

**Diseño de un Procedimiento de Instalación, Implementación y Operación  
de un motor de arranque Delco Remi adicional para mejorar el  
rendimiento del encendido de un motor Generador Cummins industrial  
en la ciudad de Barranquilla.**



Jorge Mario Candama Castro

Código: 20451925886

Universidad Antonio Nariño

Barranquilla, Mayo 2023

**Diseño de un Procedimiento de Instalación, Implementación y Operación  
de un motor de arranque Delco Remi adicional para mejorar el  
rendimiento del encendido de un motor Generador Cummins industrial  
en la ciudad de Barranquilla.**

Jorge Mario Candama Castro

Código: 20451925886

Mayo, 2023

Universidad Antonio Nariño

Barranquilla

**Notas del autor**

Jorge Mario Candama Castro, Facultad de Ingeniería Mecánica,  
Electrónica y Biomédica, Universidad Antonio Nariño, Barranquilla.

El proyecto de tesis de grado no tuvo colaboración de empresa,  
organización o entidad para su realización.

# NOTA DE ACEPTACIÓN

El trabajo de grado titulado

---

Cumple con los requisitos para optar Al título de

---

Firma del Tutor

---

Firma Jurado

---

Firma Jurado

Puerto Colombia, Mayo 2023.

# Contenido

Pág.

Resumen .....	10
<b>Introducción .....</b>	<b>12</b>
<b>1. Definición del Problema .....</b>	<b>14</b>
1.1. Antecedentes y Descripción del Problema .....	14
1.2. Formulación del problema.....	14
1.3. Objetivos.....	15
1.3.1. General.....	15
1.3.2. Específicos .....	15
1.4. Justificación.....	15
<b>2. Marco Referencial .....</b>	<b>17</b>
2.1. Antecedentes .....	17
2.2. Marco Teórico.....	18
2.2.1. Mantenimiento.....	18
2.2.2. Tipos de Mantenimiento.....	19
2.2.3. Mantenimiento Correctivo.....	19
2.3. Marco Conceptual.....	24
<b>3. Marco Metodológico.....</b>	<b>26</b>
3.1. Tipo y Enfoques de Investigación.....	26
3.2. Recolección y Análisis de Datos.....	26
3.3. Fases y Actividades Metodológicas .....	29
3.3.1. Fase 1 .....	29
3.3.2. Fase 2.....	29
3.3.3. Fase 3.....	29
<b>4. Revisión de Resultados .....</b>	<b>31</b>
4.1. Desarrollar un procedimiento estandarizado para la adaptación e instalación del segundo motor de arranque Delco Remy 10479339 50MT en una planta generadora de energía a gas Cummins .....	31
4.2. Determinar la adaptabilidad de un segundo motor de arranque Delco Remy 10479339 50MT en una planta generadora de energía a gas Cummins.....	42
4.3. Evaluar el rendimiento en la ignición de una planta generadora de energía a gas Cummins con dos motores de arranque Delco Remy 10479339 50MT.....	50
<b>5. Conclusiones y Recomendaciones.....</b>	<b>58</b>

5.1. Conclusiones .....	58
5.2. Recomendaciones .....	59
<b>6. Lista de Referencias .....</b>	<b>61</b>

## Índice de Ilustración

	Pág.
Ilustración 1 Evolución histórica de la Producción y la Ingeniería de Fabricas .....	20
Ilustración 2 Motor Generador Cummins .....	21
Ilustración 3 Motor de Arranque .....	22
Ilustración 4 Partes del Motor de Arranque .....	22
Ilustración 5 Características del motor de arranque delco Remy 50mt .....	23
Ilustración 6 Características motor de arranque Boss .....	23
Ilustración 7 Presentación del segundo motor .....	31
Ilustración 8 Herramientas Utilizadas en la Instalación .....	33
Ilustración 9 Desconexión del banco de baterías .....	35
Ilustración 10 Desconexión del cableado del motor de arranque .....	35
Ilustración 11 Desmontaje y traslado del motor de arranque .....	36
Ilustración 12 Inspección, limpieza y cambio de partes necesarias .....	37
Ilustración 13 Armar o cambiar el motor de arranque y traslado al equipo .....	37
Ilustración 14 Instalación del motor de arranque .....	38
Ilustración 15 Conexión del cableado del motor .....	38
Ilustración 16 Conexión al banco de baterías y prueba .....	39
Ilustración 17 Conexiones Eléctricas del Motor .....	42
Ilustración 18 Masa Inicial - final y su Polinómica .....	51
Ilustración 19 Promedio $Q_{in} - Q_{out}$ .....	52
Ilustración 20 Eficiencia Térmica .....	52
Ilustración 21 Volumen Consumido .....	53
Ilustración 22 Diferencia entre $Q_{in} - Q_{out}$ .....	54
Ilustración 23 Par (N.m) Carga Baja .....	55
Ilustración 24 Potencia (kW) - Carga Baja .....	56
Ilustración 25 Par (N.m) Carga Alta .....	57
Ilustración 26 Potencia (kW) - Carga Alta .....	57

## Índice de Tablas

	Pág.
Tabla 1 Historial de mantenimiento al equipo.....	43
Tabla 2 Datos Motor 1 .....	45
Tabla 3 Datos Motor 2 .....	45
Tabla 4 Masa total.....	46
Tabla 5 Medición de las Temperaturas.....	47
Tabla 6 Calculo de la Eficiencia Térmica.....	48
Tabla 7 Volumen Consumido (ml).....	50
Tabla 8 Porcentaje del $Q_{in}$ - $Q_{out}$ .....	50
Tabla 9 Carga Baja los dos Motores.....	54
Tabla 10 Carga Baja los dos Motores.....	56

(Dedicatoria)

*Queridos padres, amado Dios y queridos profesores,*

*Hoy quiero dedicar unas palabras de profundo agradecimiento y amor a cada uno de ustedes que han tenido un papel tan importante en mi vida.*

*A mis queridos padres, quienes me han brindado su amor incondicional y han sido mi guía en cada paso de mi camino, les agradezco por enseñarme los valores más importantes de la vida, por apoyarme en cada una de mis decisiones y por brindarme su amor y cariño incondicional. Gracias por ser mi roca y mi refugio en los momentos más difíciles, por escuchar mis problemas y aconsejarme con sabiduría, y por siempre estar ahí para celebrar mis logros. No hay palabras suficientes para expresar lo agradecido que estoy por todo lo que han hecho por mí.*

*A ti, amado Dios, quiero expresar mi profunda gratitud por estar siempre a mi lado, por brindarme tu amor inagotable y por ser mi guía en los momentos más difíciles de mi vida. Gracias por tu presencia constante en mi camino, por guiarme hacia la luz en los momentos de oscuridad, por ser mi fuerza cuando me siento débil, y por darme la sabiduría para hacer las elecciones correctas en la vida.*

*Y a mis queridos profesores, quienes han tenido una gran influencia en mi vida, quiero agradecerles por su dedicación, por su paciencia y por su compromiso de ayudarme a crecer tanto personal como académicamente. Gracias por sus enseñanzas, por su ejemplo, y por inculcarme la pasión por el conocimiento y la curiosidad por el mundo que me rodea. Han sido un verdadero regalo en mi vida y siempre estaré agradecido por los conocimientos que me han impartido.*

*En resumen, a todos ustedes, padres, Dios y profesores, quiero agradecerles por ser mis guías y mis mentores en mi camino hacia la madurez y la felicidad. Aprecio cada momento que he compartido con ustedes y espero que siempre sientan mi amor y mi gratitud. Les prometo que usaré las herramientas que me han brindado para seguir adelante en la vida con la sabiduría y la fuerza que he adquirido gracias a su amor y dedicación. Les amo con todo mi corazón.*

*Jorge Mario Candama Castro*



## Agradecimientos

*En primer lugar, quiero agradecer, a Dios ya que me ha acompañado y guiado en todo este recorrido, siempre como un faro guiando mis pasos y mis pensamientos siendo tus enseñanzas mi más grande tesoro.*

*Gracias a mis padres que son mi gran inspiración en todo este proceso*

*A mi madre por ser la persona que siempre ha confiado en mí y en mis capacidades y nunca me ha dejado solo en mis dificultades, a ella la cual estará muy orgullosa de este avance en mi vida.*

*A mi padre el cual baso sus enseñanzas no solo en palabras si no en ejemplos, esta investigación se la dedico con todo mi corazón. Por siempre hacer frente a su hogar e inspirarme a ser una gran persona igual que él.*

*También a mi tutor el profesor Rafael Ramírez por la paciencia y la dedicación que tubo al corregir mi proyecto no, hubiese podido alcanzar esta meta sin sus savias palabras. gracias por ser el buen guía que me llevo Asia esta gran meta.*

*Gracias a todos los docentes que han invertido un poco de su tiempo para hacerme crecer en sabiduría, sin ustedes no lo hubiese logrado, quiero decirle que ustedes son indiscutiblemente los constructores del futuro de este país.*

*Quiero también honrar la memoria de mi profesor Wilfrido Hernández Rivas, parte de este proyecto es dedicado a usted y a sus enseñanzas en el área de electricidad y electrónica, sus palabras y consejos quedaron grabadas en mi mente como tinta indeleble, siempre lo recordare por ser el maestro que no solo veía al estudiante si no al ser humano.*

*También quiero agradecer a mis compañeros que están con migo y los que ya se han graduado porque son parte de este crecimiento, siempre recordare las situaciones que compartimos y los espacios de descanso, en la camaradería al momento de tomar los retos de cada materia dada*

*Muchos de ustedes son ya mis amigos fuera de la universidad. Gracias*

*Gracias a la universidad por colocarme los retos que me enseñaron a ser no solo un profesional si no una mejor persona cada día, gracias por brindarme la oportunidad de ganar muy pronto el gran y anhelado título, me esforzaré por representarlos en mi área laboral con excelencia.*

*Jorge Mario Candama Castro*

## RESUMEN

Hoy en día, se debe tener mucho cuidado con los equipos que se utilizan en los diferentes procesos, cumplir con su mantenimiento, porque a la hora de medir su desempeño podemos caer en cuenta que este no está dando los resultados esperados; teniendo en cuenta que con la revolución tecnológica debemos adaptarnos, tanto el recurso humano, herramientas y equipos, para ello al conocer muy bien los rendimientos de este último, podamos decir que las estrategias fueron bien implementadas. Estableciendo los parámetros adecuados no es suficiente, cuando un equipo tiene años de funcionamiento, es necesario ayudarlo de alguna forma que este pueda mantener su ritmo a un menor costo. Para ello es necesario documentar un procedimiento estandarizado para la adaptación e instalación de un segundo motor de arranque Delco Remy, buscando valorar la adaptabilidad de un segundo motor de arranque y evaluando su rendimiento.

Palabras clave: Análisis, Generador Cummins, Motor de Arranque, Plantas Industriales, Productividad, Rendimiento de Encendido.

## Summary

Today, great care must be taken with the equipment used in the different processes, comply with its maintenance, because when measuring its performance we can realize that it is not giving the expected results; taking into account that with the technological revolution we must adapt, both the human resources, tools and equipment, for this, knowing the performance of the latter very well, we can say that the strategies were well implemented. Establishing the appropriate parameters is not enough, when a team has been in operation for years, it is necessary to help it in some way so that it can maintain its pace at a lower cost. For this, it is necessary to document a standardized procedure for the adaptation and installation of a second Delco Remy starter motor, seeking assess the adaptability of a second starter motor and evaluating its performance.

Keywords: Analysis, Cummins Generator, Starter Motor, Industrial Plants, Productivity, Ignition Performance.

## INTRODUCCIÓN

A nivel global todas las industrias buscan la forma de disminuir tiempo y dinero, sin olvidar la confiabilidad en lo que hacen, sin dañar la calidad de sus procesos; es ahí donde se apoyan de ideas innovadoras que puedan darle ese plus inminente y las dejen continuar en competencia con las demás.

En Colombia, dado que las máquinas que soportan la mayor parte de los procesos son importadas al país, y sus componentes son elevadamente costos o son descontinuadas por las actualizaciones que hacen sus fabricantes, nace la necesidad de avanzar a la par de la tecnología, por ello profesionales en el manejo de estas máquinas en el sitio de trabajo los cuales las conocen y saben su rendimiento según las condiciones ambientales de trabajo, superando las especificaciones de los fabricantes, muestran que es factible innovar en dichos equipos aumentándole su vida útil, gracias a ideas innovadoras como mejorar el rendimiento del encendido de un motor Generador.

En Barranquilla, una empresa posee equipos donde sus condiciones son variables, cuando el equipo posee un tiempo ya avanzado casi para poder terminar su vida útil, se buscan los recursos adecuados para que este pueda continuar, como lo es la actualización del equipo principal con componentes que hagan perdurar su vida actual, para ello es necesario diseñar un Procedimiento de Instalación, Implementación y Operación de un motor de arranque Delco Remi adicional para mejorar el rendimiento del encendido de un motor Generador Cummins

## Línea de Investigación

Gestión de la Productividad, la Competitividad y la Innovación.

## **1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.1. Descripción del Problema**

Si bien es cierto, la Cummins es una planta generadora de energía a gas. Su componente mayor es un motor que genera 1.700 KW.h cuya ignición es dada por un motor de arranque Bosch BOS0001615002 de 24 Voltios a 18.0 Kilowatts que tiene un piñón de 12 dientes.

La empresa en la ciudad de barranquilla es una compañía cuyo objeto es la comercialización de energía eléctrica a empresas ubicadas en Barranquilla. La compañía opera con 7 motores generadores Cummins y en la actualidad se están presentando retrasos en los tiempos de respuesta cuando suceden los cortes de energía. Esta situación se debe a que la compañía ha decidido remplazar los motores de arranque eléctricos que trae la generadora de fabrica por unos motores de menor potencia. Las razones principales para tomar la decisión de cambiar la referencia de los motores de arranque son la no disponibilidad de este misceláneo por el proveedor certificado en el país y el elevado costo de adquisición. Los motores de arranque con los que están operando las plantas actualmente son Delco Remy 10479339 50MT de 24 Voltios a 9.0 Kilowatts que tiene un piñón de 11 dientes.

Ante esto, los retrasos en los tiempos de respuesta en los cortes de energía se deben a que la potencia del motor de arranque eléctrico actual es exactamente la mitad de la potencia que trae el motor de arranque de fábrica, haciendo que el torque sea el doble en tiempo y esfuerzo, recortando la vida útil del motor eléctrico en un 50%.

### **1.2. Formulación del problema**

La planta de generación Cummins actualmente tiene un motor de arranque Delco Remy 10479339 50MT que no es suficiente para proporcionar la potencia necesaria para un arranque óptimo en todas las situaciones. Para solucionar este problema, se propone la implementación

de un segundo motor de arranque Delco Remy 10479339 50MT para aumentar la potencia en el arranque y mejorar el rendimiento general de la planta de generación. Sin embargo, el desafío radica en determinar cómo se puede realizar la implementación del segundo motor de arranque de manera efectiva y eficiente, considerando factores como la compatibilidad con el sistema existente, el costo de la implementación y los posibles efectos secundarios que podrían surgir durante su operación. Por lo tanto,

### 1.3. Objetivos

#### 1.3.1. General

Diseñar un procedimiento de instalación, implementación y operación de un motor de arranque Delco Remy 10479339 50MT adicional para mejorar el rendimiento del encendido de una planta generadora de energía a gas Cummins.

#### 1.3.2. Específicos

- Desarrollar un procedimiento estandarizado para la adaptación e instalación del segundo motor de arranque Delco Remy 10479339 50MT en una planta generadora de energía a gas Cummins.
- Determinar la adaptabilidad de un segundo motor de arranque Delco Remy 10479339 50MT en una planta generadora de energía a gas Cummins.
- Evaluar el rendimiento en la ignición de una planta generadora de energía a gas Cummins con dos motores de arranque Delco Remy 10479339 50MT.

### 1.4. Justificación

Al respecto, la adaptación de un segundo motor de arranque Delco Remy 10479339 50MT a la planta generadora de energía a gas Cummins reducirá el tiempo de encendido actual de la planta haciendo que la respuesta en los cortes de energía por parte del equipo operador sea el requerido por los clientes. De igual manera, que la ignición se haga con dos motores de arranque en lugar de uno, alargará la vida útil de estos dos motores y se reducirán los costos en el proceso de compras. Los motores de arranque Delco Remy 10479339 50MT están dentro de los componentes más comercializados en esta industria, por lo cual obtener repuestos y misceláneos de manera inmediata para sus reparaciones en el mercado local y nacional es altamente factible.

Hay que tener en cuenta, que los mantenimientos preventivos y correctivos de los motores de arranque Delco Remy 10479339 50MT serán realizados por los técnicos operadores de la planta, por lo tanto, no será contratado personal externo para realizar estas labores, representando esto beneficios económicos para la compañía e inmediatez en los imprevistos que se presenten durante la operación.



## 2. MARCO REFERENCIAL

### 2.1. Antecedentes

Dentro de la publicación de la Universidad Salesiana, donde sus investigadores expresan que se deben realizar simulaciones, las cuales son importantes dentro de la formación, por ello al *“simular y automatizar los sistemas de arranque para que ayude de forma didáctica al estudio de esta temática”* (Peña & Merchán, 2018). Por ende, se puede tomar decisiones antes de poner en práctica los cambios que se van a desarrollar.

Por otro lado, la publicación de la Universidad Distrital Francisco de Caldas, donde sus investigadores, comentan que *“a través del tiempo se han adicionado sistemas electrónicos a casi todo lo que conocemos y es de esperarse que un centro de control de motores también contenga esta parte electrónica en estos días”* (Hincapié & Garavito, 2019). Como una innovación a los sistemas que se han actualizado, el utilizar ideas que puedan ayudar a los procesos disminuyendo los tiempos empleados en las actividades actuales.

Basados en la publicación de la Universidad Politécnica de San Luis Potosí, donde sus investigadores, expresan que *“la necesidad de adaptar productos actuales y desarrollar nuevas tecnologías para mejorar el desempeño del equipo en cualquier clima, condición de trabajo, altitud, operaciones difíciles, entre otras; representa un elemento clave para mantener e incrementar un liderazgo global”* (Palos & Neri, 2021). Hoy en día tenemos que tener en cuenta que la industrialización hay hecho que las empresas busquen la forma de ser más competitiva.

Sin embargo, la publicación de la Universidad ESPE donde su investigador comenta que *“la tecnología de punta que utilizan para su embotellamiento, se presenta la iniciativa de la implementación de un banco de pruebas para motores trifásicos y sensores en el taller de mantenimiento, servirá como elemento de prueba y comprobación”* (Zamora, 2022). Esto ayuda a la disminución de tiempos en los procesos de arranque a los equipos.

Según la publicación de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo donde su investigador, expresa que *“se debe tener en cuenta que los generadores eléctricos deben tener su plan de mantenimiento y por ende su actualización y es necesario, incluyendo la modernización del equipo, con piezas o componentes que puedan a largar su vida”* (Rivera, 2022). Cuando se determinan las condiciones operativas del equipo y se actúa sobre el cuando su necesidad dentro del proceso es importante, se hace necesario utilizar diversas técnicas y herramientas para mantenerlo dentro del proceso, por ello es necesario innovar y sacar el mayor provecho del mismo.

Por otro lado, la publicación de la Universidad Autónoma de Occidente donde su investigador manifiesta que *“el desarrollo de un banco de soporte mediante diseños innovadores manteniendo la calidad y durabilidad, hará posible el armado y desarmado de motores chicos, medianos y grandes, de diferentes marcas”* (Orozco, 2022). En este se podran desarrollar pruebas de todo tipo antes de darlo disponible para su opertividad.

## 2.2. Marco Teórico

En este apartado se colocaran investigaciones y antecedentes de mucha importancia para dicha investigación haciendo participe de la misma, *“es la parte fundamental de toda investigación. En ella se identifica las fuentes primarias y secundarias sobre las cuales se sustenta la investigación y el diseño del estudio”* (Bautista, 2009).

### 2.2.1. Mantenimiento

Si bien es cierto el Mantenimiento *“es el sustantivo correspondiente al verbo mantener. La función concreta de mantenimiento es sostener la funcionalidad y el cuerpo de un objeto o aparato productivo para que cumpla su función de producir bienes o servicios”* (Mora, 2009). Él es el pilar de todas las empresas apoyándola en poder alcanzar sus objetivos, con las diferentes estrategias que se implementan fortaleciendo sus planes cada vez en busca de la optimización continua.

### 2.2.2. Tipos de Mantenimiento

Entre los tipos de Mantenimiento que se han derivado de una ramificación principal del mantener, este se ha adaptado a las necesidades de la industria demostrando su gran importancia. Entre ellos tenemos el correctivo, preventivo, predictivo y el Cero Horas (Overhaul). Como bases iniciales a las diferentes exigencias que las empresas requieren al proponerse cuidar sus activos.

### 2.2.3. Mantenimiento Correctivo

Con respecto a este tipo de mantenimiento Correctivo se basa en el *“conjunto de tareas destinadas a corregir los defectos que se van presentando en los distintos equipos y que son comunicados al departamento de mantenimiento por los usuarios de los mismos”* (renovetec.com, 2022). Cuando hablamos de él, nos apoyamos del grupo de planeación donde nos organizan todo lo necesario para poder atender las necesidades que el equipo requiere.

### 2.2.4. Mantenimiento Preventivo

Podemos afirmar que *“es el mantenimiento que tiene por misión mantener un nivel de servicio determinado en los equipos, programando las intervenciones de sus puntos vulnerables en el momento más oportuno”* (renovetec.com, 2022). Estas intervenciones hacen que el funcionamiento de él, sea adecuado para cumplir con las necesidades momentáneas de la organización antes de caer Down y ser atendido a profundidad.

### 2.2.5. Mantenimiento Predictivo

Cabe resaltar que el Mantenimiento Predictivo *“es el que persigue conocer e informar permanentemente del estado y operatividad de las instalaciones mediante el conocimiento de los valores de determinadas variables, representativas de tal estado y operatividad”*

(renovetec.com, 2022). Él se enfoca en estar atento a ciertos puntos o anomalías que pueden provocar una parada del equipo, la cual puede afectar la productividad de la misma.

### 2.2.6. Mantenimiento Cero Horas (Overhaul)

Dentro del enfoque del mantenimiento cero horas, este apunta al *“conjunto de tareas cuyo objetivo es revisar los equipos a intervalos programados bien antes de que aparezca ningún fallo, bien cuando la fiabilidad del equipo ha disminuido apreciablemente de manera que resulta arriesgado hacer previsiones sobre su capacidad productiva”* (renovetec.com, 2022). Con él más las recomendaciones del fabricante como parámetros originales se puede realizar ese tipo de seguimiento y antes de que este pueda presentar el fallo anticiparse así las horas de detección sean menores.

**Ilustración 1 Evolución histórica de la Producción y la Ingeniería de Fabricas**

Etapa	Sucede aproximadamente	Producción - Manufactura		Mantenimiento e ingeniería de fábricas	
		Orientación hacia...	Necesidad específica	Orientación hacia...	Objetivo que pretende
I	antes de 1950	el producto	generar el producto	hacer acciones correctivas	reparar fallos imprevistos
II	entre 1950 y 1959	la producción	estructurar un sistema productivo	aplicar acciones planeadas	prevenir, predecir y reparar fallos
III	entre 1960 y 1980	la productividad	optimizar la producción	establecer tácticas de mantenimiento	gestar y operar bajo un sistema organizado
IV	entre 1981 y 1995	la competitividad	mejorar índices mundiales	implementar una estrategia	medir costos, CMD, compararse, predecir índices, etc.
V	entre 1996 y 2003	la innovación tecnológica			
VI	desde 2004	Gestión y operación integral de activos en forma coordinada entre ambas dependencias anticiparse a las necesidades de los equipos y de los clientes de mantenimientos - Predicciones - Pronósticos - Gestión de activos			

**Fuente 1 (Mora, 2009)**

### 2.2.7. Motor Generador Cummins

Este tipo de motor *“son sistemas de generación de energía completamente integrados que ofrecen un rendimiento, fiabilidad y versatilidad óptimos para aplicaciones estacionarias*

*y de energía primaria*” (cummins.com, 2023). Como equipos de gran tamaño satisfacen las necesidades que exige la industria, al tener una estructura abierta se puede observar y tratar inspecciones y reparaciones de forma inmediata; dando al usuario una estabilidad y gracias a su adaptabilidad en espacios grandes, su objetivo se precisa en suministrar energía durante un lapso amplio.

**Ilustración 2 Motor Generador Cummins**



Fuente 2 (delcoremy.com, 2023)

### 2.2.8. Motor de Arranque

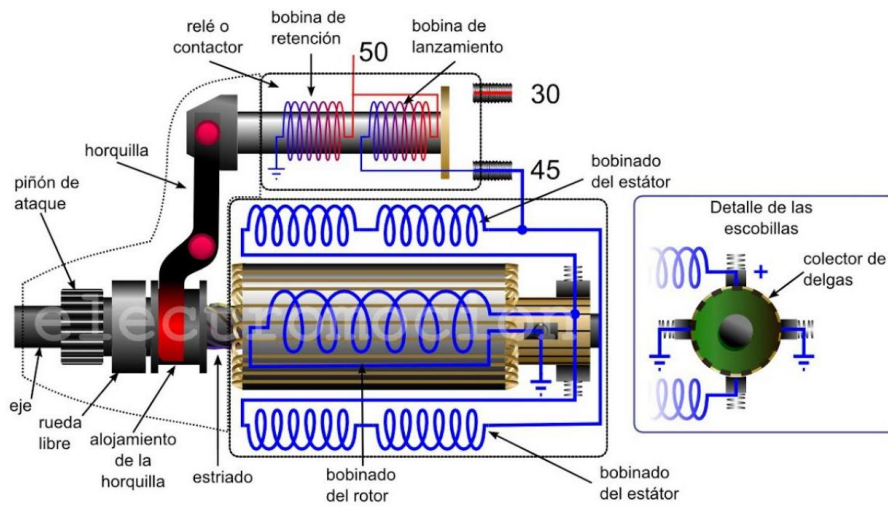
El motor de arranque es una parte fundamental del sistema de encendido de un motor, ya que es el encargado de proporcionar la energía necesaria para poner en marcha el motor. En algunos casos, como en el motor generador Cummins, puede ser necesario añadir un motor de arranque adicional para mejorar el rendimiento del encendido. En este sentido, se puede diseñar un procedimiento de instalación, implementación y operación del motor de arranque Delco Remy adicional para mejorar el rendimiento del encendido del motor generador Cummins. Este es un trabajo de la *“fundamentación del ejercicio profesional de la ingeniería mecánica se basa en el diseño, la proyección, el funcionamiento, la conservación y la reparación (estas dos últimas tareas son propias de mantenimiento)”* (Mora, 2009).

**Ilustración 3 Motor de Arranque**



**Fuente 3 (delcoremy.com, 2023)**

**Ilustración 4 Partes del Motor de Arranque**



**Fuente 4 (delcoremy.com, 2023)**

### Ilustración 5 Características del motor de arranque delco Remy 50mt

Tamaño de la maquina	hasta 29.5L
Voltaje del sistema	12, 24, 32 o 64 voltios
Rotación	En el sentido de las agujas del reloj en el sentido contrario a las agujas del reloj
Montaje	SAE n.º 3
Piñón	11 dientes, paso 6-8 12 dientes, paso 8-10 12 dientes, MOD 3 (métrico)
Salida máxima	12 voltios 8,5 kW 24 voltios 9,0 kW 32 voltios 13,0 kW 64 voltios 12,0 kW
Resistencia interna de la batería	12 voltios 2 mOhm 24 voltios 8 mOhm 32 voltios 11 mOhm 64 voltios 40 mOhm
Peso	79,0 libras / 35,8 kg
Diámetro del marco	5,59 pulgadas / 142 mm
Longitud total	20,40 pulgadas / 518,2 mm
Tipo de motor	Accionamiento recto de campo de herida
Soporte de piñón	Nariz
Diseño de unidad	Amortiguador de goma de enganche positivo de carcasa de transmisión giratoria
Características opcionales	Protección de arranque rápido (cumple con SAE J1493)
Garantía *(Solo EE. UU./Canadá)	1 año / millas ilimitadas

Fuente 5 (delcoremy.com, 2023)

### Ilustración 6 Características motor de arranque Boss

Potencia nominal [kW]:	18
Tensión [V]:	24
Número de dientes:	12
Sentido de giro:	Sentido de giro a la derecha (horario)
Cantidad de agujeros de fijación	0
Ø brida [mm]:	90
Pinza:	30, 50, 31
Posición básica piñón [mm]:	40
Modelo motor arranque:	autoexpelente
Longitud [mm]:	520
Estado:	Nuevo

Fuente 6 (repuestoscoches24.es, 2023)

Resistencia Batería = 4,6 mOhm (Valor promedio para baterías 4x12V 1150CCA en serie-paralelo compartido entre 2 motores de arranque).

Resistencia Lado positivo:

$([R8] + [2 R \text{ conexiones}])([R7] + [2 \text{ conexiones}] \times 2$

lins inc.

$([R2] + [2 R \text{ conexiones}]) + ([R3] + [2 R \text{ conexiones}])$

Resistencia Lado negativo:

$([R9] + [2 R \text{ conexiones}]) \times ([R2] + [10R \text{ conexiones}] \times 2 + [\text{Aislador}] \times 2 +$

$([R9] + [2 R \text{ conexiones}]) + ([R10] + [2 R \text{ conexiones}])$

$([R8] + ([2 R \text{ conexiones}]) \times ([2 R \text{ conexiones}]) \times 2 + [R6] + [2 R \text{ conexiones}]$

$([2 R \text{ conexiones}]) + ([2 R \text{ conexiones}])$

\*Resistencia multiplicada por 2 ya que el cable se comparte para la corriente de suministro entre los 2 motores de arranque

Total  $R_{g+w}$  (A-Bank) = Resistencia Batería + Resistencia Lado Positivo + Resistencia Negativo

Lado

**Límites objetivo del rango total de  $R_{e+w}$ : 5,9-8,0 mOhms**

### 2.3. Marco Conceptual

En este apartado se colocaran conceptos que podrían ser útiles dentro de la investigación.

“Carga: es la acción directa de una fuerza concentrada o distribuida actuando sobre el elemento estructural y la cual produce estados tensionales sobre la estructura” (Orozco, 2022).

“Corriente Alterna: La corriente alterna (CA) es un tipo de corriente eléctrica, en la que la dirección del flujo de electrones va y viene a intervalos regulares o en ciclos” (Zamora, 2022).

“Corriente Continua: La corriente continua (CC) es la corriente eléctrica que fluye de forma constante en una dirección, como la que fluye en una linterna o en cualquier otro aparato con baterías es corriente continua” (Hincapié & Garavito, 2019).



“Compresores: Un compresor es una máquina, cuyo trabajo consiste en incrementar la presión de un fluido. Al contrario que otro tipo de máquinas, el compresor eleva la presión de fluidos compresibles como el aire y todo tipo de gases” (Zamora, 2022).

“Conductores: Un conductor es un material que, en mayor o menor medida, conduce el calor y la electricidad” (Hincapié & Garavito, 2019).

“Generador: Un generador es una máquina eléctrica rotativa que transforma energía mecánica en energía eléctrica” (Mora, 2009).

“Monofásicas: La tensión monofásica es la corriente que viaja por un solo conductor en un sistema de una única fase” (Palos & Neri, 2021).

“Overhaul: se refiere a un tratamiento en profundidad de cada pieza del motor, con la finalidad de afinarla y dejarla en óptimas condiciones. Además de ser un proceso regenerativo que abarca tanto los componentes del motor como otras partes importantes” (Orozco, 2022).

“Sensores: Un sensor es un dispositivo electrónico que detecta y responde a algún tipo de entrada del entorno físico y convierte estas señales de salida en una pantalla legible para humanos” (Mora, 2009).

“Trifásicos: Se trata de una corriente alterna de tres fases distintas, que divide la potencia suministrada en tres” (Zamora, 2022).

### **3. MARCO METODOLÓGICO**

Mientras tanto, el concepto de metodología es denominado como el conjunto de las técnicas y su relación de orden sistemático aplicado al estudio en mención con el fin de solucionar el problema planeado (Sapag & Sapag, 2008).

Sin embargo, para poder dar respuesta a las preguntas problemas es necesario el apoyo de información importante plasmada en los antecedentes, del marco teórico, conceptual y geográfico, la cual le dará a la investigación la confiabilidad que requiere.

#### **3.1. Tipo y Enfoques de Investigación**

Además, para el Tipo de Investigación se debe revisar aspectos que sean necesarios para darle respuesta a la pregunta principal serán por medio de los métodos descriptivos – predictiva, donde estos se usaran para probar la hipótesis.

#### **3.2. Recolección y Análisis de Datos**

Dentro de las Técnicas de recolección de datos, para poder dar con el cumplimiento de cada uno de los objetivos está sujeto a las técnicas y astucia que tiene el investigador, siendo que para el cumplimiento del primer objetivo se enfocara en la documentación de un procedimiento estandarizado para la adaptación e instalación de un segundo motor de arranque.

Sin embargo, para las Técnicas de procesamientos de datos, se debe buscar como poder procesar de una manera ágil y rápida se utilizaran herramientas tecnológicas para el desarrollo, construcción y análisis profundo de la información.

### 3.3. Diseño de la Investigación.

A este respecto, al conocer los puntos de vista de diferentes investigaciones se convierten en un conocimiento nuevo capaz de alimentar el léxico tanto del investigador como del lector, con su visión podrá establecer estrategias de solución al problema presentado. Por tanto, la razonabilidad lógica del investigador deberá ser manejado de forma eficiente gracias a los métodos y técnicas que se emplearan (Bautista, 2009).

### 3.3. Método de Investigación.

Si bien es cierto, el método de investigación es una de las piezas más importantes, ella le da al investigador que técnica utilizara para dar solución al problema principal, sin embargo hay métodos como son:

*“Método de análisis-síntesis, se refieren a dos procesos mentales o actividades que son complementarias entre sí, nos sirven para el estudio de problemas o realidades complejas”* (Bernal, 2018).

*“Método de inductivo-deductivo, parte de un conocimiento verdadero garantizando que la conclusión sea verdadera, gracias a su fundamento”* (Baena, 2014).

*“Método objetivo-subjetivo, es un procedimiento de investigación que se basa en lo real o palpable para lo objetivo y en lo supuesto e intangible para lo subjetivo”* (Quezada, 2010).

Cabe resaltar que el método utilizado sería de inducción-deducción el cual dará un enfoque hacia la experimentación.

### 3.4. Diseño Metodológico.

Para ello se hacen necesario, resaltar dentro de esta investigación la tendencia que se tendrá hacia una metodológica de campo no experimental y transversal, la primera *“define variables a ser observadas, su relación entre elementos, ellas podrán ser analizadas los datos obtenidos”* (Lara, 2019). La segunda *“se define como el diseño de una investigación observacional, individual, que mide una o más características (variables), en un momento dado”* (Pacheco, 2017). La combinación de ellas buscaran las respuestas a las preguntas planteadas.

### 3.5. Población.

En cuanto a la población será unitaria siendo está desarrollada en una empresa de la ciudad de Barranquilla.

### 3.6. Muestra y Muestreo.

Para efectos de la investigación la población será igual a la muestra, por ende se desarrollara en la empresa de la ciudad de Barranquilla.

### 3.5. Fuentes de la Información.

Indicó asimismo que dichas fuentes son los medios en los cuales se puede apoyar con información actualizada referente al tema en investigación, esta satisface las necesidades en base del conocimiento para lograr los objetivos (Heizer & Render, 2009).

De igual manera para dar firmeza y estabilidad investigativa se utilizaran dos fuentes una primaria y otra secundaria, dentro de ellas se utilizaran otro tipo de investigaciones, libros y apoyo de páginas web.

### 3.6. Fases y Actividades Metodológicas

#### 3.6.1. Fase 1

Desarrollar un procedimiento estandarizado para la adaptación e instalación del segundo motor de arranque Delco Remy 10479339 50MT en una planta generadora de energía a gas Cummins: Al aumentar la capacidad de arranque se logra al agregar una fuente de energía adicional para complementar la capacidad de arranque existente.

#### 3.6.2. Fase 2

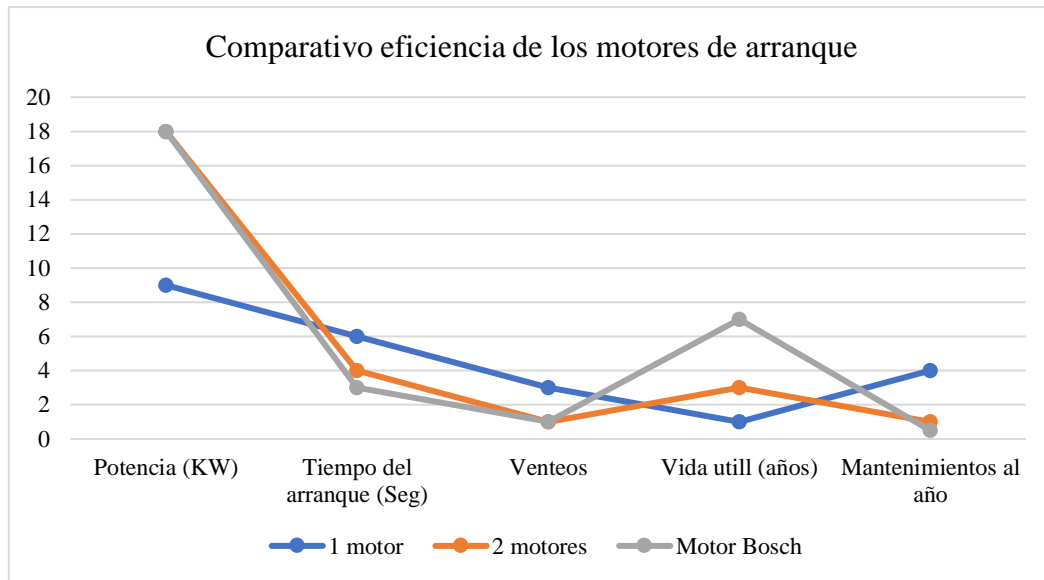
Determinar la adaptabilidad de un segundo motor de arranque Delco Remy 10479339 50MT en una planta generadora de energía a gas Cummins: Al mejorar la confiabilidad del sistema con un segundo motor de arranque, la potencia que se necesita para mover el motor generador será repartida en dos motores de arranques, esto mejorará el rendimiento de cada motor y alargará su vida útil.

#### 3.6.3. Fase 3

Evaluar el rendimiento en la ignición de una planta generadora de energía a gas Cummins con dos motores de arranque Delco Remy 10479339 50MT: Reducir el tiempo de inactividad, si la planta de generación experimenta un tiempo de inactividad debido a un problema con el motor de arranque existente, el segundo motor de arranque puede ayudar a reducir el tiempo de inactividad al proporcionar una fuente de energía adicional para arrancar la planta.

En resumen, la instalación de un segundo motor de arranque a una planta de generación puede mejorar la capacidad de arranque, la confiabilidad del sistema, reducir el tiempo de inactividad y aumentar la flexibilidad de operación.

**Ilustración 7 Grafico de tabla comparativa de eficiencia de los motores**



**Fuente 7 Elaboración Propia con datos suministrados por la empresa**

**Ilustración 8 Tabla comparativa de eficiencia de los motores**

<b>COMPARATIVO EFICIENCIA DE LOS MOTORES DE ARRANQUE</b>					
Datos	Potencia (KW)	Tiempo del arranque (Seg)	Venteos	Vida útil (años)	Mantenimientos al año
1 motor	9	6	3	1	4
2 motores	18	4	1	3	1
Motor Bosch	18	3	1	7	0,5

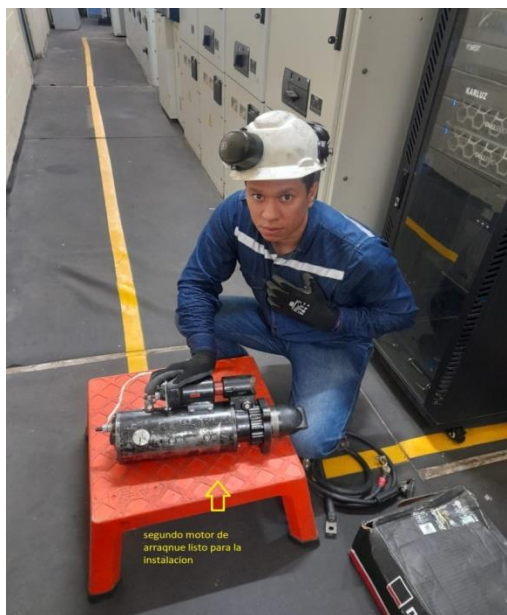
**Fuente 8 Elaboración Propia con datos suministrados por la empresa**

## 4. REVISIÓN DE RESULTADOS

4.1. Desarrollar un procedimiento estandarizado para la adaptación e instalación del segundo motor de arranque Delco Remy 10479339 50MT en una planta generadora de energía a gas Cummins.

Las fallas imprevistas “*se convierten en el mayor problema, pues impiden el desarrollo normal de su actividad. El objetivo principal es solucionar las paradas repentinas de los equipos. Por esto el mantenimiento empieza a desarrollar acciones de prevención o predicción de fallas*” (Mora, 2009).

**Ilustración 9** Presentación del segundo motor



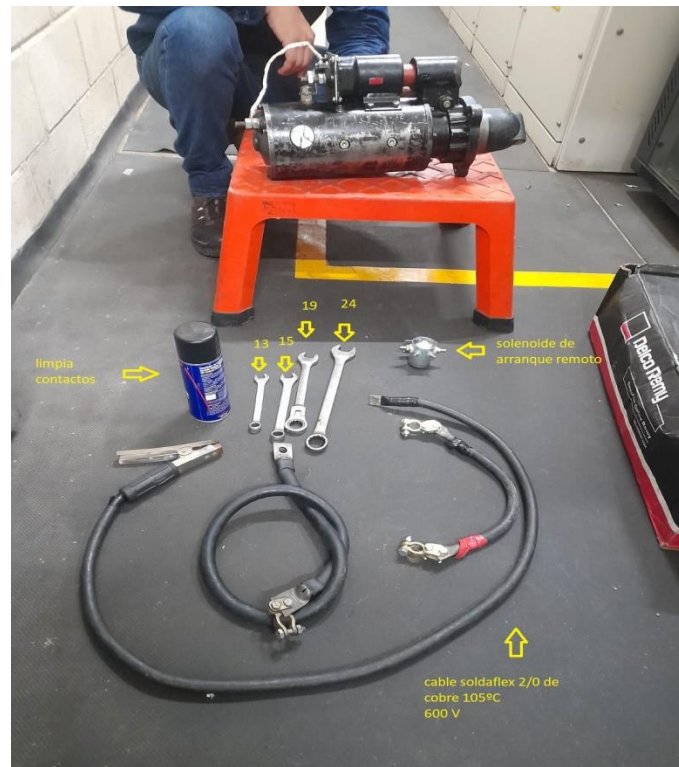
**Fuente 9** Elaboración Propia con datos suministrados por la empresa

Este procedimiento es utilizado por el Técnico de Mantenimiento y el Técnico Ayudante de Mantenimiento en primera instancia o por el Técnico de Operación y el Técnico Ayudante de Operación como segunda opción para efectuar la labor del Objetivo de forma segura y eficaz. Deberá contemplar los siguientes pasos:

1. Seleccionar el motor de arranque adecuado: Es importante seleccionar un motor de arranque que sea compatible con el motor generador Cummins. Se debe tener en cuenta factores como la potencia, la capacidad de arranque, el voltaje y la corriente de arranque.
2. Instalar el motor de arranque: El motor de arranque adicional se instalará en el motor generador Cummins. Se deben seguir las instrucciones del fabricante para la instalación adecuada del motor de arranque.
3. Conectar el motor de arranque: Se deben conectar los cables del motor de arranque a la batería y al sistema de encendido del motor generador Cummins. Es importante seguir las instrucciones del fabricante para la conexión adecuada del motor de arranque.
4. Realizar pruebas de funcionamiento: Una vez que se ha instalado y conectado el motor de arranque, se deben realizar pruebas de funcionamiento para asegurarse de que el motor de arranque está funcionando correctamente y mejorando el rendimiento del encendido del motor generador Cummins.



## Ilustración 10 Herramientas Utilizadas en la Instalación



Fuente 10 Elaboración Propia con datos suministrados por la empresa

Una vez instalado el motor de arranque adicional, se debe diseñar un procedimiento de implementación y operación que tenga en cuenta los siguientes aspectos:

1. **Mantenimiento regular:** Es importante realizar un mantenimiento regular del motor de arranque adicional para asegurarse de que está funcionando correctamente y evitar problemas de arranque en el futuro.
2. **Control del sistema de encendido:** Se debe controlar el sistema de encendido del motor generador Cummins para asegurarse de que el motor de arranque adicional está mejorando el rendimiento del encendido.
3. **Monitoreo de los indicadores:** Se deben monitorear los indicadores de rendimiento del motor de arranque adicional, como la potencia de arranque y la corriente de arranque, para asegurarse de que están dentro de los parámetros adecuados.

4. Capacitación del personal: Es importante capacitar al personal encargado del mantenimiento y la operación del motor generador Cummins en el uso y mantenimiento del motor de arranque adicional para maximizar su eficacia y minimizar los riesgos de fallas.

En resumen, el diseño de un procedimiento de instalación, implementación y operación del motor de arranque Delco Remy adicional para mejorar el rendimiento del encendido del motor generador Cummins debe contemplar los aspectos mencionados anteriormente, incluyendo la selección adecuada del motor de arranque, la instalación y conexión correcta. Además, *“se inicia la utilización de técnicas y tecnologías propias de la prevención y predicción, tales como rutinas de inspecciones, planes preventivos, mediciones técnicas, valoración de condición de estado de los equipos”* (Mora, 2009).

#### Procedimiento Estándar

Paso 1 - Desconexión del banco de baterías: Con las dos llaves mixtas de 13 mm o las dos llaves mixtas de ½” desconectar primero el borne positivo del banco de baterías, luego el negativo y los puentes. Al quedar la alimentación abierta, ubicar los cables de forma segura.

**Ilustración 11 Desconexión del banco de baterías**



**Fuente 11** Elaboración propia con información de la empresa

Paso 2 - Desconexión del cableado del motor de arranque: Con la llave mixta de 19 mm o llave mixta de ¾” desconectar el cableado de alimentación. Dos cables por polo. Podría haber un quinto cable de puesta a tierra. Ubicar los cables de forma segura.

**Ilustración 12 Desconexión del cableado del motor de arranque**



**Fuente 12** Elaboración propia con información de la empresa

Paso 3 - Desmontaje y traslado del motor de arranque: Verificar que hayan transcurrido al menos dos horas desde el apagado del motor de arranque. Instalar la eslinga acoplada al diferencial y retirar los tornillos con el ratchet, la extensión y el cuadrante de 19 mm o ¾". Inspeccionar que los espárragos de soporte hayan quedado con las roscas sin deformaciones. Luego transportarlo con la carretilla de carga a la mesa de desarme.

**Ilustración 13 Desmontaje y traslado del motor de arranque**



**Fuente 13 Elaboración propia con información de la empresa**

Paso 4 - Inspección, limpieza y cambio de partes necesarias o del componente si aplica: Limpiar con un trapo ligeramente humedecido con Varsol, luego inspeccionar el estado del buje del bocín (si el buje está desgastado, hay desalineamiento por tornillería desajustada) y el bocín, inspeccionar los dientes del piñón del bendix, quitar las tres tapas de inspección para visualizar el estado de desgaste de las escobillas y si se encuentra algún elemento extraño dentro del motor, limpiar los contactos, inspeccionar el estado del poste positivo y del negativo (que no estén con deformaciones los hilos de las roscas y que la tuerca gire libremente). Cambiar las partes no conformes o el motor si es necesario.

**Ilustración 14 Inspección, limpieza y cambio de partes necesarias**



**Fuente 14 Elaboración propia con información de la empresa**

Paso 5 - Armar o cambiar el motor de arranque y traslado al equipo: Utilizar la carretilla de carga y hacer los movimientos seguros.

**Ilustración 15 Armar o cambiar el motor de arranque y traslado al equipo**

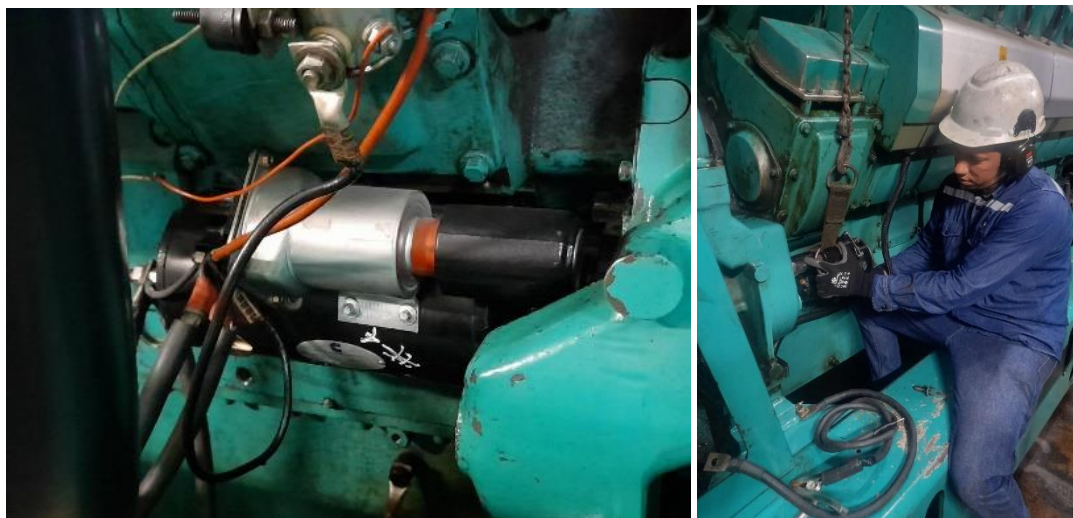


**Fuente 15 Elaboración propia con información de la empresa**

Paso 6 - Instalación del motor de arranque: Utilizar la eslinga acoplada con el diferencial y colocar los tornillos con el ratchet, la extensión y el cuadrante de 19 mm o  $\frac{3}{4}$ ". Los tornillos deben quedar sólidamente apretados para evitar daños en el motor de arranque y en la volanta.



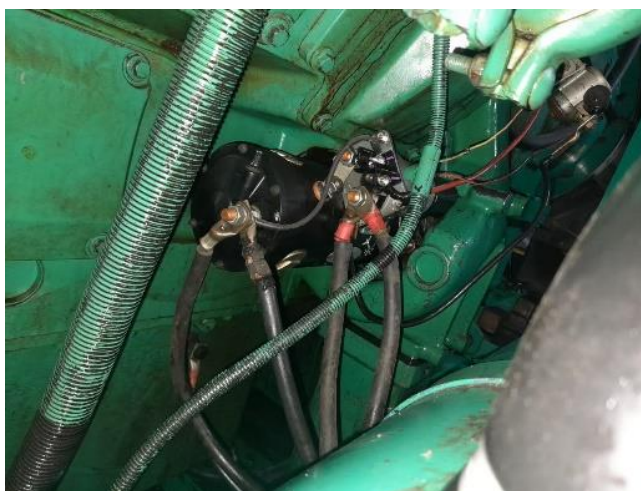
#### **Ilustración 16 Instalación del motor de arranque**



**Fuente 16** Elaboración propia con información de la empresa

Paso 7 - Conexión del cableado del motor: Con la llave mixta de 19 mm o llave mixta de  $\frac{3}{4}$ " conectar el cableado de alimentación. Dos cables por polo. Podría haber un quinto cable de puesta a tierra. Los tornillos deben quedar sólidamente apretados para iniciar el movimiento del grupo electrógeno de forma segura y eficiente.

#### **Ilustración 17 Conexión del cableado del motor**



**Fuente 17** Elaboración propia con información de la empresa

Paso 8 - Conexión al banco de baterías y prueba: Con las dos llaves mixtas de 13 mm o las dos llaves mixtas de ½” conectar primero el borne negativo del banco de baterías, luego el positivo y los puentes. Arrancar de forma remota o local y acompañar el inicio de operación para garantizar el correcto funcionamiento.

**Ilustración 18 Conexión al banco de baterías y prueba**



**Fuente 18 Elaboración propia con información de la empresa**

## Manual de Funciones

Los roles involucrados y las funciones específicas de estos en la instalación de un segundo motor de arranque Delco Remy para el mejoramiento del rendimiento de una planta Cummins son:

1. Ingeniero de proyecto:
  - Coordinar y supervisar el proceso de cambio del motor de arranque.
  - Realizar el plan y la programación del proyecto.
  - Identificar y gestionar los recursos necesarios para la instalación.
  - Garantizar el cumplimiento de los requisitos técnicos y de seguridad.
  - Realizar un seguimiento y control del avance del proyecto.

2. Ingeniero de diseño:

- Diseñar y planificar la instalación del nuevo motor de arranque.
- Realizar cálculos y análisis para determinar las especificaciones técnicas del motor.
- Elaborar los diagramas y esquemas necesarios para la instalación.
- Coordinar con otros equipos para garantizar la compatibilidad y el correcto funcionamiento del motor con la planta generadora.
- Evaluar y seleccionar el motor de arranque adecuado para las necesidades de la planta.

3. Técnicos de campo:

- Desmontar el motor de arranque existente de la planta generadora.
- Realizar la instalación física del nuevo motor de arranque.
- Conectar los cables y realizar las conexiones eléctricas necesarias.
- Asegurar la correcta alineación y fijación del motor de arranque.
- Realizar pruebas y ajustes para verificar el funcionamiento adecuado del motor de arranque.

4. Electricistas:

- Realizar las conexiones eléctricas del nuevo motor de arranque.
- Garantizar el cumplimiento de los estándares de seguridad eléctrica.
- Verificar la correcta conexión de los cables de alimentación y control.
- Realizar pruebas de continuidad eléctrica y aislamiento.
- Colaborar con otros técnicos para asegurar una instalación eléctrica segura y eficiente.

5. Operadores de la planta:

- Proporcionar información sobre la planta generadora y sus requisitos operativos.
- Colaborar con el equipo de instalación para garantizar el cumplimiento de las especificaciones de la planta.
- Asistir en la planificación de las actividades de mantenimiento y operación durante el cambio del motor de arranque.
- Realizar pruebas y verificaciones operativas del nuevo motor de arranque.



- Proporcionar retroalimentación y reportar cualquier problema o irregularidad durante la instalación.

#### 6. Analista SST (Seguridad y Salud en el Trabajo)

- Identificar y evaluar los riesgos asociados con el cambio del motor de arranque.
- Elaborar procedimientos de trabajo seguro para el cambio del motor de arranque.
- Capacitar y entrenar a los trabajadores involucrados en el cambio del motor de arranque.
- Realizar inspecciones de seguridad para verificar el cumplimiento de los procedimientos y las medidas de seguridad.
- Realizar análisis de incidentes.
- Colaborar con los otros roles involucrados para asegurarse de que se integren las medidas de seguridad en el proceso de cambio del motor de arranque.
- Participar activamente en las reuniones de seguridad y proporcionar asesoramiento técnico en aspectos relacionados con la SST.

4.2. Determinar la adaptabilidad de un segundo motor de arranque Delco Remy 10479339 50MT en una planta generadora de energía a gas Cummins.

Cabe resaltar que al mejorar la confiabilidad del sistema con un segundo motor de arranque, la potencia que se necesita para mover el motor generador será repartida en dos motores de arranques, esto mejorará el rendimiento de cada motor y alargará su vida útil. Teniendo en cuenta que *“para cada equipo fundamental de proceso se definen las acciones de mantenimiento más adecuadas y prioritarias. Se preparan rutas para recolectar datos. Se fundamenta el sistema de gestión para recibir estas informaciones y generar las OT apropiadas al proceso productivo”* (Mora, 2009).

**Ilustración 19 Conexiones Eléctricas del Motor**



**Fuente 19** Elaboración Propia con datos suministrados por la empresa

**Tabla 1 Historial de mantenimiento al equipo**

<b>FECHA DEL MTTO</b>	<b>FECHA FIN REPARACIÓN</b>	<b>Tiempo Down</b>	<b>COMENTARIOS</b>
14/03/2022	15/03/2022	1	Desarmado
3/03/2022	5/03/2022	2	El motor de arranque del equipo 4 y el de stock fallaron, ambos Delco Remy y afectados por el solenoide del equipo 4.
25/02/2022	27/02/2022	2	Desarmado
20/01/2022	21/01/2022	1	El motor de arranque del equipo 4 y el de stock fallaron, ambos Delco Remy y afectados por el solenoide del equipo 4
5/01/2022	8/01/2022	3	Se bajó el motor 3 por botar humo, Se le instaló el del equipo 4
15/07/2021	17/07/2021	2	Motor de arranque 2 Delco Remy instalado en equipo 3 el por falla del Bosch (escobillas desgastadas)
27/06/2021	28/06/2021	1	Almacenado en el cuarto bodega
5/04/2022	7/04/2022	2	Desmontado por Guillermo Ucrós y Jorge Sarmiento el 5/04/2022. Falta un perno de montaje, lo anterior creo vibración y rompió el piñón del béndix
13/04/2022	15/04/2022	2	Se hace limpieza y ajustes con el componente montado
24/04/2022	26/04/2022	2	Se hace limpieza y ajustes con el componente montado
3/05/2022	5/05/2022	2	Se bajó el motor 3 por botar humo, Se le instaló el del equipo 4. El motor retirado presentó colector golpeado. Una escobilla se encontró con marcas de impacto y las demás con desgaste exagerado
17/05/2022	20/05/2022	3	Habilitación del componente con portaescobillas y escobillas que trajo Victor de Ponam. Se deja operativo en el equipo 4
10/07/2022	13/07/2022	3	Se cambian bujes y bocín por desgastes
7/08/2022	9/08/2022	2	Se bajó motor Delco Remy porque no dio arranque. Se identificó el béndix suelto (con movimiento a lo largo del eje). Se instaló el Bosch de stock
9/08/2022	11/08/2022	2	Se revisó motor bajado y presenta inducido en corto.
28/08/2022	30/08/2022	2	El motor de arranque del equipo 4 y el de stock fallaron, ambos Delco Remy y afectados por el solenoide del equipo 4
7/10/2022	9/10/2022	2	Mtto 3 meses
10/10/2022	11/10/2022	1	Se adecuó el de stock: Instalación de piñón de 12 dientes y adecuación de la carcasa con pulidora

22/10/2022	23/10/2022	1	Mtto 6 meses.
11/11/2022	12/11/2022	1	Mtto 3 meses
23/11/2022	24/11/2022	1	Cambio de motor de arranque. Se instaló el de stock. Rotor quemado porque el solenoide externo de 24V se quedó pegado. Se compró rotor
23/12/2022	24/12/2022	1	Revisar estado de los bujes, en lo posible revisarlo en febrero 2023
28/01/2023	29/01/2023	1	Mtto 6 meses
8/01/2023	9/01/2023	1	Mtto 3 meses, pero se hizo tipo 6 meses para ver estado de de los bujes, los cuales salieron conformes
5/03/2023	7/03/2023	2	Se apretaron conexiones y se limpió montado porque el motor Bosch recibió cambio de (algunas) escobillas antes de su instalación el 07/08/2022. En el siguiente mantenimiento de tres meses se decidirá si amerita bajarlo porque es más robusto que el Delco Remy
7/03/2023	9/03/2023	2	Se bajó motor instalado el 23/11/2022 por bloqueo mecánico. Se instaló el de stock.
7/03/2023	8/03/2023	1	Le faltaban dos baquetas, buje del béndix adherido y partido, bocín deformado en su centro por desalineamiento, dos portaescobillas con alambres desgastados. Se instaló el bocín de stock, hay que pedir uno nuevo. Se solicitó construcción de tres piñones (de 12 dientes) para béndix.
14/04/2023	15/04/2023	1	Se instaló el motor de arranque se stock. Se encontraron cuatro escobillas con degaste. Se cambiaron las tres más desgastadas por las que había de stock. Se solicitó a Víctor Torres adquirir unas escobillas nuevas.

**Fuente 20 Elaboración Propia con datos suministrados por la empresa**

Teniendo en cuenta lo anterior vemos que las características del motor de arranque serán estudiadas bajo un análisis de confiabilidad, además de esto se debe tener en cuenta la criticidad del equipo y los mantenimientos efectuados a la fecha. *Sin embargo, “los altos índices de consumo que se viven por estos días exigen consecuentemente niveles igual de altos de producción. Para lograr este fin, es indispensable que la maquinaria o equipos no se detengan bajo ninguna circunstancia”* (Rodríguez, 2019).

**Tabla 2 Datos Motor 1**

<b>RC-09</b>				
<b>Velocidad (RPM)</b>	<b>Carga (A)</b>	<b>Presión 1 (V)</b>	<b>Presión 2 (V)</b>	<b>Presión 3 (V)</b>
2500	0,5	0,28017	0,22844	0,03314
2500	1,5	0,37133	0,05965	0,04964
3000	0,5	0,26284	0,25096	0,03605
3000	1,5	0,40343	0,05832	0,04634
3500	0,5	0,25215	0,26241	0,03706
3500	1,5	0,40461	0,06370	0,05413
4000	0,5	0,26374	0,28260	0,03548
4000	1,5	0,44133	0,05779	0,05584

Fuente 21 Elaboración Propia con datos suministrados por la empresa

**Tabla 3 Datos Motor 2**

<b>RC-11</b>				
<b>Velocidad (RPM)</b>	<b>Carga (A)</b>	<b>Presión 1 (V)</b>	<b>Presión 2 (V)</b>	<b>Presión 3 (V)</b>
2500	0,5	0,08192	0,03683	0,03756
2500	1,5	0,05278	0,05906	0,05806
3000	0,5	0,04189	0,03929	0,03827
3000	1,5	0,05962	0,06411	0,06267
3500	0,5	0,04472	0,04213	0,04068
3500	1,5	0,06100	0,06698	0,06884
4000	0,5	0,04804	0,04432	0,04268
4000	1,5	0,06565	0,07105	0,06838

Fuente 22 Elaboración Propia con datos suministrados por la empresa

**Tabla 4 Masa total**

No	Tiempo (s)	RPM	Masa Total (g)		
			Masa inicial	Masa final	Mi - Mf
1	70	2500	3884	3871	13
2	70	2500	3884	3875	9
3	70	2500	3875	3870	5
4	70	2500	3870	3854	16
5	70	3000	3854	3850	4
6	70	3000	3850	3845	5
7	70	3000	3845	3840	5
8	70	3000	3840	3831	9
9	70	3500	3831	3827	4
10	70	3500	3827	3820	7
11	70	3500	3820	3815	5
12	70	3500	3815	3806	9
13	70	4000	3806	3799	7
14	70	4000	3799	3794	5
15	70	4000	3794	3786	8
16	70	4000	3786	3776	10

Fuente 23 Elaboración Propia con datos suministrados por la empresa

Resaltando que el control de “*un sistema encargado de supervisar y asegurar las condiciones favorables de la temperatura de una forma eficiente dentro del proceso*” (Becerra & Amado, 2018). No sería necesario al apoyar en el rendimiento del equipo, ya que al tener instalado dos motores y temperatura disminuiría por la repartición de las potencias y fuerzas ejercidas en él.

**Tabla 5 Medición de las Temperaturas**

No	Total Volumen consumido		Medición de las Temperaturas				
	Densidad Gas	Volumen Consumido	T2: Compresión	T3: Combustión	T4: Escape	T5	T6
1	690	18,84	48	189	31	33	54
2	690	13,04	49	196	31	33	53
3	690	7,25	49	199	31	33	50
4	690	23,19	50	202	31	33	50
5	690	5,80	50	208	32	33	50
6	690	7,25	50	208	32	33	50
7	690	7,25	50	207	32	33	50
8	690	13,04	51	208	32	33	50
9	690	5,80	51	208	32	33	51
10	690	10,14	51	207	32	33	51
11	690	7,25	51	207	32	33	51
12	690	13,04	51	208	32	33	51
13	690	10,14	52	209	32	33	51
14	690	7,25	52	209	32	33	51
15	690	11,59	52	209	33	33	51
16	690	14,49	52	209	33	33	51

Fuente 24 Elaboración Propia con datos suministrados por la empresa

Por otra parte, *“los problemas generados por la pérdida de energía en procesos industriales o sistemas termodinámicos, que ha afectado el rendimiento en la transformación energética, es necesario proveer un conocimiento sobre la disposición de la energía en los distintos proceso”* (Yave & Esquén, 2017). Sin embargo, el rendimiento o su Eficiencia Térmica se mantuvieron por encima de un 80%, lo que es un resultado muy favorable dentro del proceso.

**Tabla 6** Calculo de la Eficiencia Térmica

No	Calculo de la Eficiencia Térmica						
	Calculo del Qin			Calculo del Qout		Eficiencia Térmica	Diferencia Qin - Qout
	Cv (aire) [kJ/(kg*K)]	Diferencia T3-T2	Qin	Diferencia T6-T5	Qout		
1	0,69	141	97,29	21	14,49	85,11%	82,80
2	0,69	147	101,43	20	13,80	86,39%	87,63
3	0,69	150	103,50	17	11,73	88,67%	91,77
4	0,69	152	104,88	17	11,73	88,82%	93,15
5	0,69	158	109,02	17	11,73	89,24%	97,29
6	0,69	158	109,02	17	11,73	89,24%	97,29
7	0,69	157	108,33	17	11,73	89,17%	96,60
8	0,69	157	108,33	17	11,73	89,17%	96,60
9	0,69	157	108,33	18	12,42	88,54%	95,91
10	0,69	156	107,64	18	12,42	88,46%	95,22
11	0,69	156	107,64	18	12,42	88,46%	95,22
12	0,69	157	108,33	18	12,42	88,54%	95,91
13	0,69	157	108,33	18	12,42	88,54%	95,91
14	0,69	157	108,33	18	12,42	88,54%	95,91
15	0,69	157	108,33	18	12,42	88,54%	95,91
16	0,69	157	108,33	18	12,42	88,54%	95,91

Fuente 25 Elaboración Propia con datos suministrados por la empresa

Basados en la información anterior podemos deducir que la adaptabilidad del segundo motor en el equipo aumentaría la productividad de la empresa, además de la disminución de los tiempos de parada del mismo, esto provocaría un cambio en las estrategias de mantenimiento que se utilizan actualmente en él, con la optimización de este se puede pensar que la disminución por falla y sus consecuencias es eminente a un menor costo. Viéndolo desde otro punto de vista en cualquier sistema productivo de la empresa si nos enfocamos en la calidad que es uno de los principales objetivos de estas, cambiaria ya que al cuantificar las deficiencias en el proceso se logra cambiar esos indicadores de mantenimiento.

Cabe resaltar que al usar la ingeniera de mantenimiento para promover y gestionar que se puedan mejorar el desempeño o condiciones de un equipo, se pueda lograr a través de todo ese conocimiento recopilado a lo largo de la historia alcanzar un mantenimiento de clase mundial. En sí, para alcanzar esa optimización debemos evaluar en qué condiciones se encuentra el motor



cuanto tiempo ha pasado de su vida útil, de esta forma la confiabilidad que se le dará al sistema sería mejorada.

4.3. Evaluar el rendimiento en la ignición de una planta generadora de energía a gas Cummins con dos motores de arranque Delco Remy 10479339 50MT.

Uno de los factores más importantes en esta investigación se basa en demostrar que el rendimiento que tiene el inicio de la planta generadora de energía a gas Cummins con dos motores de arranque, sea el adecuado que no presente afectaciones o futuras fallas al equipo, que su desempeño sea dentro de lo normal. La interpretación de la información recolectada del equipo se logró analizar de forma concreta y dinámica, revisando el potencial que tiene la instalación del segundo motor. Teniendo en cuenta que *“la transformación empresarial, para alcanzar el nivel de gestión de activos, requiere, que todas las acciones del mantenimiento y producción generen aumento de la capacidad de producción, valor agregado y su demanda en la búsqueda de conquistar el mercado”* (Mora, 2009).

**Tabla 7 Volumen Consumido (ml)**

No	RPM	Mi - Mf (g) promedio)	Mi - Mf (g) (Incertidumbre)	Volumen Consumido	Volumen Consumido
1	2500	10,75	2,39	15,58	3,47
2	3000	5,75	1,11	8,33	1,61
3	3500	6,25	1,11	9,06	1,61
4	4000	7,5	1,04	10,87	1,51

Fuente 26 Elaboración Propia con datos suministrados por la empresa

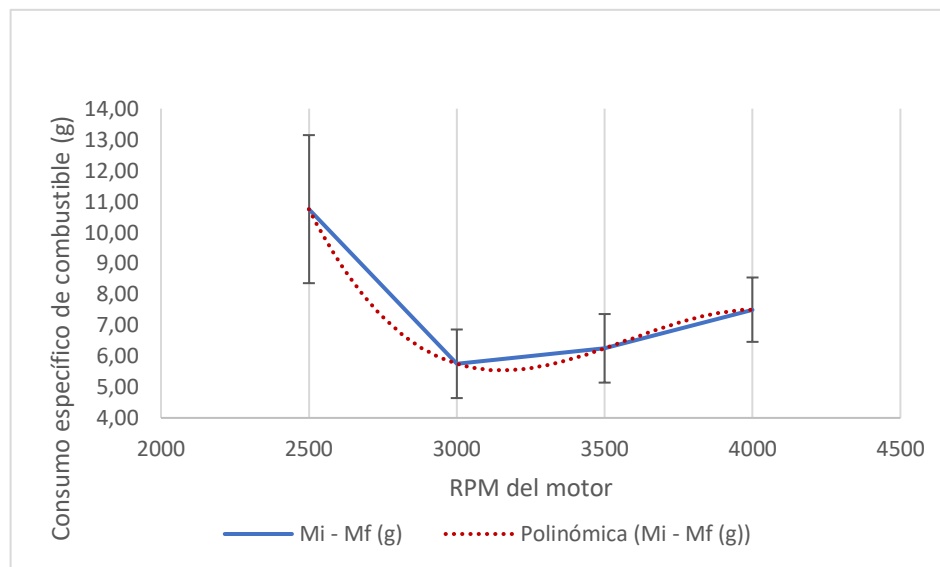
**Tabla 8 Porcentaje del Qin - Qout**

No	Qin	Incertidumbre Qin	Qout	Incertidumbre Qout	Eficiencia	Vol. Especifico	Qin - Qout
1	101,78	1,65	12,94	0,71	0,87	6,51	88,84
2	108,68	0,20	11,73	0,00	0,89	7,52	96,95
3	107,99	0,20	12,42	0,00	0,88	8,17	95,57
4	108,33	0,00	12,42	0,00	0,89	10,44	95,91

Fuente 27 Elaboración Propia con datos suministrados por la empresa

Gracias a la información recolectada podemos aprovechar esos resultados y afirmar que el rendimiento de la diferencia de sus masas en aprovechada al máximo, lo cual permite determinar que las funciones de su desempeño serían las adecuadas dentro de su comportamiento. Con los históricos de los mantenimientos realizados cuando se poseía un solo motor.

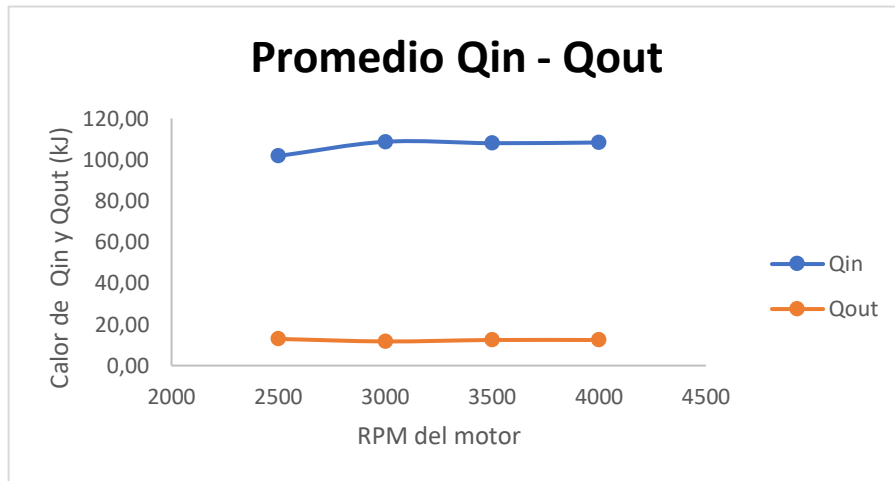
**Ilustración 20 Masa Inicial - final y su Polinómica**



**Fuente 28 Elaboración Propia con datos suministrados por la empresa**

Una de las cosas que se ha demostrado es el crecimiento de su rendimiento por ello al medir o determinar el Promedio  $Q_{in} - Q_{out}$ , se puede pronosticar, permitiéndole a la empresa continuar supliendo sus necesidades con este equipo. Por ello, al asegurar su continuidad se puede mantener en el mercado.

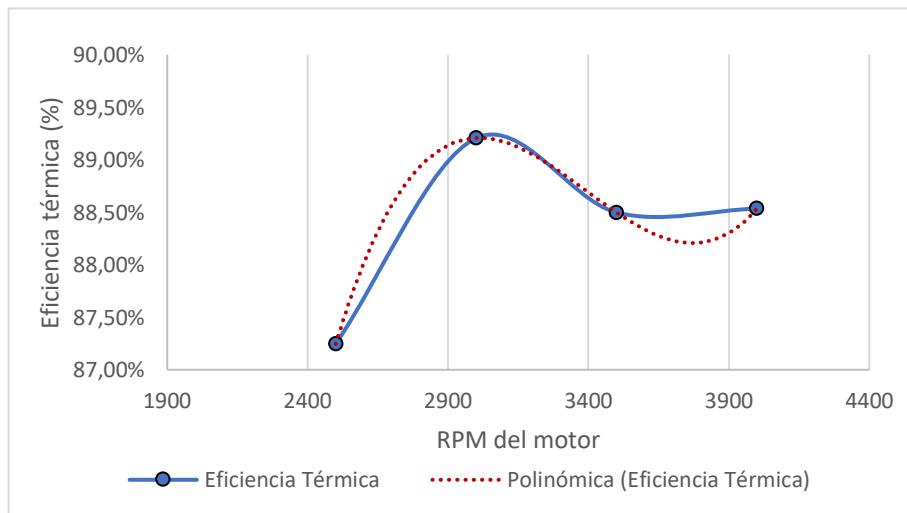
**Ilustración 21 Promedio Qin - Qout**



**Fuente 29 Elaboración Propia con datos suministrados por la empresa**

Dentro de los resultados obtenidos tenemos la eficiencia térmica “*se refiere al ciclo termodinámico el cual es aplicado a motores de combustión interna de encendido provocado. El calor es aportado a volumen constante*” (Miranda, 2020). Esto se debe gracias a un ambiente específico dando el equilibrio perfecto a esas condiciones, provocando el intercambio energético.

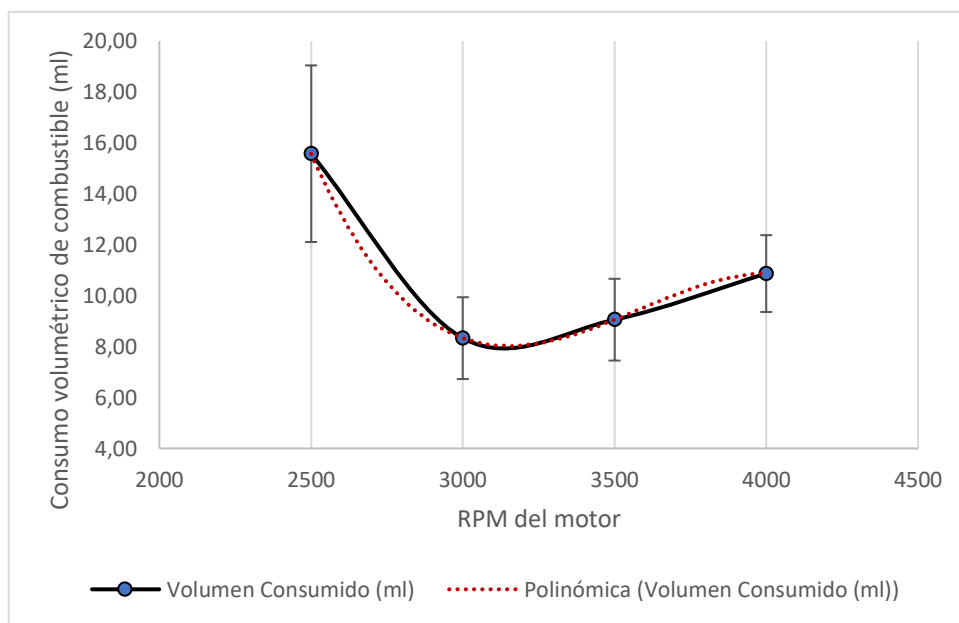
**Ilustración 22 Eficiencia Térmica**



**Fuente 30 Elaboración Propia con datos suministrados por la empresa**

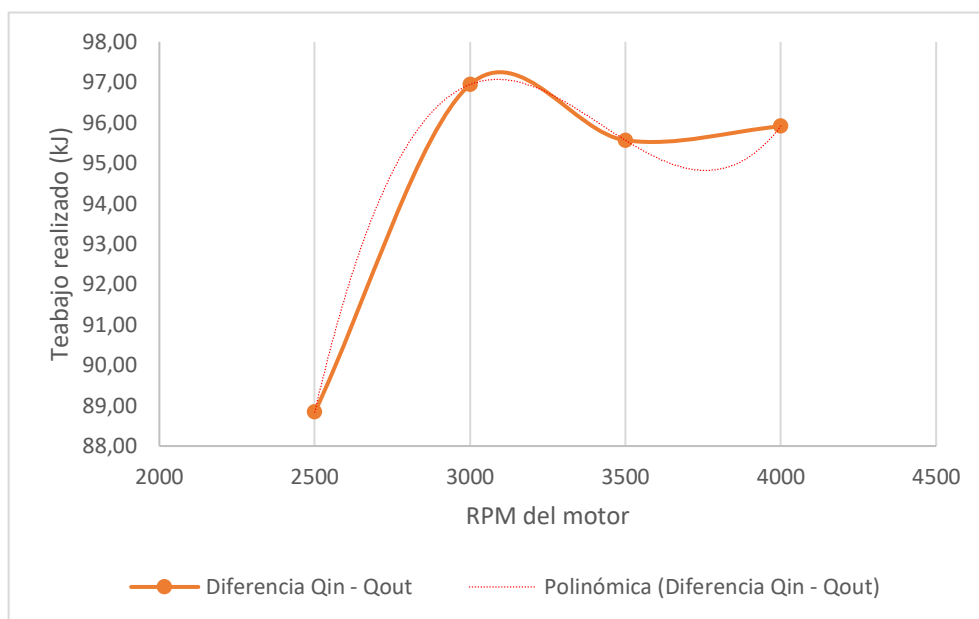
Resaltando que el volumen de combustible consumido de los diferentes tiempos muestra que este ha disminuido notablemente después del inicio del encendido, demostrando su rendimiento con la instalación del segundo motor.

**Ilustración 23 Volumen Consumido**



**Fuente 31 Elaboración Propia con datos suministrados por la empresa**

**Ilustración 24 Diferencia entre  $Q_{in}$  -  $Q_{out}$**



**Fuente 32 Elaboración Propia con datos suministrados por la empresa**

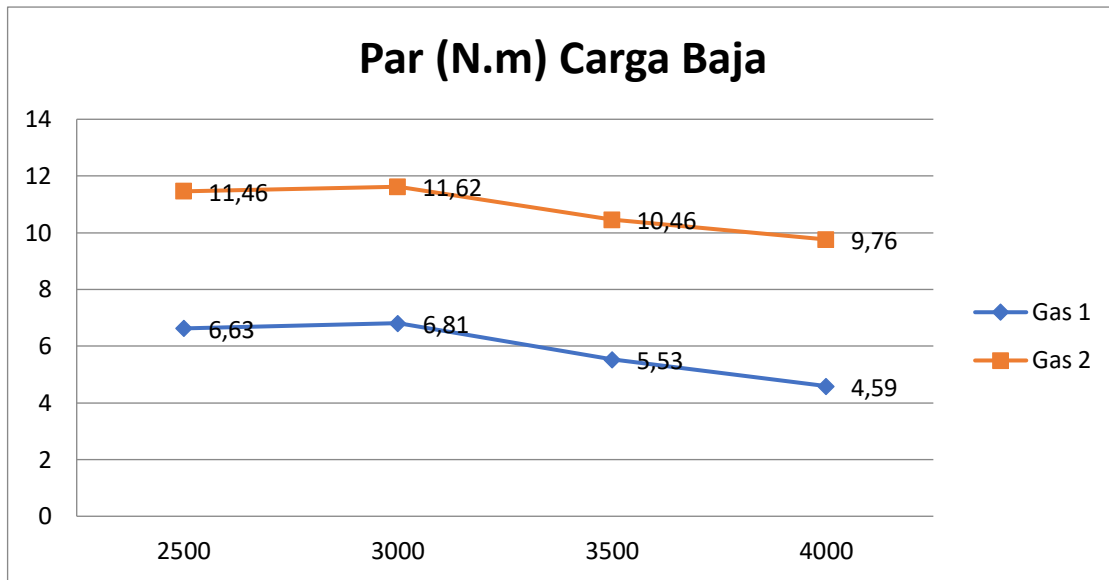
La clave primordial de esta investigación es la potencia que tendría la fusión de estos dos motores, realizando pruebas con su combustible base que es el gas natural con y sin el segundo motor de arranque.

**Tabla 9 Carga Baja los dos Motores**

Carga Baja			Par (N.m)		Potencia (kW)	
Velocidad (rpm)	Ángulo de Avance	Apertura de Mariposa (%)	Gas 1 motor de arranque	Gas 2 motores de arranque	Gas 1 motor de arranque	Gas 2 motores de arranque
2500	21	17	6,63	11,46	0,79	1,34
3000	24	23	6,81	11,62	1,32	2,36
3500	28	26	5,53	10,46	1,36	2,46
4000	34	30	4,59	9,76	1,45	3,13

**Fuente 33 Elaboración Propia con datos suministrados por la empresa**

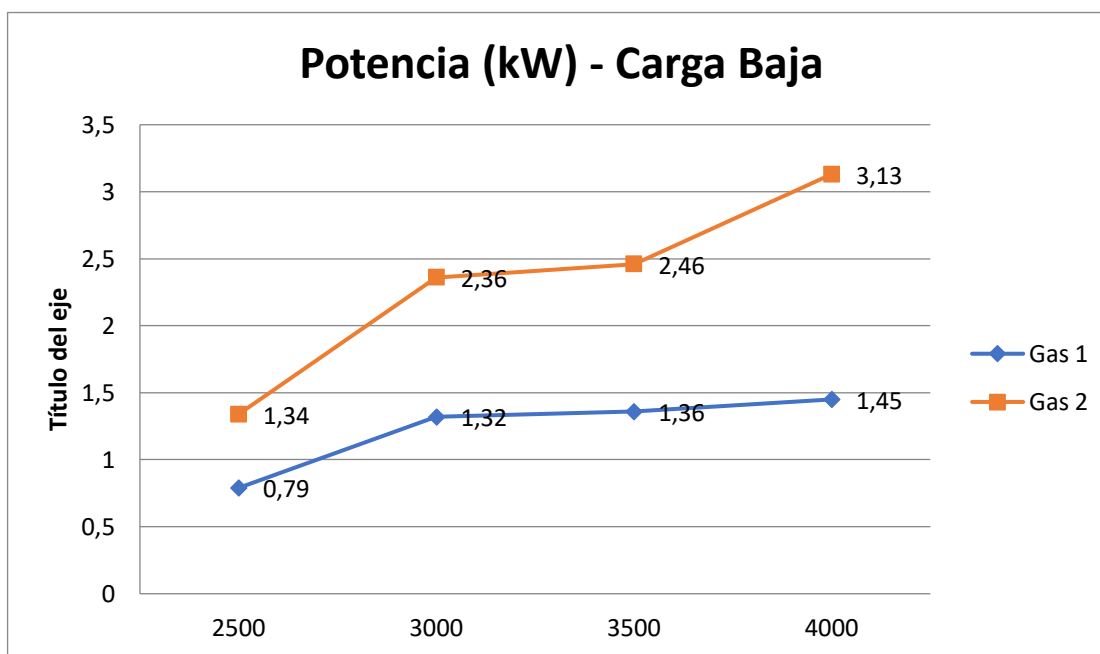
Ilustración 25 Par (N.m) Carga Baja



Fuente 34 Elaboración Propia con datos suministrados por la empresa

Al definir que la Potencia es “la cantidad de trabajo realizado por unidad de tiempo. A mayor potencia, menos tiempo tardarás en mover el objeto en cuestión sobre la misma distancia” (Tapia, 2019). Así que al indicar la capacidad del equipo podemos verificar con la información recolectada que está dependerá de la mayor cantidad de vueltas generadas convirtiéndolas en la potencia que será aprovechada en las actividades propias a su uso.

Ilustración 26 Potencia (kW) - Carga Baja



Fuente 35 Elaboración Propia con datos suministrados por la empresa

Por lo tanto, se debe realizar el mismo ejercicio con la carga alta, verificando el aumento que ha obtenido con este cambio de instalación de un segundo motor.

Tabla 10 Carga Baja los dos Motores

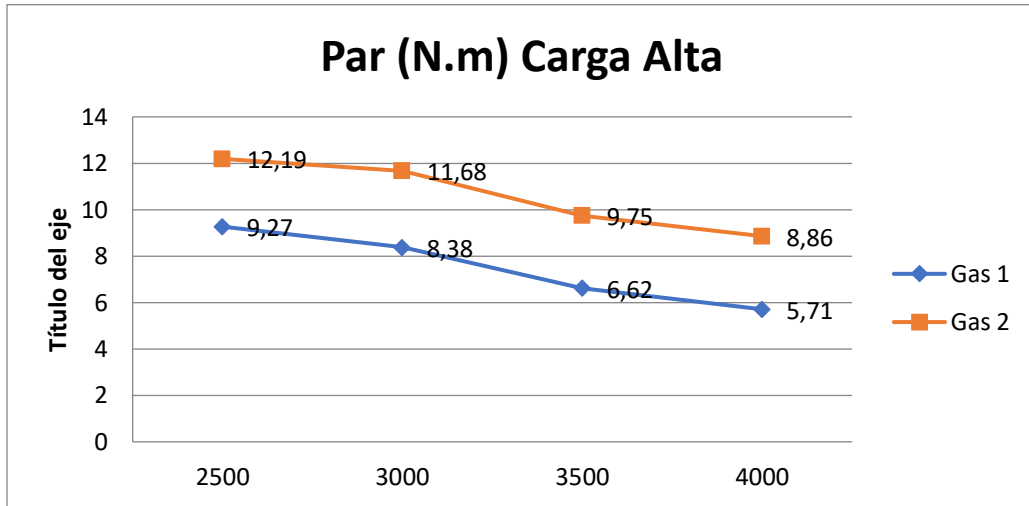
Carga Alta			Par (N.m)		Potencia (kW)	
Revolución (rpm)	Ángulo de Avance	Apertura de Mariposa (%)	Gas 1 motor de arranque	Gas 2 motores de arranque	Gas 1 motor de arranque	Gas 2 motores de arranque
2500	19	25	9,27	12,19	1,21	1,62
3000	24	32	8,38	11,68	1,62	2,24
3500	28	35	6,62	9,75	1,72	2,32
4000	35	38	5,71	8,86	1,66	2,79

Fuente 367 Elaboración Propia con datos suministrados por la empresa



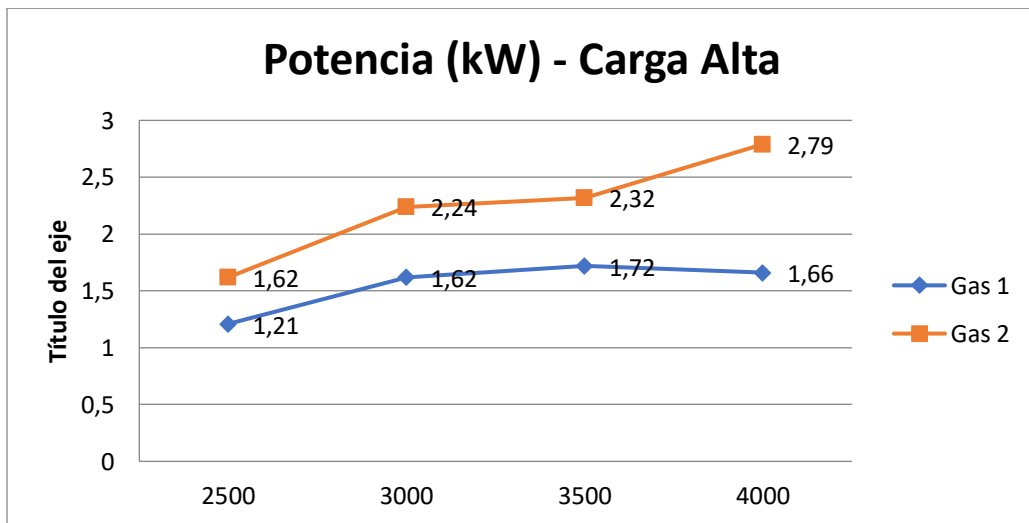
Sin embargo, a lo contrario de la carga baja y teniendo en cuenta que el par es más efectivo a una velocidad baja, con la carga alta la velocidad sería relativa y efectiva.

Ilustración 27 Par (N.m) Carga Alta



Fuente 37 Elaboración Propia con datos suministrados por la empresa

Ilustración 28 Potencia (kW) - Carga Alta



Fuente 38 Elaboración Propia con datos suministrados por la empresa

## **5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### 5.1. Conclusiones

Después de la implementación del procedimiento del segundo motor la conclusión la podemos definir en varios puntos importantes los cuales son:

Mejora en el rendimiento del encendido: La adición de un motor de arranque Delco Remi adicional ha demostrado ser eficaz para mejorar el rendimiento del encendido del motor Generador Cummins. Esto se traduce en un arranque más rápido y confiable, lo que reduce el tiempo de inactividad y aumenta la disponibilidad del generador.

1. Incremento en la confiabilidad del arranque: El procedimiento de instalación diseñado garantiza un arranque confiable y consistente del motor Generador Cummins, minimizando los fallos de encendido. Esto es crucial para asegurar un funcionamiento continuo y sin interrupciones del generador.

2. Mayor eficiencia operativa: El diseño y la implementación adecuados del motor de arranque adicional permiten reducir el tiempo necesario para arrancar el motor Generador Cummins. Esto se traduce en una mejora en la eficiencia operativa, ya que se minimiza el tiempo de espera y se optimiza la utilización del generador.

3. Compatibilidad y seguridad: El procedimiento de instalación y operación asegura una correcta integración del motor de arranque Delco Remi adicional con el sistema existente del motor Generador Cummins en la empresa de la ciudad de Barranquilla. Además, se cumplen las normativas y estándares relevantes, garantizando la seguridad y la compatibilidad electromagnética.

4. Validación del rendimiento: Las pruebas exhaustivas realizadas demuestran que el motor de arranque Delco Remi adicional cumple con los requisitos de rendimiento establecidos. Las pruebas de resistencia, durabilidad y rendimiento en diversas condiciones operativas confirman su efectividad para mejorar el encendido del motor Generador Cummins.

5. Documentación y guía: El manual detallado creado como parte del procedimiento de instalación, implementación y operación proporciona una guía clara y completa para futuras referencias. Esto facilita la replicación del procedimiento y el mantenimiento adecuado del motor de arranque adicional.

6. En resumen, el diseño de un procedimiento de instalación, implementación y operación de un motor de arranque Delco Remi adicional ha demostrado ser una solución efectiva para mejorar el rendimiento del encendido del motor Generador Cummins en la empresa en la ciudad de Barranquilla. La adición del motor de arranque adicional ha aumentado la confiabilidad del arranque, mejorado la eficiencia operativa y garantizada la compatibilidad y la seguridad.

## 5.2. Recomendaciones

Tras el diseño de un procedimiento de instalación, implementación y operación de un motor de arranque Delco Remi adicional para mejorar el rendimiento del encendido del motor Generador Cummins en la empresa de la ciudad de Barranquilla, se presentan las siguientes recomendaciones:

1. Realizar un análisis exhaustivo de las necesidades y requisitos: Antes de proceder con la instalación del motor de arranque adicional, es fundamental llevar a cabo un análisis detallado de las necesidades y requisitos específicos de la empresa y del motor Generador Cummins. Esto ayudará a identificar las características y especificaciones clave que debe tener el motor de arranque adicional para lograr una mejora significativa en el rendimiento del encendido.

2. Evaluar la capacidad del sistema eléctrico existente: Antes de instalar el motor de arranque adicional, es necesario evaluar la capacidad y compatibilidad del sistema eléctrico existente en la empresa. Esto asegurará que el sistema pueda manejar la carga adicional sin problemas y evitará posibles problemas de sobrecarga o incompatibilidad. Si es necesario, se deben realizar ajustes o mejoras en el sistema eléctrico para garantizar un funcionamiento óptimo.
3. Capacitar al personal de operación y mantenimiento: Es recomendable proporcionar una capacitación adecuada al personal encargado de operar y mantener el motor Generador Cummins, incluyendo el procedimiento de operación del motor de arranque Delco Remi adicional. Esto garantizará que el personal esté familiarizado con las especificaciones del motor de arranque adicional y sea capaz de manejarlo correctamente. Además, se reducirá la posibilidad de errores de operación y se optimizará el rendimiento del sistema en general.
4. Realizar un monitoreo regular y mantenimiento preventivo: Es esencial establecer un programa de monitoreo regular y mantenimiento preventivo para el motor de arranque Delco Remi adicional y el motor Generador Cummins. Esto incluye llevar a cabo inspecciones periódicas, pruebas de funcionamiento y mantenimiento de rutina para garantizar un rendimiento óptimo y prolongar la vida útil de los componentes. Además, se deben seguir las pautas del fabricante para el mantenimiento adecuado del motor de arranque adicional.
5. Mantener un registro detallado de las intervenciones y resultados: Se recomienda mantener un registro detallado de todas las intervenciones realizadas, como instalaciones, ajustes y mantenimientos. Esto permitirá un seguimiento preciso del desempeño del motor de arranque adicional, así como la identificación de posibles mejoras o ajustes futuros. El registro detallado también servirá como referencia para el personal de mantenimiento y facilitará la resolución de problemas o reparaciones en el futuro.

## 6. LISTA DE REFERENCIAS

- Baena, G. (2014). *Metodología de la Investigación*. México: Grupo Editorial Patria.
- Bautista, M. (2009). *Manual de Metodología de Investigación*. Caracas: Talitip.
- Becerra, J., & Amado, S. (2018). *Desarrollo de un Sistema de Control de Temperatura y Monitoreo de PH y Humedad del proceso SPIN COATING*. Santtiago de Cali, Colombia: Universidad Autónoma de Occidente.
- Bernal, C. (2018). *Metodología de la investigación*. México: Pearson.
- cummins.com*. (2023). Obtenido de <https://www.cummins.com/es/generators>
- delcoremy.com*. (2023). Obtenido de <https://www.delcoremy.com/starters/find-by-model-family/50mt>
- Heizer, J., & Render, B. (2009). *Principios de Administración de Operaciones*. México: Pearson.
- Hidalgo, I., & Veintemilla, V. (2021). *Propuesta de estudio para el Modelado Térmico en Motores de Combustión Interna Alternativos*. Cuenca, Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana.
- Hincapié, L., & Garavito, E. (2019). *Caracterización de un Centro de Control de Motores "CCM" para arranque con Réle Inteligente UMC (Universal Motor Controler) Considerando Niveles de Seguridad Sil para el Sector Oil And Gas*. Bogotá, Colombia: Universidad Disrital Francisco José Caldas .
- Lara, E. (2019). *Fundamentos de Investigación*. México: Alfaomega.
- Miranda, K. (2020). *Análisis de Pérdidas Energéticas en un Motor de Combustión Interna a Gasolina (MECH) de 1600 **cm3** en un vehículo de uso particular para determinar su rendimiento térmico*. Ambato, Ecuador: Universidad Técnica de Ambato.
- Mora, A. (2009). *Mantenimiento: Planeación, Ejecución y Control*. México: Alfaomega.
- Orozco, J. (2022). *Diseño de un Banco para posicionar el Motor Lycoming Io-390-A1a6 en las estaciones de Mantenimiento de la Fuerza Aerea Colombiana*. Cali, Colombia: Universidad Autónoma de Occidente.
- Pacheco, A. (2017). *Metodología crítica de la investigación*. Madrid: CECSA.
- Palos, R., & Neri, C. (2021). *Implementación de Tester para prueba de Carga de Motores de Arranque de Servicio Pesado*. México: Universidad Politécnica de San Luis Potosí.
- Peña, J., & Merchán, L. (2018). *Simulación y automatización de los sistemas de arranque para motores de corriente continua*. Guayaquil, Ecuador: Universidad Salesiana.
- Quezada, N. (2010). *Metodología de la Investigación*. Lima - Perú: Macro.
- renovetec.com*. (2022). Obtenido de <http://www.renovetec.com/590-mantenimiento-industrial/110-mantenimiento-industrial/305-tipos-de-mantenimiento>

- repuestoscoches24.es*. (2023). Obtenido de <https://www.repuestoscoches24.es/1145053-bosch>
- Rivera, S. (2022). *Plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de los generadores del Hotel & Casino Win Meier - Chiclayo*. Lambayeque –Perú: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.
- Rodríguez, J. (2019). *Diseño del Plan de Mantenimiento Basado en Ingeniería de Confiabilidad y Análisis RAM, para Plantas Eléctricas de Emergencia atendidas por la empresa WES Importaciones*. Bogotá, Colombia: Universidad Libre de Colombia.
- Sapag, N., & Sapag, R. (2008). *Preparación y Evaluación de Proyectos*. Colombia: Mc-Graw Hill.
- Tapia, C. (2019). *Optimización de la confiabilidad del sistema eléctrico que alimenta a los equipos críticos de la Central de Chimay de la región Junín mediante la instalación de un banco de baterías con sistema de monitorización remoto MCU2500*. Huancato, Ecuador: Universidad Continental.
- uan.edu.co. (2023). Obtenido de <https://www.uan.edu.co/ingenieria-electromecanica-plan-de-estudio>
- Yave, B., & Esquén, B. (2017). *Incremento de la Eficiencia Térmica del Sistema de Potencia de vapor mediante la aplicación del Método Exergético en la empresa agroindustrial PUCALÁ S.A.A -Lambayeque*. Pimentel – Perú: Universidad Señor de Sipán.
- Zamora, M. (2022). *Implementación de un banco de pruebas para motores trifásicos de 220 VAC y 24 VDC para prueba de sensores en el taller de mantenimiento de la empresa Agua Mineral San Felipe*. Latacunga, Ecuador: Universidad ESPE de Ecuador.