantenimiento preventivo, el cual de por sí solo es insuficiente. Para equipos de redundancia o protección como son los grupos electrógenos, es importante analizar las fallas

Lo que se busca en este estudio es analizar las fallas más frecuentes en grupos electrógenos de los clientes de la empresa. El primer paso fue evaluar la tasa histórica de fallas en los grupos electrógenos según información del área de mantenimiento de los años 2016, 2017 y 2018. Con ello se pudo determinar las principales causas de fallas en el funcionamiento, escenario que se mejoró con la propuesta de mejoras al esquema actual del plan de mantenimiento.

Se estudia las fallas por potencia y marca para poder tomar acciones preventivas a futuro considerando estos aspectos.

**Palabras clave:** Mantenimiento, Grupo Electrógeno, Preventivo

## CAPITULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

Muchos técnicos o ingenieros de empresas de producción o servicios consideran que no es necesario el mantenimiento de rutina para los grupos electrógenos o generadores, ya que no funcionan con la misma frecuencia que otros equipos o máquinas. De hecho, una buena gestión en el suministro de energía eléctrica debería presuponer que no se necesitará usar los grupos electrógenos, por lo que “salen del radar” de las preocupaciones del plan de mantenimiento preventivo, cayendo en la cuenta de que hay fallas recién en el momento crucial de su necesidad.

Según la experiencia de los autores del estudio, los dueños de grupos electrógenos no entienden que, para presentar problemas o fallas, un grupo electrógeno no necesita sufrir un estrés mecánico debido a la operación, ya que las fallas pueden aparecer en un año incluso si no se usó el equipo. Por ejemplo, la batería puede perder su capacidad de mantener carga, el combustible o el sistema de combustible puede deteriorarse. Algunos componentes pueden iniciar proceso de corrosión o simplemente aflojarse. Es por ello que se necesitan inspecciones de mantenimiento de rutina aunado a puestas a punto para evitar que estos problemas vuelvan a un grupo electrógeno no confiable. Dicho esto, un grupo electrógeno no puede perder confiabilidad ya que es un dispositivo de emergencia y necesita estar preparado para entrar en acción en cualquier momento. (Wm. Henderson, s.f.)

Otro de los errores durante la operación de grupos electrógenos es que muchos usuarios realizan un mantenimiento básico de los grupos electrógenos a su disposición, incluso siguiendo las recomendaciones en el manual de mantenimiento o servicio del fabricante, sin acudir a un servicio técnico especializado. Durante este

mantenimiento, por problemas de preparación técnica, disponibilidad de herramientas o repuestos, o simplemente por falta de tiempo, no se abarca todas las tareas previstas por los fabricantes, y muchas veces ni la periodicidad recomendada en las fichas de servicio. Luego, tampoco hay una inspección de detalles o indicios de posibles fallas o anomalías que, en un mediano plazo, pueden provocar la falla del grupo electrógeno. En otros casos, cuando se presentan fallas, el mantenimiento correctivo es desarrollado por el personal técnico del usuario, quienes no están debidamente capacitados, y si la atención no fue la adecuada, se pueden provocar daños posteriores de consecuencias graves.

Una reparación típica de un grupo electrógeno no cubierta por la garantía puede ir desde US\$ 100 a más de US\$ 500 dependiendo del problema o de la región del país en el que se encuentre. Pueden ocurrir fallas menores de funcionamiento debido a fugas de aceite, filtros bloqueados y una serie de otros problemas que también podría asociarse con motores de alto rendimiento, como problemas de sobre carga, frecuencia, voltaje y velocidad; mal funcionamiento del sensor; pérdida de ATS (Interruptor de Transferencia Automática); problemas con la batería o bajo nivel de aceite.

A veces son solamente cables flojos, o las conexiones se desconectan. Normalmente, estos problemas se descubren cuando el grupo electrógeno pasa por la prueba semanal. Si se mantiene el equipo en un programa de mantenimiento regular, así como un monitoreo desde la estación central, la mayoría de los problemas que podrían surgir se abordarán y serán corregidos antes de que causen una interrupción en el suministro eléctrico.

Se han estudiado las fallas en los grupos electrogenos (Rodríguez, s.f.) dando estos resultados:

- El fallo será del 84,5% cuando no existe ningún tipo de mantenimiento
- Será del 67,5% cuando con el mantenimiento lo hace solamente el usuario
- Será del 11,8% con mantenimiento del usuario y apoyo del servicio técnico
- Y del 4,3% con mantenimiento exclusivo del equipo de servicio técnico

Estos índices nos demuestran que la mejor manera de preservar un equipo de estos y de mantener su operatividad es contar con personal especializado a cargo del mantenimiento del mismo.

En el caso de la empresa DAT Ingeniería SAC, dedicada al mantenimiento de grupos electrógenos de diferentes clientes, se ha podido encontrar muchos casos de solicitudes de servicio cuando ya ha ocurrido una falla o se presentan síntomas de que el equipo puede fallar. Los clientes generalmente tienen un plan de mantenimiento general de equipos en su instalación, dentro de este plan, el grupo electrógeno no es tomado muy en serio, limitándose a algunas inspecciones esporádicas e incompletas sin incluso encender el equipo.

Dada la importancia de los grupos electrógenos en algunas empresas del sector productivo, es que este estudio se enfocará en la mejor manera de gestionar el mantenimiento de los mismos, buscando diferenciar el mismo de los mantenimientos de equipos de trabajo continuo, ya que no es su realidad. Una vez encontrada la forma de optimizar el mantenimiento para los equipos de los clientes, se propondrá la mejor estrategia comercial para vender este servicio.

Para DAT Ingeniería SAC, dedicada al servicio de mantenimiento de grupos electrógenos, es muy importante que los equipos de los clientes tengan un mantenimiento adecuado y que presenten la menor cantidad de fallas posibles, ya que de no ser así, el prestigio del servicio brindado se ve afectado pues los clientes asumen que no se está aplicando de manera correcta.

A continuación se muestra, como referencia, el listado de los grupos electrógenos de los clientes atendidos por la empresa DAT Ingeniería SAC en un año en particular:

**Tabla n.º I-1 Grupos electrógenos atendidos por DAT Ingeniería SAC**

MARCA	CAPACIDAD	Nº SERIE	HOROMETRO	FECHA DE INSTALACION
CAT 3408	445 KW	99U09600	324 HRS	AÑO 2000
ENERPOWER	172 KW	E170193511	53 HRS	AÑO 2014
ENERPOWER	172 KW	E190589621	46 HRS	AÑO 2016
ENERPOWER	580 KW	33115171	78 HRS	AÑO 2013
ONAN CUMMINS	300 KW	30331137	978 HRS	AÑO 2009
DOOSAN	300 KW	101605-941T	28 HRS	AÑO 2015
ENERPOWER	200 KW	K990026926	15 HRS	AÑO 2016
SDMO	300 KW	2062754	165 HRS	AÑO 2011
CRESKO	220 KW	K982565642	756 HRS	AÑO 2012
ENERPOWER	100 KW	C110195886	65 HRS	AÑO 2012
ENERPOWER	172 KW	E185675795	84 HRS	AÑO 2015
ENERPOWER	60 KW	I010289089	336 HRS	AÑO 2011
ENERPOWER	270 KW	46822696	29 HRS	AÑO 2016
CAT 3406	360 KW	1DZ14233	565 HRS	AÑO 1998
GAMMA	110 KW	1104C-44TAG2	63 HRS	AÑO 2008
ENERPOWER	200 KW	K 984725355	95 HRS	AÑO 2014
ROLLS ROYCE	350 KW	1PW00356.	328 HRS	AÑO 1992
CAT C15	400 KW	X4R00497R	185 HRS	AÑO 2001
ENERPOWER	60 KW	I235112409	165 HRS	AÑO 2013

Fuente: Información interna de la empresa. Año 2017

Como se puede ver, son varios grupos electrógenos atendidos por DAT Ingeniería SAC, y en diferentes ubicaciones y con diferentes necesidades. Cabe indicar que la empresa difícilmente tiene contratos de servicio de mantenimiento con sus clientes, por lo que los servicios se dan principalmente a solicitud del cliente, sea para mantenimiento preventivo si dentro de su planificación aparecen actividades de este tipo a ser desarrolladas por un tercero, y para mantenimiento correctivo si se va a realizar directamente una reparación.

Para la empresa DAT Ingeniería SAC, es muy importante resolver el problema de investigación, ya que permitirá optimizar tiempo y costos en la gestión del mantenimiento, permitiendo brindar un mejor servicio a los clientes, aumentando la confiabilidad de los equipos.

### **Antecedentes:**

En la tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Industrial “Propuesta de un Modelo de Gestión de Mantenimiento Preventivo para una Pequeña Empresa del Rubro de Minería para Reducción de Costos del Servicio de Alquiler” presentada por Enrique Chang Nieto (2008) en la Universidad Peruana De Ciencias Aplicadas, se propone un modelo de gestión de mantenimiento que orientado a reducir los costos en los que incurre el área de operaciones de una pequeña empresa que brinda servicios de alquiler de compresoras de tornillo.

En este estudio se encontraron las causas raíces de los problemas de mayor impacto en el área, y haciendo uso de la herramienta conocida como el ciclo de Deming, se diseñaron las soluciones más apropiadas para eliminar las causas encontradas y mejorar la programación de la gestión del mantenimiento. Se concluye que es importante la información clara y oportuna para la toma de decisiones y la aprobación de las soluciones. Se propuso la implementación de sistemas de Checklist para el control preventivo diario, semanal y mensual, así mismo se enfrentó el alto costo por excesivo mantenimiento correctivo debido a que no se cuenta con los controles preventivos necesarios y los sistemas de seguridad no funcionan eficientemente. Hay también buenas propuestas para la escasez de repuestos.

En la tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Mecánico “Aplicación del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad a Motores a Gas de Dos Tiempos en Pozos de Alta Producción” presentada por Martín Da Costa Burga (2010) en la Pontificia Universidad Católica del Perú, se muestra el uso de la metodología del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (MCC o RCM) no solamente como parte del estudio del equipo sino también de sus subsistemas con la finalidad de plenamente identificar los problemas que dificultan el correcto funcionamiento de los motores a gas de dos tiempos.

Emplearon el Análisis de modo, fallas, causas y efectos (AMEF) con el cual se identificaron los modos y las causas de las fallas, se realizó la evaluación de criticidad de cada una ellas y finalmente se puede calcular el impacto en las metas de producción y mantenimiento. Se demuestra que se logra el objetivo de incrementar la vida útil de los componentes de los equipos, así como la disponibilidad de los mismos, con impacto en las ventas, en este caso por la recuperación de petróleo crudo a un menor costo de mantenimiento.

En la tesis “Diseño, Construcción, Instalación y Puesta en Marcha de un Sistema de Control Automatizado para un Grupo Electrógeno de 6.5 KVA de Mobhi Grifos” presentada para optar al Título Profesional de Ingeniero Mecánico Electricista por Marco Antonio Ponce Sandoval y Juan Adriano Montufar Chata (2014) en la Universidad Nacional del Altiplano, Puno, se describe una metodología deductiva, con un estudio preliminar acerca de las fallas en el sistema eléctrico de los grupos electrógenos, tanto en el motor como en los demás componentes. También se presenta detalles del sistema de transferencia automática y de cómo opera con sus circuitos de control, mando y fuerza.

Dentro de la descripción de la instalación, montaje y pruebas eléctricas, se detallan los procedimientos para la conexión del grupo electrógeno a la carga y el cuidado del equipo con un mantenimiento que se debe de realizar a todo el conjunto, grupo electrógeno y tablero de transferencia automática.

En la tesis “Propuesta de un Diagnóstico de Mantenimiento Preventivo Ajustado a las Condiciones de Explotación de los Motores Himsen 921/32, de la Batería 8, en la Planta Che Guevara VI, Ubicada en el Municipio de Nagarote en el Periodo de Enero a Julio del Año 2015”, elaborada por Ramón Enrique Umaña Aburto y Darreyl Ramón Morales para optar por el Título de Ingeniero Industrial y de Sistemas (2015) de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, se describe la situación problemática generada por la escasa supervisión adecuada dentro de los procedimientos establecidos previamente por los fabricantes de los equipos así como de las ejecución de lo planificado. Parte del problema también es la calidad de los materiales o repuestos utilizados para las reparaciones.

Mediante una investigación mixta, es decir cuantitativa y cualitativa, de los datos estadísticos utilizados en las bases de datos se pudo concluir que la eficiencia de los motores tiene una estrecha relación con la eficiencia del cumplimiento de los mantenimientos programados.

En el estudio “Plan de Mantenimiento Mecánico de los Grupos Electrógenos SDMO y DENYO, en la Empresa Seijiyo Yazawa Iwai C.A” presentado como Informe de Pasantía para optar al Título de Técnico Superior Universitario en Tecnología Mecánica por Yannelys Montilla (2013) en la Universidad Simón Bolívar de Venezuela, se muestra una investigación de manuales, documentos, y entrevistas

para los equipos, lo que llevó a su clasificación por modelos, de acuerdo a los diferentes motores que utilizan sus marcas. Así mismo se organizó las labores ejercidas dentro de la elaboración de un plan de mantenimiento preventivo, muy específico. La planta o generador de emergencia es sumamente importante en la planta por su autonomía.

Se logró optimizar la programación de inspecciones en el funcionamiento, ajustes, reparación, seguridad, limpieza y lubricación del equipo. Todo ello dentro del marco de un plan de mantenimiento preventivo, teniendo en cuenta los fallos o medidas que deben cumplirse y el tiempo en el que se debe realizar el mismo. Además, se creó el historial del estado de las maquinas, formatos de actividades, y reportes de los trabajos realizados.

### 1.1.1. Bases Teóricas:

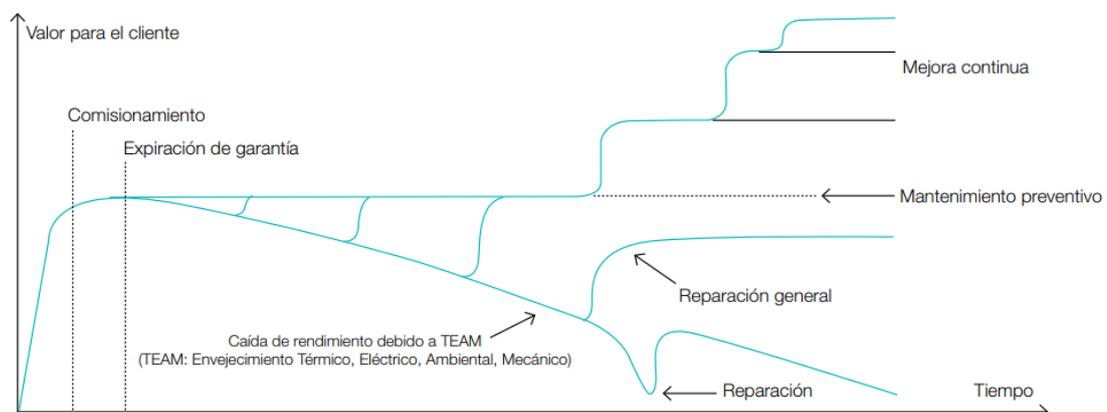


Figura n.º I-1 Cómo los fabricantes de grupos electrógenos ven el mantenimiento de estos equipos

Fuente: ABB S. A. Motores y Generadores Servicios, Diagnósticos, Mantenimientos y Repuestos Catálogo Service (s.f.)

Como se puede ver en esta figura, el mantenimiento tiene mucho valor dentro del negocio de los generadores o grupos electrógenos, sobre todo para evitar

la caída en el rendimiento del equipo. La mejor manera es realizar el mantenimiento desde el inicio de operaciones para evitar llegar a momentos como la reparación general (algunos autores le llaman overhaul).

Para ello se plantea formas de mantenimiento como el preventivo, el predictivo, el proactivo y correctivo.

#### **a. Mantenimiento Preventivo**

Se considera las actividades efectuadas con la intención de reducir la probabilidad de fallo, identificándose dos modalidades: Mantenimiento preventivo sistémico, efectuado a intervalos regulares de tiempo (con apoyo de referencias estadísticas y manuales del fabricante) de acuerdo a un plan esquemático en el tiempo establecido y partiendo de un estudio de criticidad de cada máquina. Y el mantenimiento preventivo condicional o por condición, muy empleado para cuando se presenta la necesidad detectada, también con apoyo de información histórica y recomendaciones de expertos (Monchy, 1990).

#### **b. Mantenimiento Correctivo**

Consiste en la reparación de averías o fallos funcionales a medida que se van produciendo. El personal encargado de identificar los defectos generalmente es el operador de la máquina, y es quien avisa al personal especializado para que realice la reparación. En otras oportunidades, el propio operador de la máquina repara alguna de las fallas.

Las acciones deliveradas no controladas de este mantenimiento fuerza la necesidad de contar con excesivo personal de mantenimiento. Además muchas reparaciones no siempre resultan definitivas y se transforman en fallos crónicos. Un excesivo mantemiento correctivo tiende a incrementar el número de equipos en pararelo (Stand By) lo que provoca, a su vez elevados niveles de capital inmovilizado. (Pistarelli, 2010).

#### **c. Mantenimiento Predictivo**

Este tipo de mantenimiento es más bien un conjunto de técnicas de detección precoz donde se verifican síntomas para poder decidir intervenir un equipo antes de que la falla aparezca (Monchy, 1990).

#### **d. Mantenimiento Proactivo**

Es el monitoreo de las propiedades de ciertos parámetros antes de decidir la intervención en el equipo. Busca anticiparse y establecer con anticipación la causa de raíz de falla (Pistarelli, 2010).

#### **e. Dispositivos Redundantes y Dispositivos de Protección**

“Desde el punto de vista operativo, hay dos clases de sistemas de seguridad; los redundantes y los de protección. Estos dispositivos se ponen en servicio para proteger a las personas, el medio ambiente, los activos de producción o el proceso productivo, de situaciones fortuitas e indeseadas causadas por factores inherentes al propio sistema o externas.” (Pistarelli, 2015)

#### **f. Redundancias Activas**

Se conoce como redundancias activas a los sistemas, equipos o componentes que se emplean para replicar simultáneamente funciones de un conjunto, sea a régimen parcial o pleno de carga. Esto depende del diseño y de las necesidades del conjunto, para determinar si el mismo régimen de carga que el sistema protegido para la funcionalidad global es requerido.

#### **g. Redundancias Pasivas**

Se conoce como redundancias pasivas a los sistemas, equipos o componentes que están en reposo (o stand by), en espera de que se los requiera e inmediatamente entran en funcionamiento. Esta necesidad puede ser por mantenimiento del equipo principal o por avería. Por ejemplo, para soportar una caída de tensión temporal de la red principal de alimentación se puede emplear un grupo electrógeno o un banco de baterías, dependiendo de la potencia del conjunto. Este funcionamiento será hasta que el equipo principal pueda retomar sus funciones.

Los sistemas de detección y arranque del dispositivo redundante son, generalmente, automáticos.

#### **h. Grupo Electrónico:**

Se define como un “equipo de trabajo accionado por un motor diesel o de gasolina, destinado a abastecer a consumidores fuera del alcance de una red eléctrica pública” (Generalitat de Catalunya, s.f.).

Estos equipos se utilizan para servicio continuo o de emergencia. En el caso de servicio continuo, se emplean donde no hay suministro eléctrico por alguna compañía, o bien donde la continuidad es un requisito estricto.

Para los casos de uso de emergencia, generalmente se emplean en diseños modernos con más de una fuente de alimentación, para aplicaciones de seguridad e incluso economía.

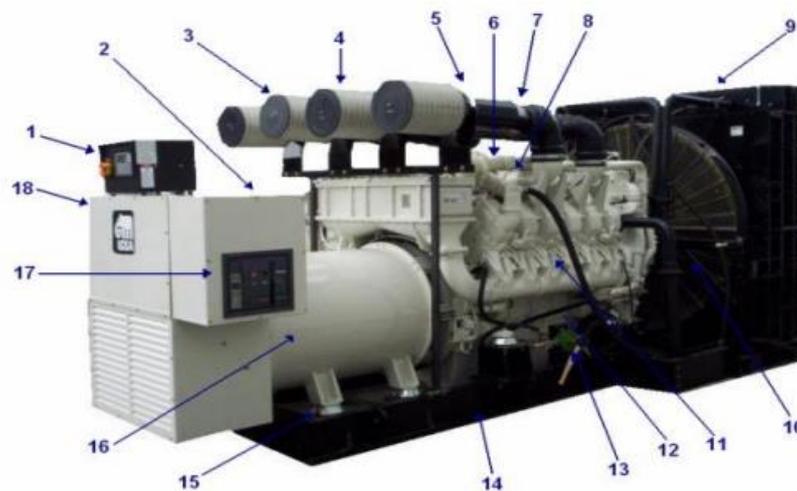


Figura n.º I-2 Descripción de partes de un grupo electrógeno  
Fuente: Manual de operación y mantenimiento de las plantas eléctricas.

Igsa, México (s.f.)

1 Panel de control

2 Placa de datos montada en generador (situado en la parte posterior de la figura)

3 Filtros de aire

4 Soporte de baterías y baterías (situado en la parte posterior de la figura)

5 Motor de arranque (situado en la parte posterior de la figura)

6 Alternador (situado en la parte posterior de la figura)

7 Bomba de combustible (situada en la parte posterior de la figura)

8 Turbo

- 9 Radiador
- 10 Guarda del ventilador
- 11 Motor de combustión interna
- 12 Carter
- 13 Bomba para drenar el aceite del Carter
- 14 Base estructural
- 15 Amortiguador
- 16 Generador
- 17 Interruptor
- 18 Regulador de voltaje automático (situado en la parte posterior figura)

## 1.2. Limitaciones y formulación del problema

Para la presente investigación se tiene las siguientes limitaciones:

- No se encuentra información histórica organizada o digitalizada del mantenimiento realizado a los grupos electrógenos, por lo que se tendrá algunos vacíos en los datos a trabajar.
- El mantenimiento implica uso de indicadores, los cuales no eran usados, por lo que la aplicación será a modo de propuesta, sin poder recuperar información del pasado para los indicadores.
- Se tomó como referencia los grupos electrógenos atendidos por DAT Ingeniería SAC a los clientes del sector industrial, la población de equipos de la empresa es pequeña dado que solo se dedican al mantenimiento, no tienen equipos propios, por ende no se pudo evaluar equipos de gran capacidad, ni de otras marcas existentes en el mercado.

### **1.2.1. Problema general**

Para el presente estudio se considera el siguiente problema general de investigación:

¿De qué manera se puede realizar el análisis de las fallas detectadas durante el mantenimiento de los grupos electrógenos en clientes industriales?

### **1.2.2. Problemas específicos:**

Se considera como problemas específicos para la investigación:

¿Cuáles son las fallas en grupos electrógenos de clientes según la data histórica del área de mantenimiento de la empresa DAT Ingeniería SAC de los años 2016, 2017 y 2018?

¿Cuáles son las causas de las fallas principales en el funcionamiento de grupos electrógenos que podrán ser mejoradas en los clientes del rubro industrial?

¿Cuáles son los fallos más comunes según el rango de potencias en Kilowatts de los grupos electrógenos de los clientes del rubro industrial?

¿Cuáles son las principales fallas detectadas según la marca de los grupos electrógenos en los clientes del sector industrial?

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo general**

Analizar los fallos detectados durante las actividades de mantenimiento en grupos electrógenos de los clientes industriales.

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Evaluar la tasa histórica de fallas en grupos electrógenos según información del área de mantenimiento de los clientes del rubro industrial de los años 2016, 2017 y 2018.
- Determinar las principales causas de fallas en el funcionamiento de grupos electrógenos en clientes del sector industrial para poder proponer mejoras en el mantenimiento.
- Determinar los fallos más comunes en el funcionamiento de los grupos electrógenos en Stand By según el rango de potencia de los grupos electrógenos de los clientes del rubro industrial.
- Evaluar las principales fallas detectadas según la marca de los grupos electrógenos en los clientes del rubro industrial.

## CAPITULO II. METODOLOGÍA

### 2.1. Tipo de investigación

La investigación es, según diseño, Descriptiva. “La investigación de tipo descriptiva trabaja sobre realidades de hechos, y su característica fundamental es la de presentar una interpretación correcta. Para la investigación descriptiva, su preocupación primordial radica en descubrir algunas características fundamentales de conjuntos homogéneos de fenómenos, utilizando criterios sistemáticos que permitan poner de manifiesto su estructura o comportamiento. De esta forma se pueden obtener las notas que caracterizan a la realidad estudiada”. (Sabino, 1986, pág. 51)

La forma de abordaje ha sido de una investigación mixta.

**Tabla n.º II-1 Operacionalización de variables**

VARIABLE	DEFINICION	DIMENSIONES	INDICADORES
MANTENIMIENTO	<b>Mantenimiento:</b> Tareas específicas realizadas para que un sistema recupere la capacidad de realizar una función. (Knezevic, 1996)	Detección de fallas	Principales fallas ocurridas
			Causas de las fallas
			Fallas por potencia de equipo
			Fallas por marca de equipo

Elaboración propia

## **2.2. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)**

En esta investigación se empleó la información del proceso actual de mantenimiento de grupos electrógenos pertenecientes a clientes que atiende la empresa DAT Ingeniería SAC.

La población a estudiar son los grupos electrógenos de clientes atendidos por la empresa DAT Ingeniería SAC en los años 2016, 2017 y 2018. Como referencia del tipo de clientes, ver Tabla 1-1.

Dado que se tiene acceso a toda la población de estudio, no habrá muestra en esta investigación.

## **2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos**

Para la presente investigación se ha realizado métodos de revisión de documentos, así como de entrevistas al personal de la empresa DAT.

La revisión de documentos ha sido al historial de los reportes, cotizaciones y libro de incidencias. Por otro lado, la entrevista se ha realizado a Elmer Vallejo Tenorio, técnico mecánico eléctrico de la empresa, para conocer acerca de las fallas recurrentes en los grupos electrógenos que la empresa atiende.

Como técnicas de análisis de datos se ha aplicado el diagrama de Pareto dentro del historial de fallas, así como el análisis de criticidad de fallas en equipos.

## 2.4. Procedimiento

Dentro del marco de la investigación:

- Primero se identificaron los equipos en estudio de la empresa.
- Se ha realizado un resumen de las fallas de los equipos en los tres últimos años (revisión de documentos).
- Se ha hecho un análisis de frecuencia de fallas y un diagrama de Pareto. Este análisis fue apoyado con una entrevista a un técnico de mantenimiento experimentado.
- Se han identificado las fallas más frecuentes (revisión de información estadística).
- Se describe las fallas por rangos de potencia de los diferentes grupos electrógenos.
- Se describe las fallas por marca para los grupos estudiados.

## CAPITULO III. RESULTADOS

### 3.1. Resultados del Objetivo Específico 1

Para el primer objetivo específico se ha realizado la evaluación de la tasa histórica de fallas en los grupos electrógenos atendidos en el rubro industrial en los años 2016, 2017 y 2018.

El primer paso será un análisis estadístico del comportamiento de fallas en los equipos. Si consideramos que el objetivo fundamental de cualquier mantenimiento es conservar la funcionalidad del equipo, es de vital importancia analizar la frecuencia de fallos y así evaluar si el mantenimiento es el adecuado; por tanto, se debe identificar los fallos posteriores a los mantenimientos programados, en la medida de que estos disminuyen el impacto de la explotación acumulada con el paso del tiempo de los equipos. Esta es una información vital para realizar las correcciones necesarias y proponer mejoras dentro de los procedimientos que utiliza el personal para maximizar la eficiencia de los equipos.



Figura n.º III-1 Grupo electrógeno típico en instalación del cliente  
Fuente: Archivo de fotografías de la empresa

Para ello se ordena la información histórica de 23 informes de atención por mantenimiento en una tabla (Tabla 3-1) identificando las veces que se ha atendido a cada equipo, así como extrayendo las principales fallas o deficiencias en los grupos electrógenos o los componentes que han fallado. Cabe mencionar que la información no es abundante, ya que la empresa principalmente realiza trabajos en grupos electrógenos de terceros y el cliente llama cuando ha sufrido una avería, no permitiendo un monitoreo constante de parte de personal de DAT Ingeniería SAC. Luego, la información sale de los informes o reportes que han completado personal de DAT Ingeniería SAC luego de reparaciones o mantenimientos preventivos (generalmente fuera de fecha) realizados a pedido. Los clientes no contratan un servicio de mantenimiento preventivo rutinario, principalmente por el costo, realizándolo ellos mismo con su personal, no siempre correctamente entrenado para ello.

A continuación, se muestra una tabla con los servicios realizados en los tres últimos años. Cabe mencionar que la mayoría de clientes realizan el mantenimiento rutinario (o dicen que lo hacen, pero no lo hacen) por su cuenta, sin contratar a una empresa especializada, lo cual hace que muchas veces se olvidan de realizarlo, o no es completo y no incluye inspección de posibles fallas.

**Tabla n.º III-1 Principales fallas detectadas durante el mantenimiento preventivo y correctivo realizados a los equipos**

FECHA	EQUIPO	MANTENIMIENTO		Fallas o deficiencias detectadas														
		PREVENTIVO	CORRECTIVO	Recalentamiento del motor	Bajo aislamiento del generador	Bloqueo en sistema de trasego	Cortos en tablero de Control	Deficiencia en el encendido	Oxidación de Partes Metálicas	Suciedad en Tanque de Combustible	Mal funcionamiento de alternador	Bloqueo en el radiador	Mal funcionamiento de arrancador	Baterías descargadas	Fuga de aceite por uniones			
2/01/2016	CATERPILLAR 300 KW D343	X	X	X	X													
14/11/2016	ENERPOWER 172 KW	X	X			X	X	X										
21/11/2016	ENERPOWER 172 KW	X																
29/04/2017	ENERPOWER 380 KW	X																
3/05/2017	ENERPOWER 100 KW	X	X	X					X	X	X							
21/05/2017	ONAN CUMMINS 350 KW	X	X									X						
4/07/2017	ENERPOWER 50 KW	X	X						X	X	X	X	X					
14/09/2017	MODASA - DOOSAN 300 KW	X	X								X	X	X					
23/09/2017	ENERPOWER 200 KW	X	X				X								X			
15/10/2017	SDMO - VOLVO 300 KW	X	X							X							X	
25/11/2017	ENERPOWER 200 KW	X	X							X	X	X	X	X				
11/12/2017	ENERPOWER 100 KW	X	X				X											
13/12/2017	ONAN CUMMINS 350 KW	X	X					X			X		X	X				
19/12/2017	ENERPOWER 172 KW	X	X				X											
4/01/2018	ENERPOWER 60 KW	X	X				X				X	X	X	X				
12/01/2018	ENERPOWER 270 KW	X	X							X								
24/01/2018	MODASA PERKINS 120 KW	X																
10/02/2018	GAMMA PERKINS 110 KW	X	X									X						
19/02/2018	ENERPOWER 200 KW	X	X				X			X								
19/02/2018	ENERPOWER 270 KW	X																
3/03/2018	ROLL ROYCE CVM 8163-1	X	X				X			X	X	X	X					
3/03/2018	CATERPILLAR 500 KW C15	X																
11/03/2018	ENERPOWER 60 KW	X	X								X	X	X	X				
28/05/2018	ENERPOWER 580 KW	X	X				X						X					

Elaboración propia en base a información de los años 2016, 2017 y 2018

En esta tabla se aprecia algunos de los aspectos más preocupantes como las fallas y componentes sensibles, donde hay anomalías, con el agravante de que estos sistemas son críticos para el funcionamiento del grupo electrógeno pudiendo provocar fallas funcionales.

### **Recalentamiento del motor:**

El motor, con todas las piezas móviles que presenta, al tener recalentamiento es señal de muchos posibles problemas. De no solucionarse se pueden dar problemas como deterioro avanzado de la culata de motor:



Figura n.º III-2 Culata de motor deteriorada en grupo electrógeno  
Fuente: Informes de mantenimiento de DAT Ingeniería SAC

### **Cortos en el tablero de control:**

Todo grupo electrógeno, modelo moderno o más antiguo, tiene un sistema de control de sus parámetros y funcionamiento. Este tablero indica muchas de las funciones a desarrollar, por lo que un problema en el tablero, puede llevar a que no se pueda encender el grupo electrógeno (el equipo trata de protegerse o de proteger al entorno).



Figura n.º III-3 Tablero de control digital  
Fuente: Informes de mantenimiento de DAT Ingeniería SAC

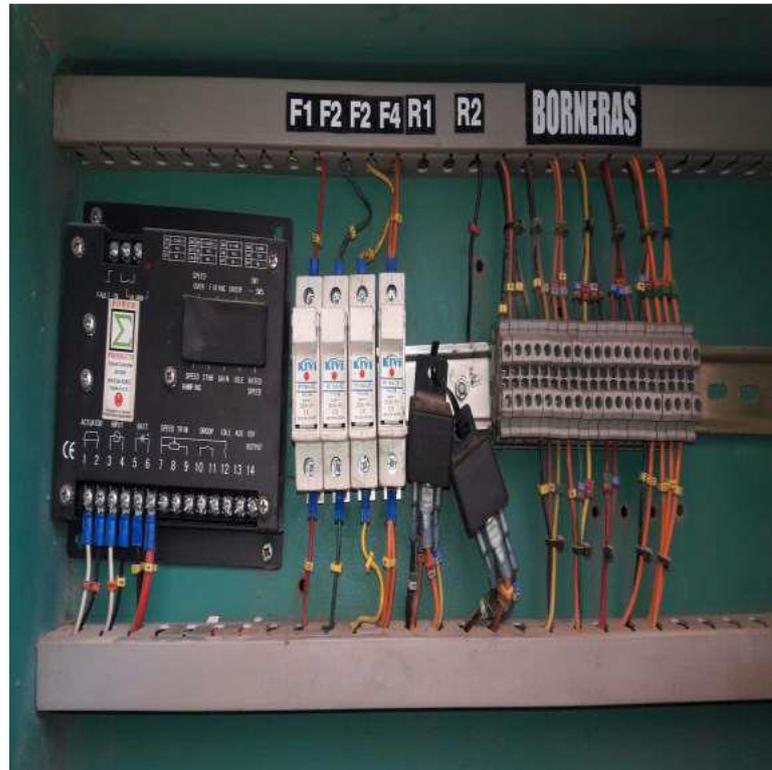


Figura n.º III-4 Tablero de control - circuitos internos  
Fuente: Informes de mantenimiento de DAT Ingeniería SAC

### **Tanque de combustible con suciedad:**

Aunque parezca difícil de creer, muchas fallas se originan en el tanque de combustible, ya sea por oxidación del mismo, suciedad, fugas, etc. Luego este combustible contaminado lleva problemas a otros componentes, principalmente ocasionando desgaste interno, obstrucción y mala combustión.

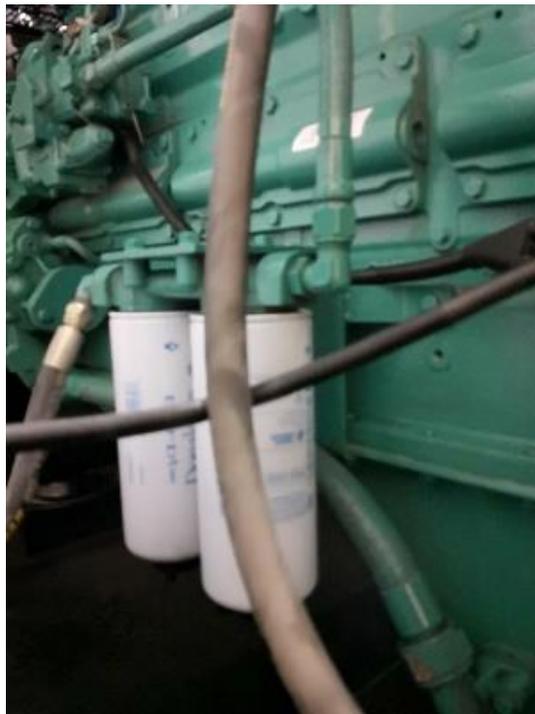


Figura n.º III-5 Sistema de combustible. Filtros  
Fuente: Informes de mantenimiento de DAT Ingeniería SAC

### **Alternador:**

El alternador para grupo electrógeno es un dispositivo que aprovecha un movimiento mecánico para generar electricidad basado en las propiedades de la inducción electromagnética. Este dispositivo tiene entre sus componentes: el rotor como eje mecánico, el estator, bobinados de cobre, el AVR o Automatic Voltage Regulator para regular la salida de tensión y mantenerla controlada en todas las condiciones de carga. No hay que olvidar el sistema de refrigeración y los conexiones. La

cantidad de componentes que tiene el dispositivo, y lo delicado de su operación, hace previsible que pueda haber muchas formas de falla para el alternador y que su cuidado es muy importante.

Entre los clientes de DAT Ingeniería SAC se encuentran frecuentemente alternadores averiados o tan sucios que ya no cumplen funciones. Algunas fotos como ejemplo:



Figura n.º III-6 Imágenes de un alternador sucio retirado de un grupo electrógeno  
Fuente: Informes de mantenimiento de DAT Ingeniería SAC

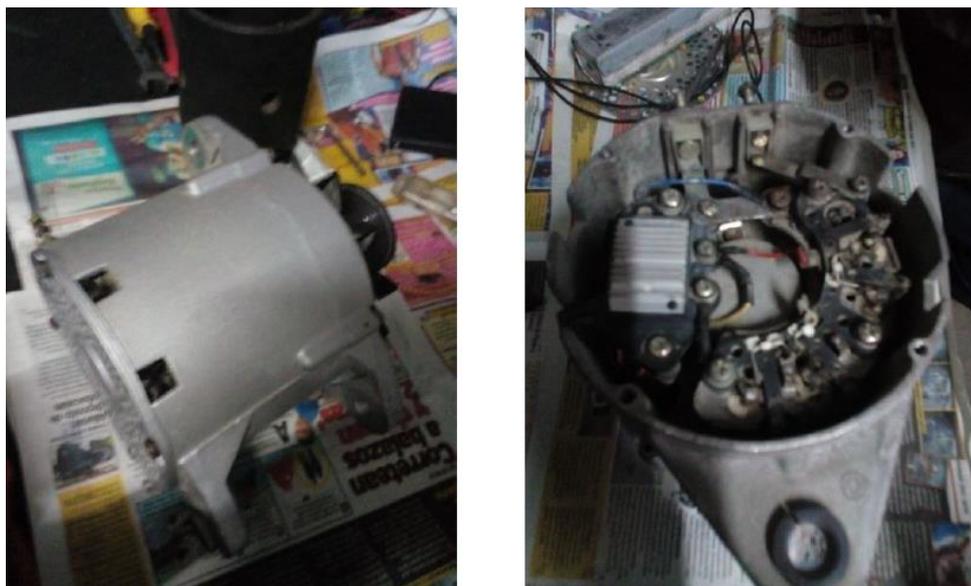


Figura n.º III-7 Imágenes del mismo alternador después de su mantenimiento  
Fuente: Informes de mantenimiento de DAT Ingeniería SAC

### **Bloqueo u obstrucción en el radiador:**

El sistema de refrigeración depende en gran medida del radiador, el cual retira el calor del fluido refrigerante para que se continúe el funcionamiento del enfriamiento del motor en un grupo electrógeno. Para ello el radiador cuenta con ventiladores para producir flujo de aire forzado evitando recalentamientos peligrosos. Uno de los factores de falla más frecuentes en los radiadores es la suciedad, la cual puede ser ocasionada por fallas en las fajas, rodajes, bomba de agua, filtros de aire del motor, refrigerante, aceite del motor, retorno del combustible diésel, gases de escape, etc.

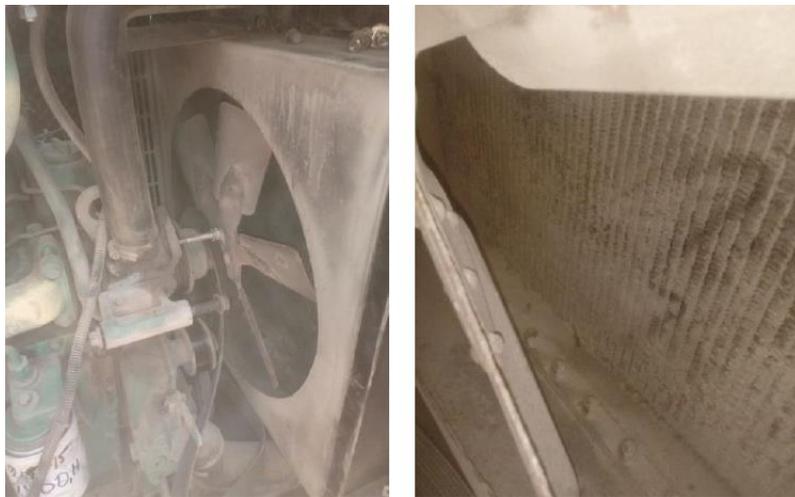


Figura n.º III-8 Radiador en condiciones severas de trabajo  
Fuente: Informes de mantenimiento de DAT Ingeniería SAC



Figura n.º III-9 Radiador con falla  
Fuente: Informes de mantenimiento de DAT Ingeniería SAC



Figura n.º III-10 Radiador con inicio de deformación  
Fuente: Informes de mantenimiento de DAT Ingeniería SAC



Figura n.º III-11 Radiador después de mantenimiento y limpieza con solvente  
Fuente: Informes de mantenimiento de DAT Ingeniería SAC

### **Arrancador:**

Este accesorio es un motor eléctrico alimentado con corriente continua, usado para facilitar el encendido de los motores de combustión interna, como es el caso de los grupos electrógenos, para vencer la resistencia inicial de los componentes cinemáticos del motor al arrancar. Dentro de sí tiene muchas partes que pueden provocar fallas como son el solenoide, las bobinas, escobillas, etc.

Las fallas en el encendido del equipo se producen porque los cortes de fluido eléctrico no son muy constantes, y entonces por gravedad y falta de encendido, el combustible almacenado en los filtros de combustible retorna hacia el tanque. Cuando sucede esto, los filtros se quedan vacíos y originaban que el arranque no sea óptimo.



Figura n.º III-12 Arrancador en condiciones severas de trabajo, antes de su mantenimiento  
Fuente: Informes de mantenimiento de DAT Ingeniería SAC



Figura n.º III-13 Arrancador después de su mantenimiento y limpieza  
Fuente: Informes de mantenimiento de DAT Ingeniería SAC



Figura n.º III-14 Arrancador colocado en su posición dentro del motor  
Fuente: Informes de mantenimiento de DAT Ingeniería SAC

### **Baterías sin carga:**

La batería (o banco de baterías) dentro de un grupo electrógeno suministran la energía necesaria para el arranque del motor. Puede estar preparada para 12 ó 24 V DC. En el caso concreto de los grupos electrógenos, se tiene motor con un arrancador (motor de arranque eléctrico), el cual recibe la carga de la batería, siendo importante porque de otro modo el arranque no se produce. Dentro del funcionamiento normal, las baterías se descargan, por lo que uno de los puntos importantes es controlar y mantener el nivel de carga, lo cual se realiza con el alternador de carga, el cual en la operación carga a la batería mientras dure el motor encendido. Cuando la batería está descargada con el equipo parado, se requiere un cargador externo.



Figura n.º III-15 Baterías empleadas en grupos electrógenos  
Fuente: Informes de mantenimiento de DAT Ingeniería SAC

### **Sistema de mantenimiento actual:**

El sistema de mantenimiento actual de DAT Ingeniería SAC está clasificado como mantenimiento preventivo y correctivo. El mantenimiento preventivo consiste en una programación anual, mensual y semanal en donde según las especificaciones de los manuales de mantenimientos originales de los equipos son ejecutados por el personal de campo y el de taller central que tiene sus instalaciones en la ciudad de Lima. Sin embargo, este mantenimiento generalmente es a solicitud del cliente y por ello la seriedad del cumplimiento del plan depende del cliente. La experiencia de la empresa demuestra que los clientes no toman importancia de los grupos electrógenos por lo que no están en continuo funcionamiento o no aparecen en las necesidades de los procesos de día a día.

En clientes que descuidan este plan, se presenta más frecuentemente los mantenimientos correctivos.

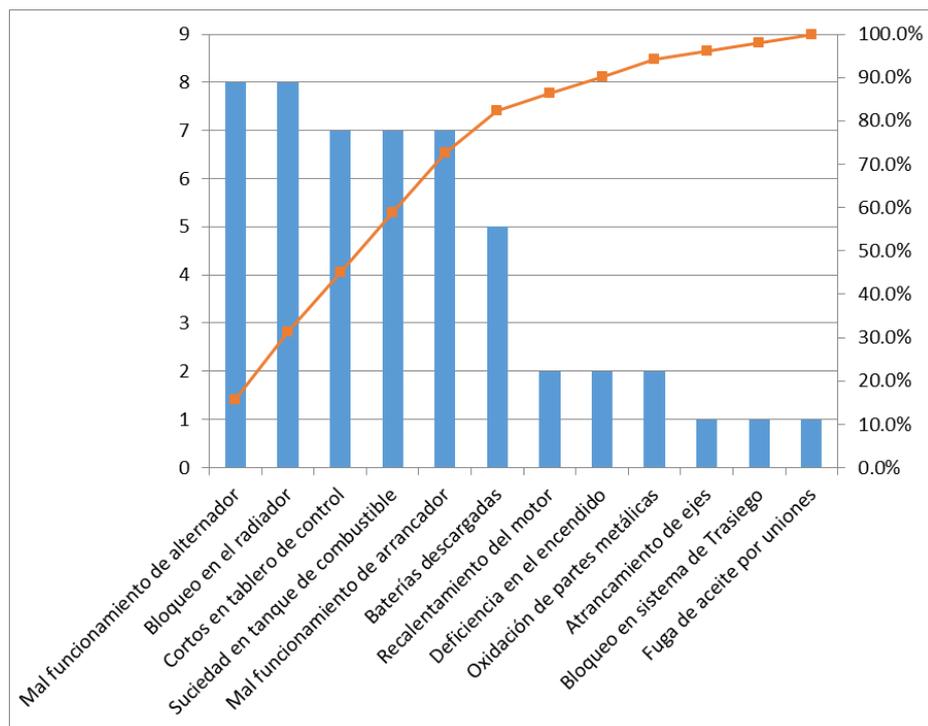
El personal de mantenimiento de campo ejecuta los mantenimientos dentro de las instalaciones del cliente, sus equipos de trabajo están limitados a la ejecución de los trabajos de carácter correctivo preventivo, en la intervención en el cambio de piezas, soldadura etc. sin llevar a cabo la construcción física de ninguna de estas piezas.

El personal de taller central es el encargado de los mantenimientos mayores o intensivos, en los cuales se realiza un mantenimiento general o completo de los motores en los talleres de la empresa.

Cabe mencionar que el análisis de la frecuencia de fallas y la determinación de las fallas más frecuentes no se puede hacer por cada grupo electrógeno, ya que se requiere información de casi todo un ciclo de vida, o al menos 10 años por la característica de ser equipos en stand by. En lugar de ellos, se toma a la población en

estudio como un referente grupal de las fallas más frecuentes en estos equipos, y que el mantenimiento busca minimizar.

Con la información para los síntomas de fallas y componentes que fallan con más frecuencia, se ha preparado un diagrama de Pareto para identificar los más críticos y poder enfocar las propuestas de esta investigación.



Figuran°3-16 Frecuencia de fallas en componentes según gráfico de Pareto

Fuente: Informes de mantenimiento de DAT Ingeniería SAC, se está considerando todos los informes de los años 2016, 2017 y 2018

Según la Figura 3-16, la forma en que más se presentan fallas en los grupos electrógenos de la población en estudio son cinco:

- Fallas en el alternador
- Fallas en el radiador (bloqueo u obstrucción)
- Fallas en el tablero de control (corto circuito)
- Suciedad/contaminación en el tanque de combustible
- Fallas en el arrancador

### 3.2. Resultados del Objetivo Específico 2

Para el segundo objetivo específico se procedió a determinar las principales causas de las fallas más frecuentes en el funcionamiento de grupos electrógenos.

Para ello, utilizando la estadística preparada a partir de los informes de intervención por mantenimiento correctivo y preventivo en los clientes, se preparó la siguiente tabla:

**Tabla n.º III-2 Principales causas de fallas en grupos electrógenos evaluados**

FECHA	EQUIPO	MANTENIMIENTO		Causas													
		PREVENTIVO	CORRECTIVO	Refrigerante contaminado	Suciedad dentro del generador	Filtros en mal estado	Fusibles y relay en mal estado	Falla de bomba de combustible	Humedad en el ambiente	Diésel en mal estado	Polvo dentro del componente	Uso de agua en el radiador	Defecto en el solenoide de arranque	Excesiva vibración y sobrecarga	Empaques en mal estado		
2/01/2016	CATERPILLAR 250 KW D343	X	X	X	X												
14/11/2016	ENERPOWER 172 KW	X	X			X	X	X									
21/11/2016	ENERPOWER 172 KW	X															
29/04/2017	ENERPOWER 350 KW	X															
3/05/2017	ENERPOWER 100 KW	X	X	X					X	X	X						
21/05/2017	ONAN CUMMINS 350 KW	X	X								X						
4/07/2017	ENERPOWER 50 KW	X	X						X	X	X	X	X				
14/09/2017	MODASA DOOSAN 300 KW	X	X								X	X	X				
23/09/2017	ENERPOWER 200 KW	X	X			X								X			
15/10/2017	SDMO VOLVO 300 KW	X	X						X							X	
25/11/2017	ENERPOWER 200 KW	X	X						X	X	X	X	X				
11/12/2017	ENERPOWER 100 KW	X	X				X										
13/12/2017	ONAN CUMMINS 350 KW	X	X					X			X		X	X			
19/12/2017	ENERPOWER 172 KW	X	X				X										
4/01/2018	ENERPOWER 60 KW	X	X				X				X	X	X	X			
12/01/2018	ENERPOWER 270 KW	X	X						X								
24/01/2018	MODASA PERKINS 120 KW	X															
10/02/2018	GAMMA PERKINS 110 KW	X	X								X						
19/02/2018	ENERPOWER 200 KW	X	X				X		X								
19/02/2018	ENERPOWER 270 KW	X															
3/03/2018	ROLL ROYCE CVM 8163-1	X	X				X		X	X	X	X					
3/03/2018	CATERPILLAR 500 KW C15	X															
11/03/2018	ENERPOWER 60 KW	X	X							X	X	X	X				
28/05/2018	ENERPOWER 580 KW	X	X					X					X				

Fuente: Informes de mantenimiento de DAT Ingeniería SAC, se está considerando todos los informes de los años 2016, 2017 y 2018

Elaboración propia

Con estas estadísticas de las causas más frecuentes, se puede realizar diagramas de Ishikawa para identificar las más relevantes.

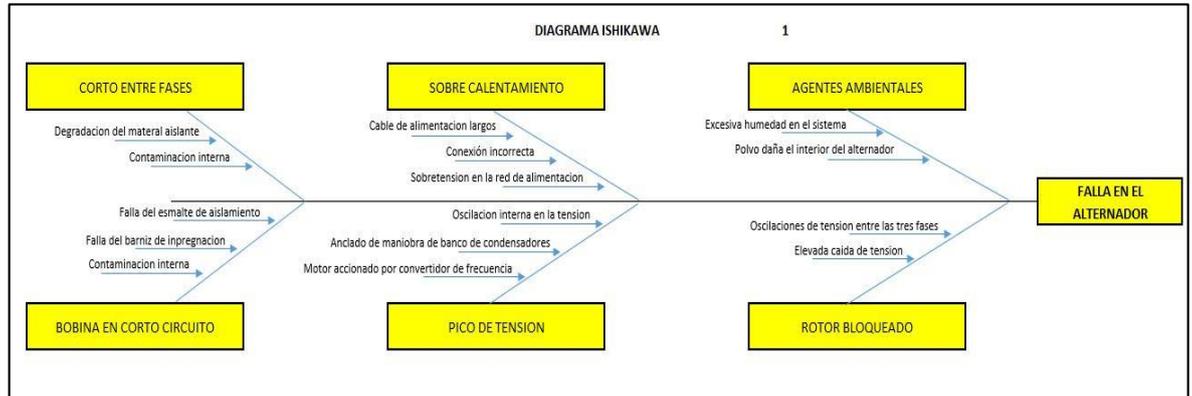


Figura n.º III-16 Causas de fallas en el alternador.  
Elaboración propia

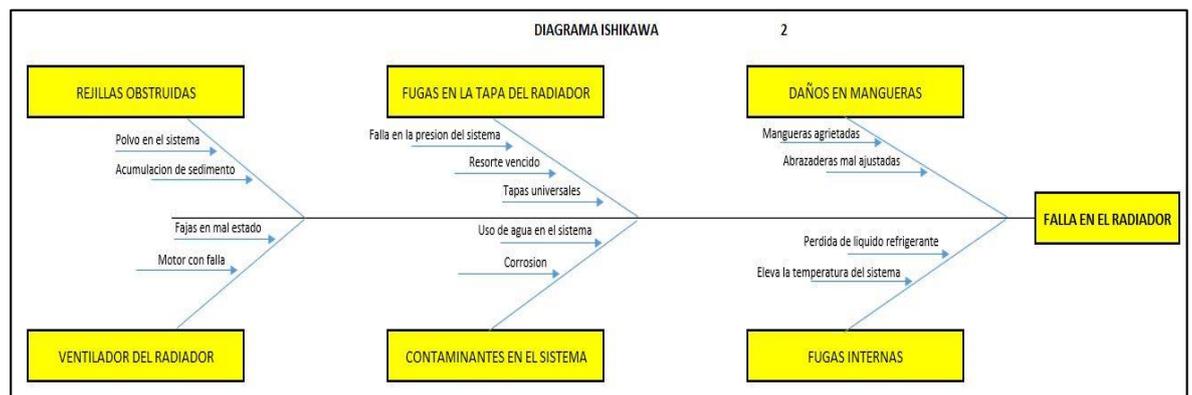


Figura n.º III-17 Causas de fallas en el radiador.  
Elaboración propia

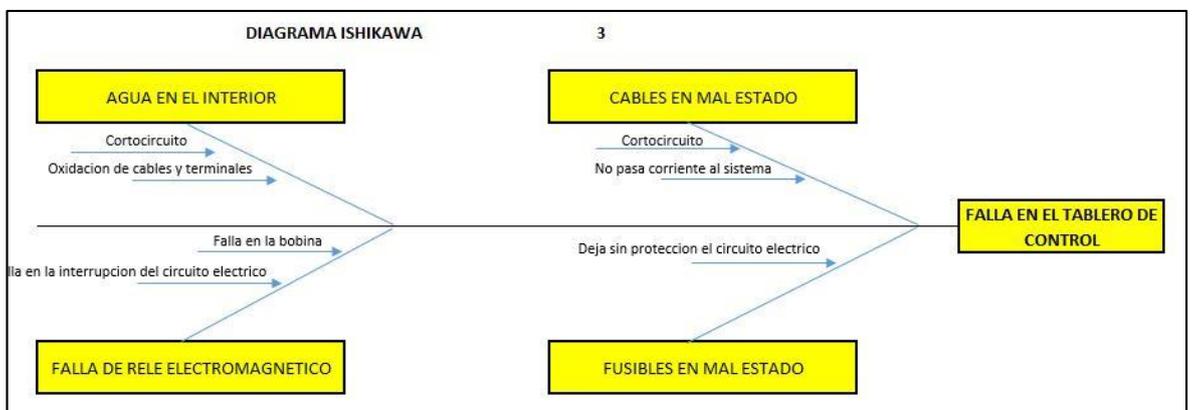


Figura n.º III-18 Causas de fallas en el tablero de control.  
Elaboración propia

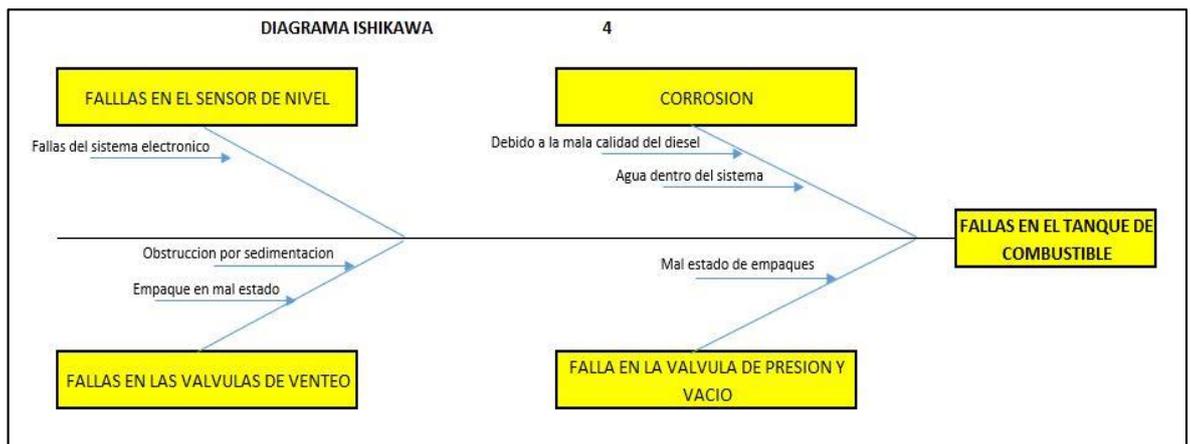


Figura n.º III-19 Causas de fallas en el tanque de combustible.  
Elaboración propia

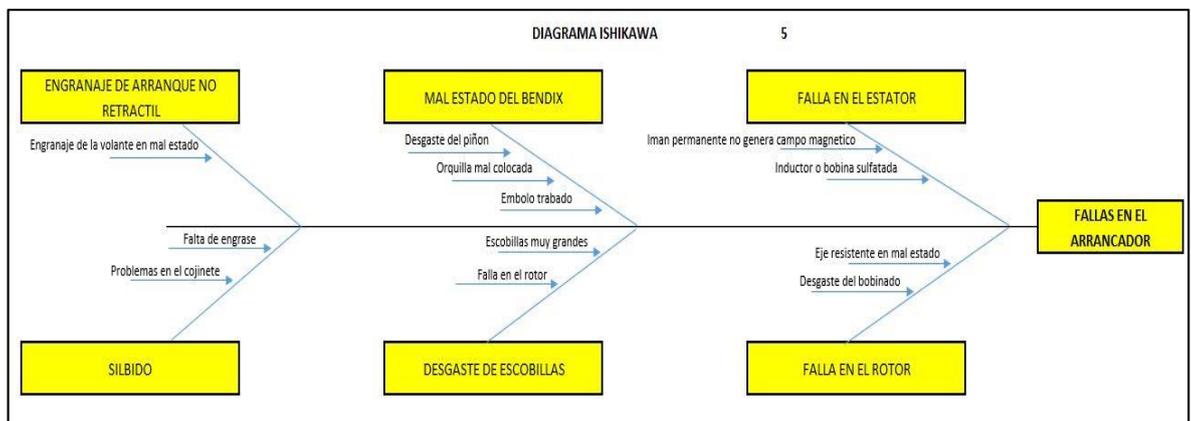


Figura n.º III-20 Causas de fallas en el arrancador.  
Elaboración propia

Como se puede ver, las principales causas de fallas ocurridas son:

- Refrigerante contaminado
- Suciedad dentro del generador
- Filtros en mal estado
- Filtros y relay en mal estado
- Bombas e inyectores con fallas
- Humedad en el ambiente
- Diésel en mal estado

Para conocer un poco más acerca de estas fallas, se hace un análisis de por qué y cómo ocurren en el tiempo de vida de un grupo electrógeno.

**Mangueras agrietadas o resacas:** En los grupos electrógenos hay mangueras en varios sistemas, como los de combustible, de refrigeración, de aceite a alta y baja presión, es por ello que se debe tener presente la inspección como el mejor método de prevención de fallas en ellas. Lo que siempre se encuentra es agrietamiento de mangueras y envejecimiento o deterioro de las conexiones, esto principalmente por las condiciones a las que están expuestas.

**Refrigerante contaminado:** En este caso, se produce contaminación del mismo por uso excesivo, así como falla en algunos puntos de su circulación como fugas y obstrucciones que hacen que el grupo electrógeno alcance temperaturas peligrosas. La falta de refrigerante es muy común en el uso de los grupos electrógenos, ya que no se mide su nivel y al descuidarse se pone el riesgo todo el equipo. Es muy frecuente también el uso inadecuado de refrigerantes, incluso el uso de agua común lo cual acelera la aparición de fallas.

Se ha encontrado casos en que el motor del equipo como elemento refrigerante ha estado utilizando agua, esto no es recomendable debido a que el motor no trabaja constantemente y el agua depositada genera: deposiciones, oxido, sarro, corrosión, picaduras del metal, etc. Por tales casos siempre que un equipo se instale para operación en stand by se recomienda usar líquido refrigerante.

Uno de los síntomas de estas fallas son las picaduras en el after cooler o en las precámaras de combustión.

Si el agua llega a ingresar al cárter, la bomba de aceite succiona agua durante el funcionamiento del equipo, y dado que el agua es un elemento abrasivo para los metales de bancada y de biela, bastaría con 2 a 3 minutos de funcionamiento a 1800 rpm para que el motor se pare por atrancamiento, donde los metales de bancada se pegan al cigüeñal.

Además, los residuos de agua en las camisas, anillos y pistones son un riesgo ya que originan oxidación y cavitación de los mismos.

El eje de levas también es un componente flotante entre metales y aceite, luego también puede ser afectado por agarrotamiento entre metales y puños de asiento del eje, así como los puntos de contacto entre levas y levantadores. En estos casos el manual manda determinar la profundidad de las picaduras para ver si el eje aún puede reutilizar.

En algunos casos aparecen fallas en el calentador de refrigerante por los años de uso y la mala calidad del refrigerante. Esto ocasiona deterioro en la resistencia y termostato.



Figura n.º III-21 Aftercooler, parte del sistema de refrigeración  
Fuente: Informes de mantenimiento de DAT Ingeniería SAC



Figura n.º III-22 Refrigerante contaminado  
Fuente: Informes de mantenimiento de DAT Ingeniería SAC

Deficiencias en el cableado de los tableros: Dentro de las fallas comunes también están los tableros eléctricos presentes para el control o alimentación del grupo electrógeno. Estas fallas aparecen desde el origen o construcción del tablero, por mala selección de conductores o por mala distribución que obliga un cableado forzado y confuso. Es frecuente que estos tableros no presenten plano unifilar, clave para poder realizar mantenimiento o adaptaciones. Durante la operación es común que para adaptaciones o ampliaciones, éstas no se hagan con la paciencia y profesionalismo adecuados, desmontando lo necesario para que el nuevo circuito tenga orden y espacio, frecuentemente se encuentra uso inadecuado de puntos de conexión, aglomeración peligrosa o unión de circuitos forzando la capacidad de los dispositivos. A largo o mediano plazo todos estos factores llevan a problemas eléctricos en el funcionamiento de grupos electrógenos.

Algunos componentes del tablero de control (arranque, electroválvulas, etc.) tienden a tener fallas de contactores inoperativos, o el cableado desordenado, lo que imposibilita saber la ubicación de los cables del sistema.

Se recomienda que los tableros tengan un selector de manual – automático, un pulsador de arranque, un pulsador de parada y una botonera de silenciador de sirena. Así como el cableado rotulado y un diagrama unifilar en la tapa interior del tablero.



Figura n.º III-23 Tablero en grupos electrógenos  
Fuente: Informes de mantenimiento de DAT Ingeniería SAC

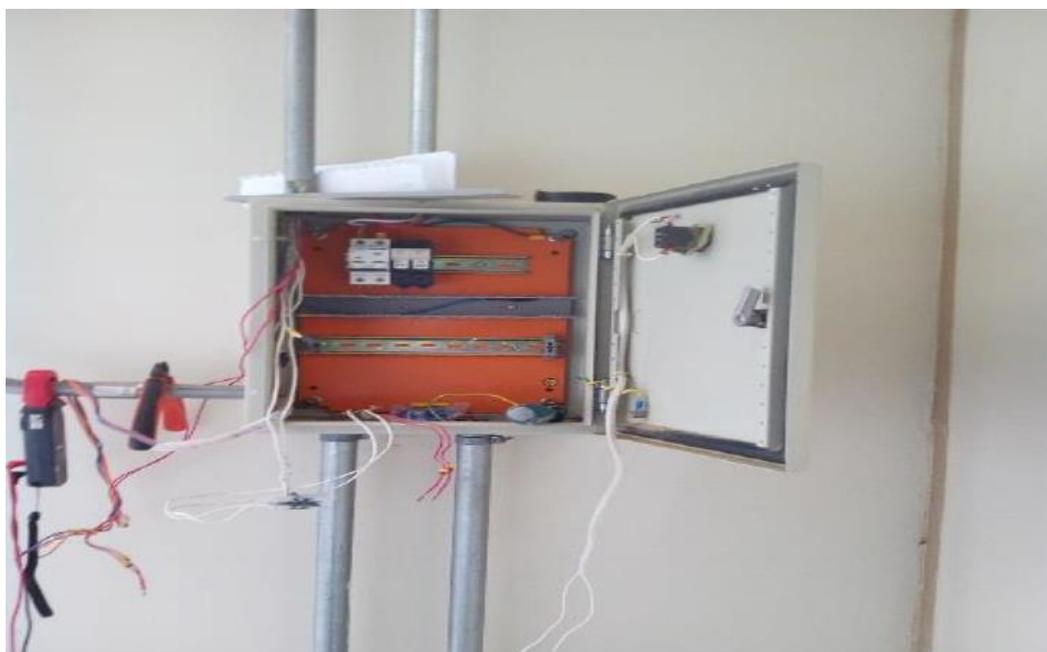


Figura n.º III-24 Tablero eléctrico en mantenimiento. Reacondicionamiento  
Fuente: Informes de mantenimiento de DAT Ingeniería SAC



Figura n.º III-25 Tablero eléctrico. Tapa exterior  
Fuente: Informes de mantenimiento de DAT Ingeniería SAC

Polvo en exceso: Dado que la mayoría de sistemas de protección como son los grupos electrógenos son usados de manera intermitente, las empresas optan por instalarlos de manera alejada de las instalaciones, muchas veces también por el ruido generado y el hecho que deben funcionar con un combustible inflamable. Esto hace que la protección a la intemperie y al polvo no sea la adecuada, encontrándose muchas veces grupos electrógenos y sus ambientes que nunca han sido limpiados desde hace meses y a veces desde hace años. Por lo general las empresas de mantenimiento no realizan la limpieza del recinto por no formar parte “del mantenimiento del equipo” y tampoco lo indican como observación al usuario. La presencia de polvo en los componentes es un factor de falla en el mediano y largo plazo, fallas que generalmente llevan a elevados costos.

Todo ambiente que alberga grupos electrógenos debe tener la adecuada limpieza y protección a la polución a fin de alargar la vida de los componentes más sensibles.

**Bombas e inyectores con fallas:** Dentro de los problemas hallados en los grupos electrógenos están las partes del sistema de inyección de combustible, tales como bombas e inyectores.

**Rodamientos desgastados:** Al tener piezas móviles, es frecuente la falla en los rodamientos de ejes y poleas del motor de combustión, sistemas de transmisión, de enfriamiento y motores eléctricos. Generalmente las fallas de estos sistemas se pueden predecir con análisis de vibración e incluso la presencia de ruido característica. Es muy importante la intervención a tiempo en problemas de rodamientos ya que su no atención genera onerosos mantenimientos correctivos.



Figura n.º III-26 Sistema de poleas con rodamientos  
Fuente: Informes de mantenimiento de DAT Ingeniería SAC



Figura n.º III-27 Inspección de alineamiento de ejes y funcionamiento de rodamientos  
Fuente: Informes de mantenimiento de DAT Ingeniería SAC

**Fajas agrietadas:** Según lo explicado en los problemas de polvo, la exposición a la intemperie o a condiciones agresivas de los grupos electrógenos, facilitan la aparición de resequedad y agrietamiento en las fajas de sus componentes. El buen estado de las fajas ayuda al funcionamiento adecuado de todo el equipo y la conservación de otros componentes críticos. La tensión de las fajas es otro aspecto que debe revisarse en las inspecciones.

### 3.3. Resultados del Objetivo Específico 3

Para el tercer objetivo específico se ha evaluado los fallos más recurrentes según un rango de potencia según la data histórica de los grupos electrógenos atendidos en el rubro industrial.

Se clasificarán los grupos electrógenos de acuerdo a un rango de potencia para establecer las averías más frecuentes en los grupos electrógenos y poder hacer un análisis de fallas que nos permita determinar si hay relación de fallas entre equipos de capacidades próximas.

**Tabla n.º III-3 Causas de fallas en grupos electrógenos según rango de potencia**

RANGO DE POTENCIA	Nº EQUIPOS OBSERVADOS	Fallas o deficiencias detectadas											
		Recalentamiento del motor	Bajo aislamiento del generador	Bloqueo en sistema de trasiego	Cortos en tablero de Control	Deficiencia en el encendido	Oxidación de Partes Metálicas	Suciedad en Tanque de Combustible	Mal funcionamiento de alternador	Bloqueo en el radiador	Mal funcionamiento de arrancador	Baterías descargadas	Fuga de aceite por uniones
ENTRE 10 KW HASTA 60 KW	3				1		1	1	3	3	3	2	
ENTRE 70 KW HASTA 100 KW	2	1			1		1	1	1				
ENTRE 110 KW HASTA 200 KW	8			1	4	1		2	1	2	1	2	
ENTRE 220 KW HASTA 300 KW	6	1	1					2	1	1	1		1
ENTRE 310 KW HASTA 400 KW	3				1	1		1	2	2	2	1	
ENTRE 450 KW HASTA 600 KW	2				1						1		

Elaboración propia en base a información de los años 2016, 2017 y 2018

En esta tabla se detalla los fallos más comunes según rango de potencia, se concluye que hay cierta similitud entre los fallos por potencia, los cuales procederemos a detallar.

**Tabla n.º III-4 Porcentaje de fallas en grupos electrógenos según rango de potencia**

RANGO DE POTENCIA	Nº EQUIPOS OBSERVADOS	PORCENTAJE DE FALLAS POR RANGO DE POTENCIA											
		Recalentamiento del motor	Bajo aislamiento del generador	Bloqueo en sistema de traspiego	Cortos en tablero de Control	Deficiencia en el encendido	Oxidación de Partes Metálicas	Suciedad en Tanque de Combustible	Mal funcionamiento de alternador	Bloqueo en el radiador	Mal funcionamiento de arrancador	Baterías descargadas	Fuga de aceite por uniones
ENTRE 10 KW HASTA 60 KW	3				33%		33%	33%	100%	100%	100%	67%	
ENTRE 70 KW HASTA 100 KW	2	50%			50%		50%	50%	50%				
ENTRE 110 KW HASTA 200 KW	8			13%	50%	13%		25%	13%	25%	13%	25%	
ENTRE 220 KW HASTA 300 KW	6	17%	17%					33%	17%	17%	17%		17%
ENTRE 310 KW HASTA 400 KW	3				33%	33%		33%	67%	67%	67%	33%	
ENTRE 450 KW HASTA 600 KW	2				50%						50%		

Elaboración propia en base a información de los años 2016, 2017 y 2018

**Tabla n.º III-5 Fallas en grupos electrógenos según rango de potencia**

Elaboración propia en base a información de los años 2016, 2017 y 2018

RANGO DE POTENCIA	Nº DE EQUIPOS OBSERVADOS	FALLAS POR RANGO DE POTENCIAS											
		Recalentamiento del motor	Bajo aislamiento del generador	Bloqueo en el sistema de frasillego	Cortos en el tablero de control	Deficiencia en el encendido	Oxidación en las partes metálicas	Suciedad en el tanque de combustible	Mal funcionamiento del alternador	Bloqueo en el radiador	Mal funcionamiento del arrancador	Baterías descargadas	Fuga de aceite por uniones
ENTRE 10 kw HASTA 60 kw	3				••		••	••	•••••	•••••	•••••	•••••	
ENTRE 70 kw HASTA 100 kw	2	•••			•••		•••	•••	•••				
ENTRE 110 Kw HASTA 200 Kw	8			•	•••	•		••	•	••	•	••	
ENTRE 220 KW HASTA 300 KW	6	•	•					••	•	•	•		•
ENTRE 310 KW HASTA 400 KW	3				••	••		••	••••	••••	••••	••	
ENTRE 450 KW HASTA 600 KW	2				•••						•••		

Cada punto representa un 10 % del total de fallas, este cuadro nos permite apreciar donde se concentran la mayor cantidad de fallas producidas en los equipos de acuerdo al rango de potencia.

### Grupos electrógenos entre 10 Kw hasta 60 Kw

Dentro de las fallas más frecuentes encontradas en estos equipos, de los cuales fueron evaluadas 03 unidades, está el fallo del alternador, esta falla se encontró en los 03 equipos evaluados y las causas fueron el polvo hallado en el componente el cual daña las partes internas del equipo

Otra falla común en las 03 unidades evaluadas es el bloqueo del radiador el cual por el excesivo polvo y el uso de agua como componente refrigerante daña el funcionamiento del equipo, por último, otra falla en común es el arrancador el cual por falta de mantenimiento y uso llega a malograrse.

### **Grupos electrógenos entre 70 Kw hasta 100 Kw**

La evaluación realizada a los grupos de estas potencias nos arrojó que de los 02 grupos electrógenos encontrados en la data ninguna de las fallas son similares entre ambos, sin embargo debemos precisar que en ambos casos se ve una falta de cuidado de parte del cliente con respecto a los mantenimientos, al encontrarse refrigerante en mal estado producto de haber estado buen tiempo sin ser cambiado, los cortos en el tablero de control se dan por la no revisión del mismo generando que los fusibles y relay se llenen de polvo y en algunos casos por la vibración del equipo tiendan a romperse. Otras fallas relevantes es la oxidación de la cabina y tanque chasis, así como el petróleo contaminado que surten.

### **Grupos electrógenos entre 110 Kw hasta 200 Kw**

En estos equipos encontramos diversas fallas, dentro de las más relevantes vemos que en la mayoría de los equipos lo más común es encontrar fallas en el tablero de control, esto debido a la falta de mantenimiento en la mayoría de los casos vemos también que el petróleo que suministran viene contaminado motivo por el cual se recomienda a los clientes instalar un filtro racor el cual evitara que las impurezas y el agua presentes en el petróleo dañen el sistema de distribución de combustible se vea dañado y genere obstrucción en las mangueras y bomba de alimentación. Otro factor de falla observado es el uso del agua en el radiador, este elemento al tener un efecto oxidante hace que el radiador al ser su aleación más liviana tienda a oxidarse con el tiempo. Otro factor no menos importante es la acumulación de polvo en el panel del radiador, para esto se recomienda hacer un sondeo el cual verificara el grado de deterioro del mismo.

### **Grupos electrógenos entre 220 Kw hasta 300 Kw**

Las fallas más recurrentes de los grupos electrógenos asistidos de estas capacidades es el uso de diésel contaminado para sus operaciones, otros factores son los componentes eléctricos los cuales no cuentan con protección, otro factor recurrente es el uso de agua en el radiador, las aleaciones de los metales, que son más livianos, no resisten el grado de corrosión que les causa el agua con el tiempo. Se encontraron también algunos equipos con bajo aislamiento al borde de los límites permitidos para un buen funcionamiento, esto debido a la locación y exposición a la humedad de los equipos.

Hubo un equipo que presento recalentamiento en el motor, esto debido a que el termostato y la bomba de agua no estaban cumpliendo su función que es distribuir el refrigerante por todo el sistema de enfriamiento del motor y debido a esto el equipo se apagaba

### **Grupos electrógenos entre 310 Kw hasta 400 Kw**

En estos equipos se observaron fallas en el arrancador esto por falta de mantenimiento, el alternador de igual forma presento fallas por mantenimiento y excesivo polvo en el ambiente, la misma causal del polvo refleja el mal funcionamiento y obstrucción en el radiador el cual por falta de mantenimiento presento fallas. El arrancador debido a la falta de mantenimiento y mal uso fue otro de los equipos que sufrió averías en la inspección de los equipos de este rango de capacidad.

### Grupos electrógenos entre 450 Kw hasta 500 Kw

En el análisis solo se cuenta con un grupo electrógeno de 580 Kw el cual presento fallas en el tablero eléctrico, esto debido a la falta de revisión y la falla del arrancador, debido al mal uso al momento de encender el equipo, esto pasa cuando el equipo al estar en stand by tiende a descargarse el aceite y el petróleo del sistema originando que se quiera encender sin éxito y al tratar de prender en reiteradas ocasiones el componente termine por dañarlo.

#### 3.4. Resultados del Objetivo Específico 4

Para el análisis del objetivo específico en mención se tomó en consideración la marca del equipo, así como la marca del motor según la data histórica de los grupos electrógenos atendidos en el rubro industrial.

Con este análisis evaluaremos el rendimiento de los equipos materia de análisis para poder concluir cuáles son las fallas más recurrentes por marca del mercado evaluado.

**Tabla n.º III-6 Causas de fallas en grupos electrógenos según la marca**

MARCA	N° EQUIPOS OBSERVADOS	Fallas o deficiencias detectadas										
		Recalentamiento del motor	Bajo aislamiento del generador	Bloqueo en sistema de trasiego	Cortos en tablero de Control	Deficiencia en el encendido	Oxidación de Partes Metálicas	Suciedad en Tanque de Combustible	Mal funcionamiento de alternador	Bloqueo en el radiador	Mal funcionamiento de arrancador	Baterías descargadas
ENERPOWER - CUMMINS	15	1	1	6	1	2	4	5	4	5	4	
MODASA - DOOSAN	1							1		1		
MODASA - PERKINS	1								1			
SDMO - VOLVO	1						1					1
GAMMA - PERKINS	1								1			
ONAN CUMMINS	2			1	1		1	1	1	1	1	
ROLLS ROYCE	1			1			1	1	1	1		
CATERPILLAR	2	1	1									

Elaboración propia en base a información de los años 2016, 2017 y 2018

En esta tabla se detalla los fallos más comunes según la marca del equipo y del motor, se concluye que las fallas en algunos casos son más frecuentes en ciertas marcas, esto debido a que hay mayor número de equipos por analizar de cierto fabricante, se detalla el análisis realizado.

Tabla n.º III-7 Porcentaje de fallas en grupos electrógenos según la marca.

MARCAS	N° EQUIPOS OBSERVADOS	PORCENTAJE DE FALLAS POR MARCAS											
		Recalentamiento del motor	Bajo aislamiento del generador	Bloqueo en sistema de trasiego	Cortos en tablero de Control	Deficiencia en el encendido	Oxidación de Partes Metálicas	Suciedad en Tanque de Combustible	Mal funcionamiento de alternador	Bloqueo en el radiador	Mal funcionamiento de arrancador	Baterías descargadas	Fuga de aceite por uniones
ENERPOWER - CUMMINS	15	7%		7%	40%	7%	13%	27%	33%	27%	33%	27%	
MODASA – DOOSAN	1								100%		100%		
MODASA - PERKINS	1									100%			
SDMO – VOLVO	1							100%					100%
GAMMA – PERKINS	1									100%			
ONAN CUMMINS	2				50%	50%		50%	50%	50%	50%	50%	
ROLLS ROYCE	1				100%			100%	100%	100%	100%		
CATERPILLAR	2	50%	50%										

Elaboración propia en base a información de los años 2016, 2017 y 2018

**Tabla n.º III-8 Fallas en grupos electrógenos según la marca**

MARCAS	Nº DE EQUIPOS OBSERVADOS	PORCENTAJE DE FALLAS POR MARCAS											
		Recalentamiento del motor	Bajo aislamiento del generador	Bloqueo en el sistema de trasego	Cortos en el tablero de control	Deficiencia en el encendido	Oxidación en las partes metálicas	Suciedad en el tanque de combustible	Mal funcionamiento del alternador	Bloqueo en el radiador	Mal funcionamiento del arrancador	Baterías descargadas	Fuga de aceite por uniones
ENERPOWER - CUMMINS	15	•		•	•••	•	••	••	••	••	••	••	
MODASA - DOOSAN	1								•••••		•••••		
MODASA - PERKINS	1									•••••			
SDMO - VOLVO	1							•••••					•••••
GAMMA - PERKINS	1									•••••			
ONAN - CUMMINS	2				•••	•••		•••	•••	•••	•••	•••	
ROLLS ROYCE	1				•••••			•••••	•••••	•••••	•••••		
CATERPILLAR	2	•••	•••										

Elaboración propia en base a información de los años 2016, 2017 y 2018

Cada punto del cuadro representa el 10% del total de fallas, el cuadro detalla en porcentaje la marca de los equipos y cuáles son sus principales fallas.

### Grupo electrógeno Enerpower Cummins

Esta marca es nacional, sin embargo, el grupo electrógeno es importado de la China, el motor es un Dong Feng – Cummins, esto debido a que la legislación china que no permite que una marca extranjera pueda producir de manera independiente, tiene que hacerlo en alianza con una marca local.

De acuerdo a la tabla elaborada podemos concluir que esta marca es la que más fallas presenta, sin embargo, cabe mencionar que la mayor cantidad de equipos analizados corresponde a la marca Enerpower, que en porcentaje representa el 62.5% de los grupos analizados. El equipo como tal es de motor Cummins con generador Stamford, ambas marcas fabricadas en China bajo los estándares de fabricación de la

casa matriz y el módulo de control COMAP fabricados en la Republica Checa, sin embargo los accesorios complementarios si son fabricados por empresas 100 % chinas y al momento del ensamblaje no hay una homogeneidad en la fabricación ni en el suministro de accesorios ya que estos se compran de diversos fabricantes, de eso podemos concluir que alguno de los fallos de ciertos componentes se debe a la calidad de los mismos.

Dentro de estos fallos tenemos el recalentamiento del motor producto de la falla de la bomba de agua y el termostato, bloqueo del sistema de trasiego se debe a la mala calidad del combustible y oxido al interior del mismo, la deficiencia del encendido se da por diversos factores, uno de ellos y el más detectado es porque no encienden los equipos de manera regular y se descargan los filtros de petróleo no llegando a bombear el diésel al sistema. La polución existente en el ambiente daña el arrancador, alternador y radiador,



Figura n.º III-28 Grupo electrógeno Enerpower

Fuente: Informes de mantenimiento de DAT Ingeniería SAC

### **Grupo electrógeno Modasa – Doosan**

Esta marca es ensamblada a nivel local, la empresa Motores Diésel Andinos importa los motores, generadores, módulos de control y demás accesorios que importa con lo cual fabrica los grupos electrógenos.

De acuerdo al análisis hecho los fallos presentados son de partes complementarias al motor estos son el alternador, arrancador y radiador los cuales debido a la falta de mantenimiento predictivo causaron fallas en el sistema, de ello se determinó que debido a la falta de mantenimiento estas partes sufrieron desperfecto.

El grupo electrógeno consta de un motor Doosan de procedencia coreana el alternador es Stamford de procedencia China y el módulo de control es Deep See de procedencia inglesa.



Figura n.º III-29 Grupo electrógeno Modasa Doosan  
Fuente: Pagina web de Modasa

### **Grupo electrógeno Modasa Perkins**

De igual forma los grupos electrógeno fabricados por Motores Diésel Andinos son ensamblados con motores Perkins de los cuales esta empresa tiene la representación hace más de 30 años.

Este equipo al momento de ser intervenido no presento fallas, se debió en gran medida en que el equipo cuenta con horas mínimas de uso y el cliente dueño del mismo lo inspecciona semanalmente.

Otro papel importante en el buen estado de este equipo es que está ubicado en un lugar ventilado y bajo techo. El equipo cuenta con un motor Perkins de origen inglés, generador Leroy Somer de origen francés y módulo de control Deep See de patente inglesa fabricado en la China



Figura n.º III-30 Grupo electrógeno Modasa Perkins  
Fuente: Pagina web de Modasa

### **Grupo electrógeno SDMO VOLVO**

Este grupo electrógeno es ensamblado en Francia, el dueño de la marca es el grupo KOLHER SDMO, el cual es el segundo ensamblador de Grupos electrógenos a nivel mundial.

Al finalizar el mantenimiento preventivo requerido por el cliente se pudo observar perdida de aceite por los empaques de las válvulas, y obstrucción en los filtros de petróleo los cuales no permitían que el diésel llegue de la manera correcta al sistema de combustión.

Posterior al mantenimiento preventivo se realizó una limpieza del tanque de combustible, así como el cambio de los empaques de válvulas para corregir la falla.

El grupo electrógeno cuenta con un motor Volvo de procedencia sueca, generador Kolher (USA) y módulo de control APM (USA).



Figura n.º III-31 Grupo electrógeno SDMO VOLVO  
Fuente: Pagina web SDMO

### **Grupo electrógeno Gamma Perkins**

Esta empresa importa de la China los equipos y los comercializa con su marca, el motor es Perkins Wuxi esto debido a la legislación china de protección a la industria local.

Este grupo electrógeno cuenta además con un generador Leroy Somer de patente francesa fabricado en la China y un módulo de control Deep See de patente inglesa con fabricación china.

Al momento de realizar el encendido el grupo electrógeno se sobrecalentaba, esto debido a que el radiador estaba obstruido ya que nunca fue sometido a un mantenimiento, se corrigió el desperfecto.



Figura n.º III-32 Grupo electrógeno Gamma Perkins  
Fuente: Pagina web Generadores Gamma

### **Grupo electrógeno ONAN Cummins**

La marca ONAN es originaria de los Estados Unidos de Norteamérica, Cummins es uno de los más grandes fabricantes de grupos electrógenos a nivel mundial y el número uno en fabricación de motores diésel y a gas (Fuente: Portal de la carne)

De acuerdo a la tabla elaborada se encuentran dos registros de estos equipos los cuales son fabricados en su totalidad en los Estados Unidos de Norteamérica, estos equipos presentaron fallas en el sistema de trasiego, esto debido al diésel suministrado es de baja calidad, deficiencia en el encendido debido a que las baterías estaban por expirar su tiempo de vida útil y presenta correctivos en el alternador y arrancador debido a la falta de mantenimiento predictivo.



Figura n.º III-33 Grupo electrógeno ONAN Cummins  
Fuente: Pagina web Cummins Perú

### **Grupo electrógeno Rolls Royce**

Rolls Royce Power Systems es una marca alemana que fábrica motores a diésel, actualmente comercializa sus equipos bajo el nombre de MTU siendo esta marca una de los mayores fabricantes de motores diésel a nivel mundial.

Dentro de la tabla elaborada se encuentra un registro de este equipo el cual cuenta con un motor Rolls Royce de procedencia inglesa, el generador Stamford.

Al momento de intervenir el equipo s detectaron las siguientes fallas, cortos en el tablero de control, esto debido a la antigüedad y falta de mantenimiento, suciedad en el tanque de combustible se encontró el combustible en mal estado, el arrancador y

alternador faltos de mantenimiento, también el radiador se encontraba obstruido debido a la polución en el ambiente.



Figura n.º III-34 Grupo electrógeno Rolls Royce  
Fuente: Sitio Web Exapro

### **Grupo electrógeno Caterpillar**

Esta empresa con sede en los Estados Unidos es el fabricante líder mundial de equipos de construcción y minería, motores diésel y de gas natural, turbinas de gas industrial y locomotoras diesel-eléctricas (Fuente: Web Caterpillar)

De acuerdo a la tabla diseñada se evaluaron dos grupos electrógenos de la marca uno el modelo C15 y el modelo D343, en el primero de los analizados no se encontraron fallas, en el segundo se observó alta temperatura en el sistema la cual se detectó se debía a una obstrucción en el radiador, la segunda falla fue al momento de realizar el megado de equipo los parámetros del mismo se encontraban al límite mínimo de lo permitido, motivo por el cual se sugirió un barnizado al generador.



Figura n.º III-35 Grupo electrógeno Caterpillar  
Fuente: Sitio Web Caterpillar

## CAPITULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1 Discusión

La tecnología en la fabricación de grupos electrógenos avanza cada año, y por ende la complejidad de sus sistemas crece con nuevos dispositivos. Esto incrementa los modos de falla, esto lo vemos comparando los grupos electrógenos más antiguos versus los modernos que tienen los clientes de la empresa. Es por ello que identificar fallos ocultos es muy importante. En este estudio se ha logrado encontrar los fallos gracias a los reportes históricos de los servicios realizados.

En comparación con el estudio realizado por Umaña y Ramón (2015), donde la problemática de los motores era el descuido en la ejecución de actividades según indicaciones de los fabricantes en tiempo y forma. Otro problema para ellos es la calidad de los materiales o repuestos. Es por ello que la solución que ellos plantearon va por: elaboración de planillas de inspección para el supervisor de mantenimiento y jefe de mantenimiento, es decir no hicieron el análisis detallado correspondiente sino solamente ampliaron la frecuencia y forma de las inspecciones, lo cual puede recaer en desperdicio de recursos. Así mismo estandarizaron los trabajos, lo cual es una buena opción. También coincide con el presente estudio al dar la importancia a la capacitación a personal en mantenimiento de turbo compresores.

Para poder cumplir los objetivos se emplearon las técnicas correspondientes que nos permitan obtener un buen diagnóstico de los equipos para la identificación de las fallas y averías que se presentan. Esto nos conlleva a poder lograr elaborar un buen plan de mantenimiento para mantener las condiciones óptimas de estos, según los parámetros establecidos en los manuales y de la carta régimen de operación. Para determinar si se encuentran dentro de los rangos establecidos según las

planificaciones en cada una de las actividades dentro del proceso, los datos y resultados obtenidos se deben registrar para llevar un control como base para el respectivo diagnóstico.

Se hace necesario que el personal reciba las capacitaciones pertinentes que les permita desarrollar los conocimientos necesarios para el manejo correcto de los equipos para la identificación de fallas, la toma de lecturas y control de parámetros para identificar si existen desviaciones fuera de las normas establecidas en los manuales de instalación del fabricante.

## 4.2 Conclusiones

En el presente estudio se ha realizado el análisis de las fallas más frecuentes en un equipo de stand by como son los grupos electrógenos que atiende la empresa DAT Ingeniería SAC en sus clientes, generando resultados de frecuencia de fallas, causas más comunes, descripción de fallas por rango de potencia y por marca.

Para el primer problema, en el capítulo de Resultados se mostró el análisis de las fallas más frecuentes en los grupos electrógenos de la población, con limitaciones por la falta de datos de las fallas históricas en los equipos según información del área de mantenimiento de la empresa DAT Ingeniería SAC de los años 2016, 2017 y 2018. Aún cuando la información se basó en los informes operativos de las atenciones a los clientes, sin tener más data de retroalimentación de parte del cliente, se pudo determinar las fallas más frecuentes, lo cual permitió plantear estrategias de mejora en el mantenimiento (ver (Tabla 3.1)

Continuando con el análisis, para el segundo problema, se pudo determinar la frecuencia de las causas de fallas en el funcionamiento de grupos electrógenos y así determinar las que más se presentan, las cuales son contaminación en el refrigerante, suciedad en general, filtros y relay en mal estado, fallas con el sistema de inyección y la mala calidad del combustible. Estas causas permiten alinear el método de atención a los grupos electrógenos para minimizar las fallas en los equipos atendidos por la empresa DAT Ingeniería SAC. (Ver Tabla 3.2)

En respuesta al tercer problema, se pudo detectar las fallas más frecuentes según rango de potencia. Este análisis nos permite evaluar el porqué de los fallos recurrentes según el rango de capacidad de los grupos electrógenos, encontrando que los problemas en el arrancador y los generados por cortos en el tablero de control, se presentan en casi todos los rangos de potencia. (Ver Tablas 3.4)

En relación al cuarto problema planteado, este análisis nos permitió conocer las fallas más frecuentes según cada fabricante así como el motivo de las mismas. Se encontró que las marcas con mayor número de incidencias fueron Enerpower – Cummins, Onan – Cummins y Rolls Royce, principalmente por fallas en el arrancador, el radiador y el alternador. (Ver Tablas 3.7)

#### **4.3 Recomendaciones**

Dentro de las recomendaciones podemos concluir que este tipo de mantenimiento puede ser aplicado en otros sistemas como el sistema de detección de incendios.

Como estudio complementario detectamos que podemos profundizar el concepto del mantenimiento detectivo, de acuerdo a lo observado en el análisis de las fallas vistas en los grupos electrógenos evaluados.

## REFERENCIAS

- Chang, E. (2008). Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Industrial *“Propuesta de un Modelo de Gestión de Mantenimiento Preventivo para una Pequeña Empresa del Rubro de Minería para Reducción de Costos del Servicio de Alquiler”*. Universidad Peruana De Ciencias Aplicadas
- Da Costa, M. (2010). Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Mecánico *“Aplicación del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad a Motores a Gas de Dos Tiempos en Pozos de Alta Producción”*. Pontificia Universidad Católica del Perú
- FG Wilson (s.f.) *Grupo Electrónico Manual de Instrucciones para el Operador y Mantenimiento*
- Generalitat de Catalunya (s.f.). *La prevención de riesgos laborales en el sector de la construcción. Maquinaria Fija: Grupo Electrónico*. Recuperado de: [http://www.gencat.cat/empresaiocupacio/departament/centre\\_documentacio/publicacions/seguretat\\_salut\\_laboral/guies/lilibres/construccio\\_accessible/esp/05/05\\_09.pdf](http://www.gencat.cat/empresaiocupacio/departament/centre_documentacio/publicacions/seguretat_salut_laboral/guies/lilibres/construccio_accessible/esp/05/05_09.pdf)

Monchy, F. (1990). *Teoría y Práctica del Mantenimiento Industrial*. Editorial Salvat  
Masson S.A.

Montilla, Y. (2013). Informe de Pasantía para optar al Título de Técnico Superior  
Universitario en Tecnología Mecánica “*Plan de Mantenimiento Mecánico de los  
Grupos Electrónicos SDMO y DENYO, en la Empresa Seijiro Yazawa Iwai C.A*”.  
Universidad Simón Bolívar de Venezuela

Pistarelli, J. (2010) *Manual de Mantenimiento – Ingeniería, Gestión y Organización*. 1era  
Edición. R y C. Buenos Aires

Ponce, M. y Montufar, J. (2014). Tesis para optar al Título Profesional de Ingeniero  
Mecánico Electricista “*Diseño, Construcción, Instalación y Puesta en Marcha de un  
Sistema de Control Automatizado para un Grupo Electrónico de 6.5 KVA de Mobhi  
Grifos*”. Universidad Nacional del Altiplano, Puno

Rodríguez, R. (s.f.) *El necesario mantenimiento de los grupos electrónicos*. Recuperado  
de: <http://www.energetica21.com/>

Sabino, C. (1986) *El Proceso de Investigación* Editorial Humanitas, Caracas

SDMO (s.f.). *Manual de Uso y Mantenimiento de los Grupos Electrónicos R275C3 en  
español*

STMEU (s.f.) *Algunos TIPS para el mantenimiento del BANCO DE BATERIAS.*

Recuperado de: <http://stmeu.com/capacitacion/mantenimiento-de-las-baterias-2/>

Umaña, R. y Ramón, A. (2015). Tesis para optar por el Título de Ingeniero Industrial y de Sistemas “*Propuesta de un Diagnóstico de Mantenimiento Preventivo Ajustado a las Condiciones de Explotación de los Motores Himsen 921/32, de la Batería 8, en la Planta Che Guevara VI, Ubicada en el Municipio de Nagarote en el Periodo de Enero a Julio del Año 2015*”. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua

Wm. Henderson (s.f.) *Whole–House Generator Maintenance Services.* Recuperado de:  
<http://www.wmhendersoninc.com/generators/generator-maintenance>

## ANEXOS

### ANEXO n.º 1. Averías y Soluciones (F.G. Wilson, s.f.)

Avería	Síntoma	Remedio
El motor falla en el arranque	El motor no arranca cuando se da la señal de arranque, ni manualmente, ni mediante la tecla de marcha ni automáticamente a través de una señal remota.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Compruebe que todos los botones de parada de emergencia estén sin pulsar</li> <li>2. Compruebe que la luz del botón de paro no esté encendida</li> <li>3. Compruebe que no hay eventos de parada activos. Reinicie, si es necesario, después de corregir el fallo indicado.</li> <li>4. Consulte con su distribuidor local</li> </ol>
El motor se para debido a una baja presión de aceite	*BAJA PRESIÓN DE ACEITE* en el registro de eventos. El LED rojo de parada se ilumina	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Compruebe el nivel de aceite</li> <li>2. Consulte con su distribuidor local</li> </ol>
El motor se para por la ALTA TEMP DEL REFRIG	*TEMP DE REFRIGERANTE ALTA* en el registro de eventos. El LED rojo de parada se ilumina	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Compruebe el nivel de refrigerante del radiador. Consulte la sección de seguridad (sección 2) antes de retirar la tapa del radiador.</li> <li>2. Consulte con su distribuidor local</li> </ol>
El motor se para por la Sobrevelocidad	*SOBREVELOCIDAD* en el registro de eventos. El LED rojo de parada se ilumina	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Verifique la velocidad real del motor</li> <li>2. Consulte con su distribuidor local</li> </ol>
El motor se para por baja tensión (Powerwizard 2.1 solamente)	*UNDER-VOLTAGE* (baja tensión) en el registro de eventos, el LED rojo de parada se ilumina.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Consulte con su distribuidor local</li> </ol>
El motor se para por sobretensión (estándar en Powerwizard 2.1, opcional en Powerwizard 1.1+)	*Overspeed* (sobrevelocidad) en el registro de eventos. El LED rojo de parada se ilumina.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Consulte con su distribuidor local</li> </ol>
El grupo electrógeno no pasa a modo de carga	El grupo electrógeno funciona, pero la carga no se energiza.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Consulte con su distribuidor local</li> </ol>
El grupo electrógeno no se para manualmente.	El grupo electrógeno sigue funcionando después de apagarse.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Compruebe que el grupo electrógeno se pare cuando el pulsador de parada de emergencia no está pulsado</li> <li>2. Consulte con su distribuidor local</li> </ol>
El grupo electrógeno no se para cuando está en modo automático.	El grupo electrógeno no se para después de que se haya quitado la señal de arranque remoto.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Compruebe que el grupo electrógeno se pare cuando el pulsador de emergencia no está pulsado o cuando la tecla de parada está pulsada durante 5 segundos y el tiempo de refrigeración se omite.</li> </ol>
Alarma para modo no automático (sólo para grupos de emergencia)	Alarma «Not In Auto Mode» (no en modo automático) en el registro de eventos; el LED ámbar se ilumina	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Compruebe el módulo de modo automático</li> <li>2. Compruebe que los pulsadores de parada de emergencia no estén pulsados</li> <li>3. Consulte con su distribuidor local</li> </ol>

Figura n.º 0-37 Averías y soluciones

Fuente: Manual de instrucciones de utilización y mantenimiento del grupo electrógeno FG Wilson

ANEXO n.º 2. Actividades de Mantenimiento (Manual)

OPERACIONES	50 h	100 h	250 h	500 h	1000 h	1500 h	3000 h	2 años	20 000 h 3 años
<b>Grupo electrógeno</b>									
• Verificar el estado general					•				
• Verificar los pares de apriete					•				
• Verificar la ausencia de fugas				•					
• Verificar el estado de carga de la batería				•					
• Limpiar los bornes de la batería				•					
• Verificar el estado de las conexiones de los equipos eléctricos				•					
• Limpiar con aire comprimido los relés y los contactores				•					
<b>Motor</b>									
• Comprobar el nivel de aceite de motor y de refrigerant	•								
• Depósito de combustible - Descarga del agua	•								
• Filtro de aire - Comprobación	•								
• Aceite de motor y filtro de aceite - Sustitución <sup>a</sup>			•						
• Correa y tensión de la correa - Inspección y ajuste			•						
• Filtro de la bomba de combustible de solenoide - Inspección y limpieza <sup>a</sup>		•							
• Filtro de combustible - Sustitución				•					
• Filtro de la bomba de combustible de solenoide - Sustitución				•					
• Juego de válvulas - Inspección				•					
• Comprobación de la bujía de precalentamiento				•					
• Arrancador - Inspección					•				
• Alternador - Inspección					•				
• Pernos y tuercas del motor - Reapriete <sup>a</sup>					•				
• Tobera de inyección - Limpieza						•			
• Inyector - Comprobación y limpieza							•		
• Turbocompresor - Inspección							•		
• Refrigerante - Sustitución								•	
<b>Alternador</b>									
• Verificar el estado general									
• Verificar los pares de apriete									
• Verificar las distintas conexiones eléctricas de la instalación									
• Engrasar los rodamientos									•

<sup>a</sup> Las primeras 50 horas de servicio para un motor nuevo o reparado.

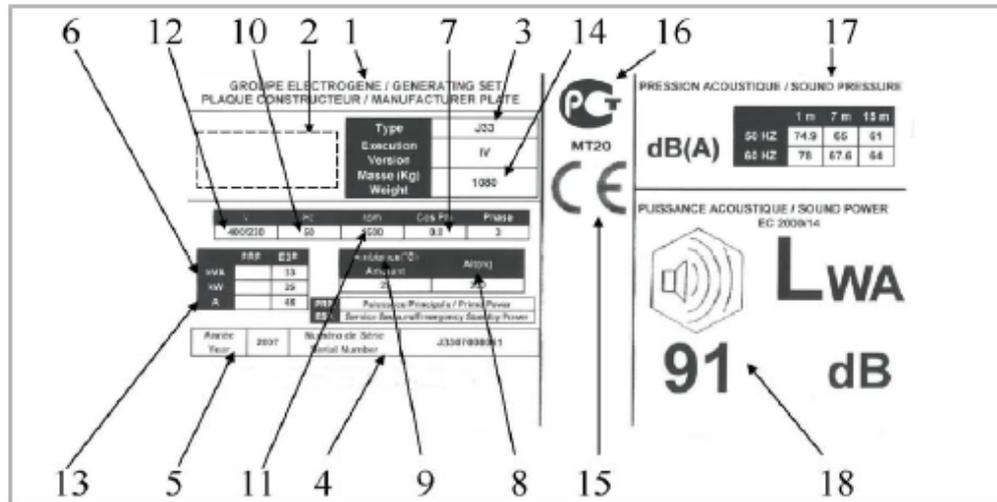
Figura n.º 0-38 Actividades de mantenimiento  
Fuente: Check list Energía Peruana

ANEXO n.º 3. Cómo identificar en la placa de un grupo electrógeno. (SDMO, s.f.)

**2.3. Identificación de los grupos electrógenos**

Los grupos electrógenos y sus componentes están identificados mediante placas de características.

Las normas precisas de identificación de cada componente importante (motor, alternador, etc.) se describen en los documentos de cada fabricante anexos en el presente manual.



1 - Grupo electrógeno	9 - Temperatura ambiente máxima para la potencia asignada (°C)
2 - Marca del fabricante	10 - Frecuencia asignada (Hz)
3 - Modelo	11 - Velocidad de rotación del grupo electrógeno (RPM)
4 - Número de serie	12 - Tensión asignada (V)
5 - Año de fabricación	13 - Intensidad asignada (A)
6 - Potencia asignada (kVA y kW) según la norma ISO 8528-1	14 - Masa (kg)
PRP: potencia principal	15 - Marcado CE
ESP: potencia auxiliar	16 - Marcado norma no CE (ejemplo GOSSTANDART)
7 - Factor de potencia asignado	17 - Presión acústica
8 - Altitud máxima del lugar por encima del nivel del mar (m) para la potencia asignada	18 - Potencia acústica

Figura n.º 0-39 Identificación de los grupos electrógenos

Fuente: Manual de uso y mantenimiento de los grupos electrógenos SDMO

ANEXO n.º 4. Sistema de protección a tierra. (SDMO, s.f.)

4.2.2.2. Esquema de conexión TT

En el esquema de conexión a tierra TT, el corte automático de la alimentación eléctrica mediante un dispositivo diferencial es obligatorio en la cabeza de la instalación para garantizar la protección de las personas (así como la instalación de un dispositivo diferencial de un valor máximo de 30 mA en los circuitos de enchufes).

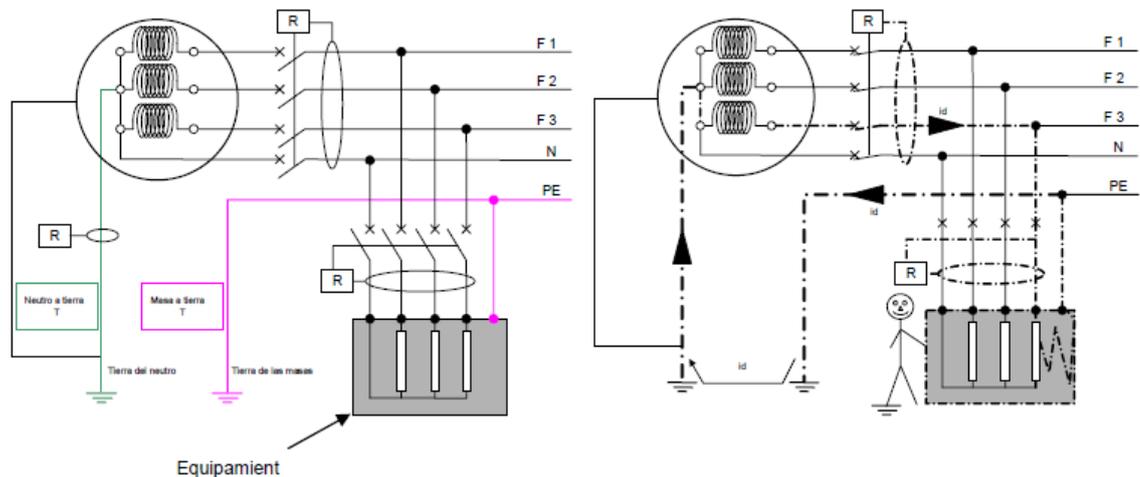


Figura 15 : Esquema de conexión a tierra TT

El neutro del alternador está conectado a tierra; las masas de los equipamientos de los usuarios disponen de su propia conexión a tierra.

Figura n.º 0-40 Esquema de conexión TT

Fuente: Manual de uso y mantenimiento de los grupos electrógenos SDMO

ANEXO n.º 5. Pictogramas de fallas. (SDMO, s.f.)

Datos que se visualizan			
Indicación del nivel de fuel			
Alarma/Fallo nivel de fuel bajo		Alarma/Fallo nivel de fuel alto	
Indicación de nivel/temperatura del líquido de refrigeración			
Alarma Fallo nivel bajo		Alarma fallo nivel alto	
Alarma Fallo temperatura elevada		Alarma fallo falta pre calentamiento	
Batería			
Mín. tensión batería (parpadeante)		Máx. tensión batería (parpadeante)	
			Indicador de carga de la batería (desplazamiento)
Indicador de presión del aceite/indicador de temperatura del aceite			
Alarma/Fallo presión aceite		Alarma/Fallo nivel alto o bajo aceite	
			Alarma/Fallo temperatura aceite alto o bajo
Parada de urgencia			
Fallo de parada de emergencia			
Sobrecarga o cortocircuito			
Apertura del disyuntor tras una sobrecarga o un cortocircuito			
Velocidad de rotación del motor			
Fallo de subvelocidad		Fallo de exceso de velocidad	
			Fallo de arranque

Figura n.º 0-41 Pictograma de fallas

Fuente: Manual de uso y mantenimiento de los grupos electrógenos

## ANEXO n.º 6. Entrevista al Técnico Elmer Vallejo Tenorio

1.- ¿Qué tipo de fallas son las más frecuentes que aparecen en los grupos electrógenos que ha intervenido?

\* Las fallas más comunes son los problemas en el alternador, taponeado del radiador por lo que se debe sondear, cortos en el tablero de control y desajuste de terminales, suciedad en el tanque de combustible. También el arrancador se ha quemado varias veces y es común encontrar baterías descargadas.

2.- ¿Cuáles son las causas de este tipo de falla?

\* Las causas son muchas, pero las que más se repiten son las mangueras reseca y con fugas y nadie se preocupa. El refrigerante se degrada siempre por la falta de uso y estar estancado. El cableado de tablero desde el inicio fue malo y siempre se hacen nuevas conexiones que generan corto circuitos. El polvo también es gran enemigo. Los rodamientos de las partes móviles también sufren mucho.

3.- ¿Qué tipo de consecuencias puede traer una falla en un grupo?

\* Directamente podría conllevar a que más partes del grupo sufran daño y requiera un overhaul e indirectamente a lo que el grupo vaya a alimentar en casos de corte de corriente (hospitales, producción, etc.)

4.- ¿Con el mantenimiento preventivo conocido se puede evitar estas fallas?

\* Se debería evitar siempre y cuando se realice según la guía o manual del fabricante pero no todos los equipos están ubicados en lugares favorables algunos por no decir la mayoría se encuentran en lugares críticos y para esos casos el mantenimiento preventivo convencional no funciona.