



DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ARRANQUE ELÉCTRICO DE UN GRUPO ELECTRÓGENO

Jhon Fredy Escudero Ríos

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO
FACULTAD DE INGENIERÍA, DEPARTAMENTO DE MECÁNICA
MEDELLIN - COLOMBIA
2022**

Tradición - Transformación - Innovación



SC 7134-1



Resolución 012512 del MEN. 29 de junio de 2022 - 6 años.
Calle 73 No. 73A - 226, Vía El Volador
Apartado aéreo: 6564 / Línea única de atención: 604 448 0520 / Medellín - Colombia



Alcaldía de Medellín
Distrito de
Ciencia, Tecnología e Innovación



DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ARRANQUE ELÉCTRICO DE UN GRUPO ELECTRÓGENO

Jhon Fredy Escudero Ríos

Trabajo de grado en modalidad investigación, presentado como requisito parcial para
optar al título de:
Ingeniero Mecánico

Línea de Investigación:

S-GIEN

Grupo de Investigación:

Grupo de Investigación e Innovación en Energía (GIEN)

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO
FACULTAD DE INGENIERÍA, DEPARTAMENTO DE MECÁNICA
MEDELLIN - COLOMBIA
2022

Tradición - Transformación - Innovación



SC 7134-1



Resolución 012512 del MEN. 29 de junio de 2022 - 6 años.
Calle 73 No. 73A - 226, Vía El Volador
Apartado aéreo: 6564 / Línea única de atención: 604 448 0520 / Medellín - Colombia



Alcaldía de Medellín
Distrito de
Ciencia, Tecnología e Innovación

Resumen

La Institución Universitaria Pascual Bravo cuenta motores, equipos y sistemas de diagnóstico y mantenimiento en el campo automotriz, esto especialmente en el laboratorio de investigación y diagnóstico automotriz (LIDA), los cuales tienen como fin el de realizar prácticas de laboratorio y proyectos de investigación. Entre ellos, los equipos más críticos son las plantas de generación eléctricas que operan basadas en tecnología diésel. Estas particularmente contaban con un sistema de encendido manual, el cual fue sujeto a un rediseño y cambio y es por ello por lo que el objetivo de este trabajo fue el de implementar un sistema de arranque automático para una de estas plantas, lo cual facilita las tareas reiterativas de puesta en marcha que requieren las prácticas de docencia y los proyectos de investigación. Esta modificación se basó en cambios estructurales, el acople de un motor de arranque eléctrico, una batería, un sistema de engranaje para el acoplamiento del motor de arranque y la planta diésel. Adicionalmente, se integró al sistema un mecanismo de volante de inercia y cremallera, todo esto a su vez, solidario a un sistema de carga. Como resultado se obtuvo un sistema de arranque automático funcional, con orden estructural y operando correctamente, lo cual posibilita las tareas operativas del equipo que aportan principalmente a las actividades de docencia e investigación.

Palabras clave: Motor encendido por compresión, Sistema de arranque eléctrico, Grupo electrógeno

Abstract

At the University Institution Pascual Bravo are available engines, equipment, and diagnostic and maintenance systems, particularly in the automotive research and diagnostic laboratory (LIDA), which is used for both laboratory practices and research projects. The power generation facilities that operate on diesel technology are the most crucial machines. Therefore, the aim of this work was to install an automatic starting system for one of these plants, because they had a manual starting system that was being redesigned and changed. This system makes it easier to complete the repetitive start-up tasks needed for research and teaching projects. This modification was based on structural changes, the coupling of an electric starter motor, a battery, a gear system for the coupling of the starter motor and the diesel plant. Additionally, a flywheel, rack and pinion mechanism were integrated into the system, in turn all of this in conjunction with a charging system. As a result, a functional automatic starting system was obtained, with structural order and operating correctly, which makes possible the operational tasks of the equipment that contribute mainly to teaching and research activities.

Keywords: Compression ignition engine, Electric starter system, Generator set.

Contenido

	Pág.
Introducción	9
Objetivos	10
1.1 Objetivo general	10
1.2 Objetivos específicos	10
2 Marco teórico	11
2.1 Plantas de generación eléctrica.....	11
2.1.1 Energía hidroeléctrica.....	11
2.1.2 Plantas de generación eléctrica basadas en motores de combustión interna ..	12
2.1.3 Generación por turbinas de vapor y turbinas de gas	13
2.1.4 Energía nuclear	15
2.1.5 Energía eólica.....	16
2.1.6 Energía solar	17
2.2 Motor de combustión interna	18
2.2.1 Válvulas de admisión y escape:.....	18
2.2.2 Pistones	19
2.2.3 Biela	19
2.2.4 Cigüeñal	19
2.2.5 Sistema de alimentación de combustible	19
2.2.6 Sistema de refrigeración y lubricación	20
2.2.7 Sistema de escape de gases	20
2.2.8 Unidad de control electrónica (ECU).....	20
2.2.9 Ciclo del motor diésel.....	21
2.2.10 Ciclo Otto.....	22
2.3 Circuito de arranque.....	23
2.3.3 Principio de funcionamiento de un motor de arranque	24
2.3.4 Componentes del motor de arranque.....	25
3 Metodología	26
3.1 Estado actual de la planta eléctrica diésel.....	26
3.1.1 Selección y ensamble del motor de arranque	29
3.1.2 Selección cremallera	32
3.2 Selección de batería y adecuación de la estructura para el posicionamiento de la misma	33
3.3 Diagrama eléctrico	35
3.3.1 Pulsador de arranque	36
4 Resultados	37

Lista de figuras

FIGURA 2- 1 CENTRAL HIDROELÉCTRICA. (GIL, 2017).....	12
FIGURA 2- 2 PLANTA ELÉCTROCA DIÉSEL PERKINS PM (GENTICENTER, S.F.).....	13
FIGURA 2- 3 CICLO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA POR TURBINAS DE VAPOR (ALONSO, 2009) 14	
FIGURA 2- 4 CICLO COMBINADO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA CON VAPOR Y GAS (CAMPO, 2010).....	15
FIGURA 2- 5 INTERIOR DE CENTRAL NUCLEAR (FORONUCLEAR, 2010).....	16
FIGURA 2- 6 VISTA REAL DE AEROGENERADOR PARA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA (TERESA ANDRÉS BLANCO, 2021).....	17
FIGURA 2- 7 PANEL FOTOVOLTAICO (ECOINVENTOS GREEN TECHNOLOGY, 2022)	18
FIGURA 2- 8 CICLO CUATRO TIEMPOS DE MOTOR DIÉSEL (QUISPE, 2015)	21
FIGURA 2- 9 CICLO TERMODINÁMICO DE UN MOTOR TIPO OTTO, A) ADMISIÓN, B) COMPRESIÓN, C) EXPANSIÓN, D) ESCAPE (SÁNCHEZ, 2014)	23
FIGURA 2- 10 SISTEMA DE ARRANQUE. (HERNÁNDEZ, 2013).....	24
FIGURA 2- 11 COMPONENTES DE UN MOTOR DE ARRANQUE (COMERCIAL MÉNDEZ, 2022)....	25
FIGURA 3- 1 PLANTA ELÉCTRICA DIÉSEL CON ENCENDIDO MANUAL	27
FIGURA 3- 2 SISTEMA DE ENCENDIDO MANUAL DE PLANTA ELÉCTRICA DIÉSEL	28
FIGURA 3- 3 CARCAZA DE LA PLANTA DIÉSEL	30
FIGURA 3- 4 VOLANTE Y CREMALLERA PARA MOTOR DIÉSEL DE 7HP	33
FIGURA 3- 5 MODELO DE PLANTA ELÉCTRICA DIÉSEL CON MODIFICACIÓN PARA MONTAJE DE BATERÍA	34
FIGURA 3- 6 DIAGRAMA ELÉCTRICO DEL ENCENDIDO AUTIOMÁTICO EN LA PLANTA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA DIÉSEL (SÁNCHEZ, 2017).....	35
FIGURA 4- 1 UBICACIÓN Y POSICIONAMIENTO DE LA CREMALLERA	37
FIGURA 4- 2 ESPACIO PARA POSICIONAMIENTO DEL MOTOR DE ARRANQUE	37
FIGURA 4- 3 PLANO DE ENSAMBLE DE MOTOR DE ARRANQUE Y CREMALLERA	38
FIGURA 4- 4 VISTA ISOMÉTRICA DE VOLANTE CON ADECUACIÓN DE CREMALLERA.....	39
FIGURA 4- 5 COMPARATIVA ANTES Y DESPUÉS DE ENSAMBLE MOTOR ARRANQUE.....	39
FIGURA 4- 6 DISEÑO DE ESTRUCTURA PARA BATERÍA	40
FIGURA 4- 7 ADECUACIÓN A LA ESTRUCTURA FINAL SEGÚN DISEÑO PLANTEADO	41
FIGURA 4- 8 ADECUACIÓN DEL PULSADOR EN TABLERO PLANTA DIÉSEL	42

Lista de tablas

Pág.

TABLA 3-1: PARÁMETROS PARA MOTOR DE ARRANQUE AH-0.9KW-DJ.....	28
--	----

Introducción

Los motores diésel se crearon a partir de 1893 con el fin de utilizar un combustible alternativo al vapor o la gasolina y además ser aptos para aplicaciones automotrices principalmente en maquinaria pesada y de carga. Debido a su presencia en la sociedad actual y aún con las constantes modificaciones de tamaño y capacidad de los motores, estos siguen presentando emisiones contaminantes al ambiente producto de la quema del combustible diésel, de allí que se tienen contaminantes como los óxidos de nitrógeno, el monóxido de carbono, los hidrocarburos sin quemar, material particulado, entre otros (Ibáñez, 2016).

Una de las principales soluciones a este problema, es la automatización y el control de la operación de los sistemas, en especial el de inyección, esto a través de los sistemas electrónicos. Así mismo, se ha integrado el uso de arranques automáticos, los cuales controlan de manera directa las emisiones de gases que se dan en los arranques en frío de los motores. Normalmente un sistema de arranque automático está compuesto por un motor de arranque, una cremallera, un sistema de carga y una batería. Todo esto se encuentra de manera solidaria para que finalmente el accionado de un pulsador inicie el encendido de un grupo electrógeno (Mateos-Aparicio, 2022).

La Institución Universitaria Pascual Bravo, posee laboratorios donde es común el uso de motores de encendido por compresión operando bajo el ciclo diésel, en especial, el laboratorio de investigación y diagnóstico automotriz (LIDA) cuenta con plantas diésel, las cuales son usadas en labores de docencia como prácticas de laboratorio y en investigación. Este trabajo de investigación se enfocó en la modificación del sistema de arranque manual el cual, se realizaba de manera manual, necesitando así, de la fuerza física constante del operario para su encendido. De esta manera, esto se reemplazó por un sistema de arranque automático con el fin de ampliar su capacidad, aplicaciones y vida útil.

En el presente trabajo se encontrarán los planos eléctricos del sistema, los diseños y planos elaborados de las modificaciones y por último evidencias del funcionamiento final del sistema cumpliendo en su totalidad con los objetivos propuestos a continuación.

Objetivos

1.1 Objetivo general

Implementar un sistema de arranque eléctrico automático con el fin de mejorar el banco de pruebas de motores de encendido por compresión actual del laboratorio de investigación y diagnóstico automotriz (LIDA) la Institución Universitaria Pascual Bravo.

1.2 Objetivos específicos

1. Modificar la estructura y adecuar los componentes eléctricos y mecánicos para el correcto funcionamiento de un motor de encendido por compresión.
2. Diseñar el sistema eléctrico y de mando para el correcto encendido de un motor de encendido por compresión.

2 Marco teórico

A continuación, se definirán algunos de los conceptos teóricos que ayudan al desarrollo conceptual de este trabajo

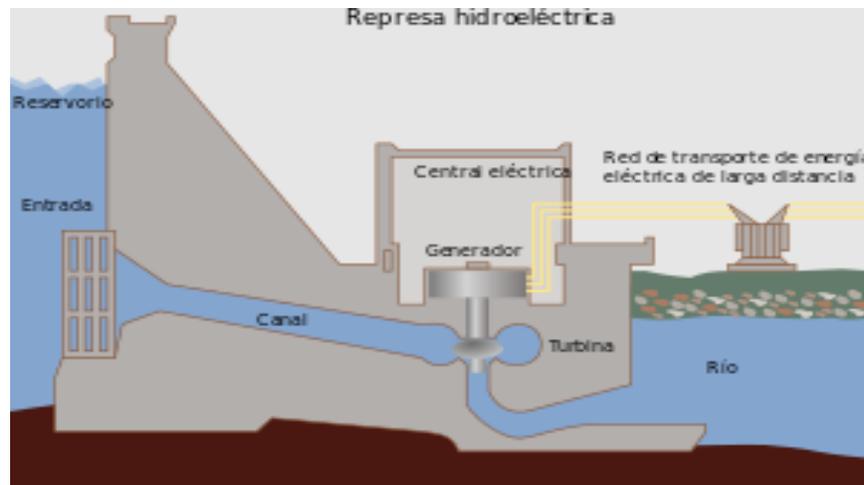
2.1 Plantas de generación eléctrica

La energía eléctrica debido a su versatilidad, accesibilidad, diferentes formas de producción, almacenaje y transporte se hace indispensable para la cotidianeidad. (REPSOL, 2020). Existen diferentes formas de generar esta energía, a continuación, se hace referencia a algunas de las formas de generación eléctrica más importantes.

2.1.1 Energía hidroeléctrica

En la actualidad la energía producida en centrales hidroeléctricas compone el 16% de la electricidad del mundo (IEA, 2022). Este tipo de generación de energía es producida en centrales hidroeléctricas conformadas por un embalse, donde se almacena el agua y una presa que se abre o se cierra con el fin de controlar el flujo del agua hacia las turbinas hidroeléctricas, estas están conformadas por una parte fija llamada estator el cual dirige y regula el caudal del agua que entra y una segunda parte llamada rotor, encargado de transformar la energía cinética del agua en energía mecánica. Estas turbinas tienen un rendimiento de conversión de energía de aproximadamente el 90% y son seleccionadas de acuerdo con la altura y el caudal del agua (enel green power, 2020). En la Figura 2-1 se evidencia una central hidroeléctrica

Figura 2- 1 Central hidroeléctrica. (Gil, 2017)



2.1.2 Plantas de generación eléctrica basadas en motores de combustión interna

En este caso se utiliza un generador de energía el cual funciona a base de un motor de combustión interna de cualquier combustible sea diésel, gas o gasolina, el cual transforma la energía térmica del combustible en energía mecánica. El movimiento del motor mueve a su vez un alternador que se encarga de transformar la energía mecánica producida en energía eléctrica (Haro, 2020). El alternador trabaja con base a la ley de inducción electromagnética de Faraday la cual establece que un campo magnético cambiante puede producir una corriente eléctrica, y viceversa una corriente eléctrica produce a su vez un campo electromagnético, esto en el alternador es visto mediante el estator (un embobinado fijo) el cual cumple el papel de conductor y por un rotor el cual genera el campo electromagnético (Castañeda, 2020).

Existen generadores eléctricos de uso manual en el que un operario es el encargado de encender el equipo mientras los generadores automáticos cuentan con un sistema de control encargado de monitorear los parámetros eléctricos establecidos generando un arranque automático y posterior a su uso un apagado general (Rodríguez, 2020). En la Figura 2-2 se evidencia una planta de generación eléctrica diésel

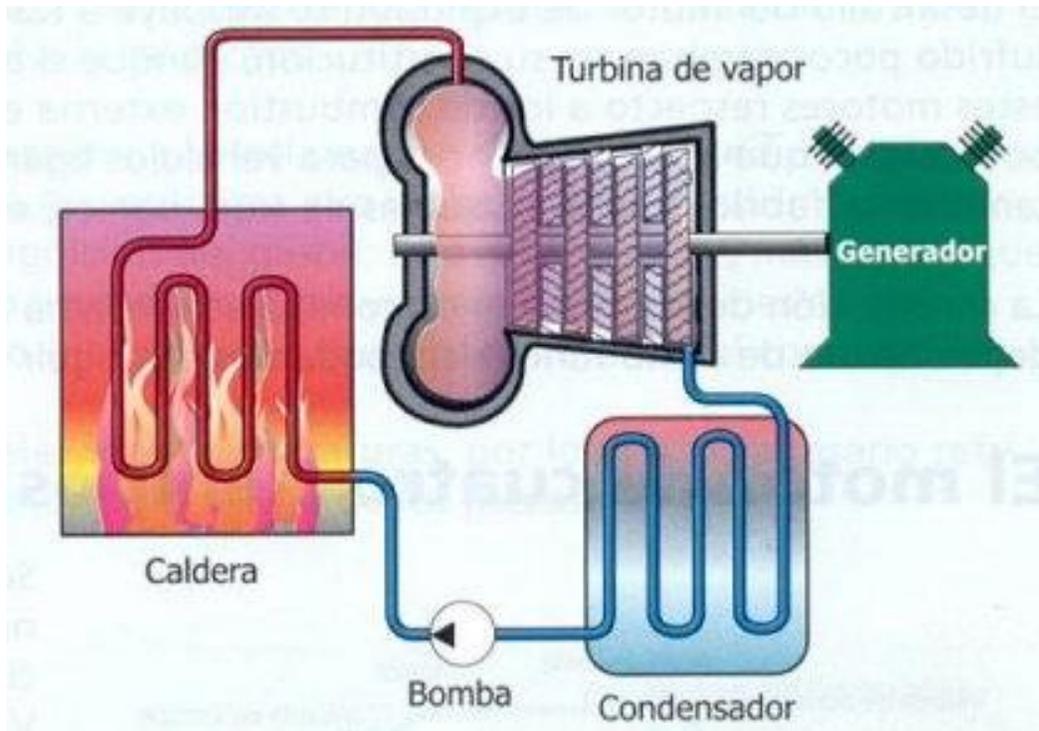
Figura 2- 2 *Planta eléctrica diésel Perkins PM (GENTICENTER, s.f.)*



2.1.3 Generación por turbinas de vapor y turbinas de gas

La generación de energía por medio de turbinas de vapor consiste en un circuito cerrado de vapor-liquido en el cual se evidencian los siguientes equipos encargados de la generación de energía. En primer lugar, se cuenta con la caldera, encargada de la generación del vapor, una vez sale el vapor este viaja por medio de tuberías a una alta presión, velocidad y temperatura ingresando a las turbinas iniciando el movimiento de las mismas, la energía producida en las turbinas pasa entonces a un generador. Se dice que es un circuito cerrado de vapor-liquido ya que una vez el vapor sale de la turbina con una diferencia de fuerza y calor pasa a un condensador, en el que el vapor al entrar en contacto con la superficie fría de la tubería se condensa para así en su estado líquido volver a la caldera e iniciar nuevamente el proceso. En la Figura 2-3 se evidencia claramente el circuito descrito.

Figura 2- 3 Ciclo de generación de energía por turbinas de vapor (Alonso, 2009)



Este proceso es similar al utilizado en turbinas de gas, en el que el gas natural a través del proceso de combustión con aire comprimido se expande dentro de la turbina generando energía mecánica la cual por medio de un generador se convierte en energía eléctrica. Es comúnmente visto ambos ciclos combinados, ya que, el calor residual producido por la combustión es posteriormente utilizado en una caldera de recuperación en la cual comienza el ciclo anteriormente mencionado, con el cual también se genera energía. (PRIMAGAS, 2021). En la Figura 2-4 se evidencia un ciclo combinado de estos procesos mencionados.

Figura 2- 4 Ciclo combinado de generación de energía con vapor y gas (Campo, 2010)



2.1.4 Energía nuclear

Según el consejo de seguridad nuclear (CSN) de España se tiene como concepto por energía nuclear y el proceso de generación de energía nuclear lo siguiente:

La energía nuclear es aquella que mantiene unidos a los neutrones y protones, partículas comprendidas en el núcleo de un átomo. Esta energía se obtiene de dos formas, la primera es por medio de una fusión nuclear, en la que se libera la energía al unir núcleos de átomos creando un núcleo más grande, de la segunda forma, es por medio de una fisión nuclear, en la que se separan los núcleos de los átomos generando núcleos más pequeños y liberando la energía entre estos. Independiente de la reacción nuclear implementada, los átomos evidencian una pérdida de masa, la cual se convierte en energía calórica y de radiación, utilizando la energía calórica producida se genera vapor y posteriormente se genera electricidad.

Las centrales nucleares implementan la reacción generada por la fisión nuclear, que se da en reactores nucleares, siendo este el componente principal de una central nuclear, la energía térmica generada en estos reactores se utiliza para calentar agua y generar vapor a alta temperatura y presión el cual por medio de una turbina transforma la energía mecánica de esta en energía eléctrica (CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR, 2015). En la se evidencia el interior de una central nuclear.

Figura 2- 5 Interior de central nuclear (Foronuclear, 2010)



2.1.5 Energía eólica

Es aquella que, por medio de los alabes de un aerogenerador, transforman la energía cinética del viento en electricidad. Un aerogenerador está compuesto por una torre, la encargada de sostener todo el sistema, un eje y un rotor, los cuales transfieren su movimiento al generador, el cual el principio inductivo para generar un diferencial de potencial, y de esta manera, energía eléctrica, el cual también cuenta con sistemas de regulación eléctrica a través de transformadores. La energía eólica es una fuente inagotable, sin embargo, depende de las condiciones del viento, ya que, este no está cien por ciento garantizado en todas las locaciones del mundo (Factor Energía, 2018). En la Figura 2-6 se puede evidenciar una estructura real de un aerogenerador, donde sobresalen las turbinas y sus alabes, los cuales se encargan de captar la energía cinética del viento.

Figura 2- 6 Vista real de Aerogenerador para generación de energía eléctrica (Teresa Andrés Blanco, 2021)



2.1.6 Energía solar

La energía solar es una energía renovable la cual se obtiene del sol y puede producir energía eléctrica ya sea por su energía térmica la cual se aprovecha mediante colectores en los que se transforma el calor por medio de un circuito de tubos en energía mecánica y posteriormente en electricidad; o por medio de la radiación electromagnética del sol, en la que paneles fotovoltaicos aprovechan esta radiación para transformarla en energía eléctrica, dichos paneles en la actualidad se inclinan de forma inteligente con el fin de aprovechar al máximo la luz del sol (Factor energía, 2021) . En la Figura 2-7 se evidencia un panel fotovoltaico

Figura 2- 7 Panel fotovoltaico (Ecoinventos green technology, 2022)



2.2 Motor de combustión interna

Los motores de combustión interna son dispositivos que utilizan la energía química contenida de un combustible convirtiéndola en energía mecánica por medio de un proceso de combustión, debido a la importancia del motor dentro del proyecto, se definirán a continuaciones las partes de un motor de combustión interna y sus ciclos (Orozco, 2020).

2.2.1 Válvulas de admisión y escape:

Las válvulas son las encargadas de abrir o cerrar los conductos de admisión o de escape y así cumplir su principal misión de regular la cantidad de aire en movimiento dentro del motor. En motores sencillos cada cilindro dispone de dos válvulas, una de admisión y escape, respectivamente, en cuanto va aumentando el rendimiento del motor, este puede llegar a poseer dos válvulas de admisión y una de escape, o dos válvulas de admisión y dos de escape por cilindro. Cabe recalcar que la cara de la válvula debe ajustar completamente en su asiento, esto con el fin de evitar pérdidas de presión y de disipar el calor. Durante el ciclo, en la carrera de admisión, la válvula de admisión permanece abierta, así mismo durante la carrera de escape, la válvula de escape permanece abierta y ambas válvulas permanecen cerradas para retener la compresión durante la carrera de compresión y explosión (Escobar Tapia & Vaca Martinez, 2010).

2.2.2 Pistones

Los pistones son elementos móviles que se desplazan al interior del cilindro y realizan el trabajo dada la fuerza de empuje lograda por la liberación de energía durante la combustión de un combustible de origen fósil, no convencional y/o renovable, además, el pistón se encarga de transmitir esta energía a la biela y esta posteriormente al cigüeñal, asegurando el trabajo mecánico del motor. El pistón debe asegurar condiciones de hermeticidad durante los tiempos del motor, evitando fuga de mezcla aire-combustible, gases y aceite. En la mayoría de los casos están fabricados de una fundición de aluminio vaciado interiormente y posee en su exterior tres ranuras donde se ubican los aros de compresión (Escobar Tapia & Vaca Martinez, 2010).

2.2.3 Biela

La biela une el pistón con el cigüeñal con el fin de convertir el movimiento lineal del pistón en el movimiento giratorio del cigüeñal. Esta está compuesta de tres partes, el cojinete que evita la fricción del bulón con el pistón, la cabeza de la biela que se encuentra unida al cigüeñal y el cuerpo que es la parte central de la misma, así mismo las bielas suelen tener un conducto interno el cual sirve para hacer llegar a presión lubricante a los pistones (Escobar Tapia & Vaca Martinez, 2010).

2.2.4 Cigüeñal

El cigüeñal es un eje con manivelas, y estas cuando existe más de un cilindro giran de forma excéntrica con respecto al eje. En cada una de las manivelas se fijan los cojinetes de las bielas que transmiten al cigüeñal la fuerza que extienden los pistones durante el proceso de explosión. Debido a que la forma del cigüeñal varía dependiendo de la cantidad de cilindros y carreras así mismo varían los diferentes apoyos respecto a su eje, al bloque y contrapesos con el fin de equilibrar el sistema (Escobar Tapia D. S., 2010)

2.2.5 Sistema de alimentación de combustible

Este sistema se encarga de almacenar, filtrar y distribuir el combustible inyectando a presión el mismo de acuerdo con la secuencia de encendido del motor con el fin de producir la combustión. El sistema impulsa el combustible desde el depósito hasta las válvulas de inyección adicionalmente genera la presión necesaria para la inyección y la mantiene

constante, el sistema de alimentación está compuesto por una bomba de combustible, filtros, tubería de distribución, un regulador de presión y por último las válvulas de inyección (Orozco, 2020).

2.2.6 Sistema de refrigeración y lubricación

El sistema de refrigeración inicia su trabajo una vez el motor se pone en marcha, ya que, el giro del cigüeñal mueve el eje del ventilador, el cual aumenta la energía cinética del aire que fluye a través del núcleo del radiador esto debido al aumento de temperatura generado durante el proceso de combustión y del movimiento de las piezas. Así mismo, un líquido refrigerante fluye por medio de conductos de refrigeración que se abren paso por medio del bloque motor y llegan directamente a la parte exterior de las camisas de los cilindros. De esta manera, es como el sistema de refrigeración se encarga de proteger el sistema motor de daños considerable (Orozco, 2020)

Por otro lado, el sistema de lubricación tiene como objetivos disminuir la fricción entre piezas móviles, disipar calor, amortiguar los movimientos, aumentar la hermeticidad entre piezas y proteger las mismas de diferentes contaminantes. Para esto, se almacena un líquido lubricante en el cárter del motor, el cual fluye a (Escobar Tapia & Vaca Martinez, 2010).

2.2.7 Sistema de escape de gases

Es el sistema de tubos o conductos que permiten a los gases de la combustión realizada dentro del motor y que no deben permanecer dentro del mismo salir y cederse a la atmósfera, una función que cumple suma importancia en el sistema de escape es reducir el sonido que estos gases producen, dado que a medida que se generan estos gases se van creando ondas de presión las cuales son mitigadas dependiendo del sistema de escape con el cual se cuenta. Esto influye de manera importante en el motor ya que si la salida de los gases es la adecuada la potencia del motor aumentara (Orozco, 2020).

2.2.8 Unidad de control electrónica (ECU)

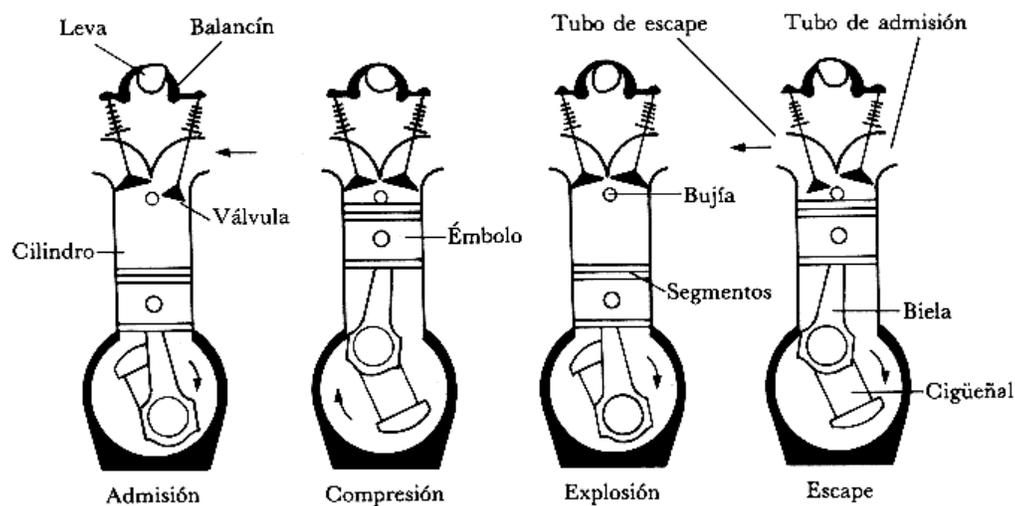
Este sistema analiza las señales suministradas por los sensores para generar impulsos que controlan las válvulas de inyección. Contiene gran cantidad de componentes que

monitorean los parámetros del funcionamiento del motor, desde el volumen de inyección, del combustible, la apertura y cierre de válvulas, administra las rpm del motor, las emisiones de escape de gases, los niveles de oxígeno; hasta el encendido y los dispositivos de control de emisiones (Orozco, 2020).

2.2.9 Ciclo del motor diésel

El ciclo de los motores que operan con tecnología diésel responde al ciclo termodinámico diésel, el cual se trata de un ciclo de cuatro tiempos, admisión, compresión, combustión y escape, los cuales se pueden evidenciar gráficamente en la Figura 2-8

Figura 2- 8 Ciclo cuatro tiempos de motor diésel (Quispe, 2015)



El proceso de admisión expresado en la Figura 2-8 indica el primer ciclo generado en el motor, donde se abre la válvula de admisión y el pistón se desplaza a la parte inferior del cilindro (llamado punto muerto inferior) permitiendo la entrada de aire. Posteriormente, se da el proceso de compresión, donde se comprime el aire admitido por el desplazamiento del pistón desde el punto muerto inferior hacia el punto muerto superior (la parte superior del cilindro), esto aumenta las condiciones de presión y temperatura al interior de la cámara, donde se inyecta el combustible pulverizado por medio de inyectores y este se mezcla con el aire comprimido a alta presión y temperatura, lo que da paso al ciclo de explosión o combustión, en donde se da la liberación del contenido energético del combustible y genera

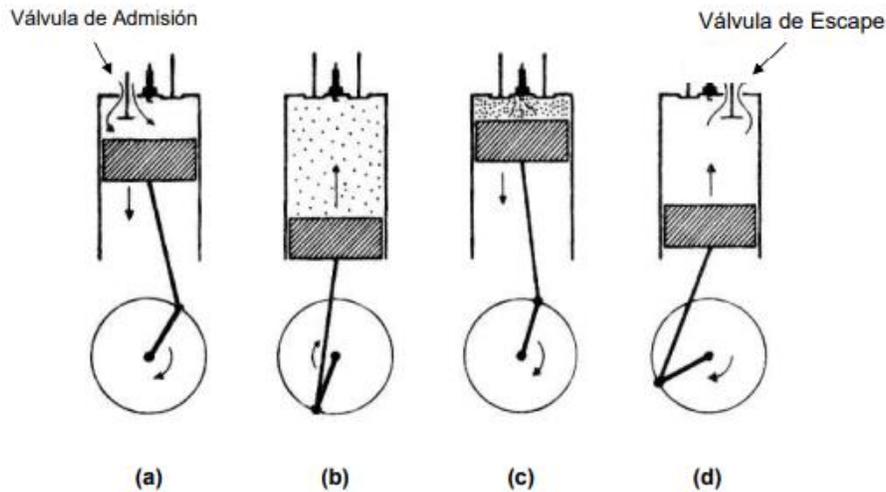
un aumento de volumen dentro del cilindro por el empuje del pistón hacia el punto muerto inferior. Por último, ocurre el ciclo de escape, en el cual el pistón estando en el punto muerto inferior, se mueve hasta punto muerto superior lo que, junto con la apertura de la válvula de escape, obliga a los gases de combustión a salir del cilindro (Orozco, 2020).

2.2.10 Ciclo Otto

El ciclo Otto en un motor cuatro tiempos es conocido por ser el principio de operación de los motores a gasolina y se completa con cuatro carreras del pistón, dos vueltas del cigüeñal y una vuelta del eje de las levas. Este describe tiempos similares al motor diésel, pero con algunas diferencias constructivas, en relación de compresión, en la forma que se inicia la combustión y se da la inyección, el desarrollo de las propiedades termodinámicas y las emisiones de gases generadas.

En la Figura 2-9 se evidencia el ciclo termodinámico que describe un motor otto, donde se muestra que durante el proceso de admisión se introduce al cilindro una mezcla de aire y combustible en una proporción determinada. Durante este proceso el pistón se desplaza desde su punto muerto superior hasta el inferior mientras la válvula de admisión se encuentra abierta. Una vez ingresa la mezcla esta se comprime en el momento en el que el pistón pasa de su punto muerto inferior al superior, durante este proceso ambas válvulas (la de admisión y la de escape) permanecen cerradas, terminado este proceso inicia el proceso de la combustión y a causa de este el pistón pasa del punto superior nuevamente al inferior generando trabajo por el movimiento que se genera en el cigüeñal a través de la biela. Una vez el pistón de nuevo se mueve hacia el punto muerto superior, se abre la válvula de escape, esto ocasiona que los gases de la combustión se dirija a la atmosfera.

Figura 2- 9 Ciclo termodinámico de un motor tipo Otto, a) Admisión, b) Compresión, c) Expansión, d) Escape (Sánchez, 2014)

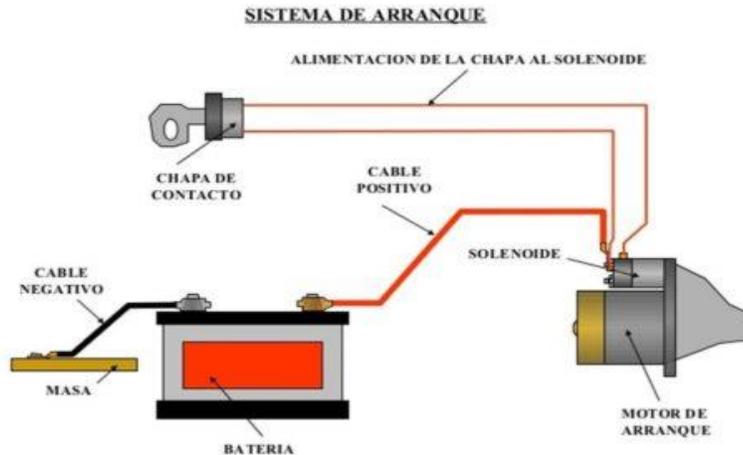


2.3 Circuito de arranque

En la antigüedad los motores tenían un sistema de arranque manual, por medio de una manivela se ponía en marcha el motor. Llevando a cabo nuevos avances de la actualidad se implementa el uso de un motor eléctrico el cual, por medio de un conductor circula corriente eléctrica creando un campo magnético llevando a sacar un conductor por medio de una llave de contacto o un pulsador la cual es la encargada de cortar o energizar la corriente según se lo ordenemos, al encender, genera los primeros giros del motor hasta que este funciona por sí mismo.

Un circuito de arranque está conformado por una batería la cual es la encargada de dar corriente al motor de arranque, este elemento nos permite poner en marcha el motor de combustión a través de la activación del impulsador esta parte se une mecánicamente al motor después de esto el motor de arranque se retrae. Logrando su total funcionamiento. Por medio del mecanismo de accionamiento el operario da paso a la energía almacenada en la batería la cual aporta la necesaria al motor de arranque transformándola en la energía mecánica de rotación que impulsa el movimiento del motor haciendo que este gire hasta que funcione por sí mismo. Dado esto la pieza mas importante de este circuito de arranque esta conformada por el mismo motor de arranque. (Casa Salesiana Manuel Lora Tamayo, 2020) . En la Figura 210 se evidencia un sistema de arranque con los componentes mencionados anteriormente.

Figura 2- 10 Sistema de arranque. (Hernández, 2013)



2.3.3 Principio de funcionamiento de un motor de arranque

La puesta en marcha de un motor de combustión interna debe darse a través de un estímulo externo manual, mecánico o automático a través de un motor de arranque. Este último, tiene como función principal hacer girar el cigüeñal a través del movimiento de la volante, lo cual hace que todo el sistema motor se ponga en movimiento generando principalmente el proceso de combustión. El motor de arranque usa la energía de una batería para alimentar sus imanes y generar un efecto electromagnético, el cual mueve su eje, que se acopla a la volante de inercia del motor de combustión y transmite su giro por medio de un piñón. Este engrana justo en el momento de arrancar con una corona dentada que está acoplada a la volante de inercia, cuando el motor de combustión está en marcha, el piñón del motor de arranque y la corona permanecen desengranados (Casa Salesiana Manuel Lora Tamayo, 2020).

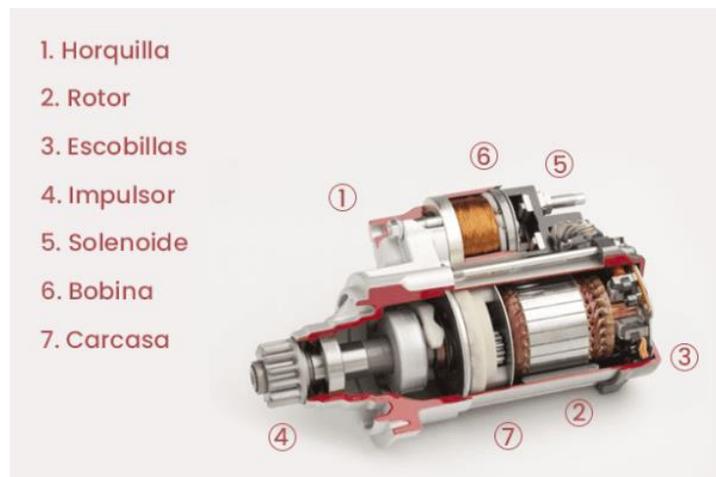
El motor de arranque debe asegurar el par de torsión necesario para vencer la resistencia del sistema en estático, por lo cual debe realizar un esfuerzo elevado para poner en marcha el motor de combustión, por lo tanto, el par de torsión a desarrollar dependerá del tipo de motor de combustión a mover, lo determina a su vez la potencia del motor de arranque y la capacidad de la batería que le suministra la energía.

2.3.4 Componentes del motor de arranque

Los componentes de un motor de arranque se enuncian a continuación y se muestran en la Figura 2-1.1 (Casa Salesiana Manuel Lora Tamayo, 2020):

- **Carcasa:** Es la encargada de rodear y proteger todo el sistema, tiene forma cilíndrica y en su interior se encuentran las bobinas sujetadas por masas polares.
- **Horquilla:** La horquilla se encarga de sostener el solenoide y de desplazar el impulsor a la rueda dentada del volante motor
- **Solenoide:** También llamado contactor, se encarga de cerrar el circuito eléctrico del motor de arranque.
- **Impulsor:** Se encarga de transmitir la fuerza de giro del rotor a la corona del motor térmico.
- **Escobillas:** Encargadas de emitir energía eléctrica al rotor
- **Rotor:** Transforma la energía eléctrica existente en la bobina en energía mecánica por inducción electromagnética
- **Bobina inductora:** Es un componente del circuito eléctrico que almacena la energía en un campo magnético gracias a la autoinducción.

Figura 2- 11 Componentes de un motor de arranque (Comercial Méndez, 2022)



3 Metodología

A continuación, se describen los métodos, herramientas y equipos usados con el fin de cumplir los objetivos específicos del presente trabajo de grados.

3.1 Estado actual de la planta eléctrica diésel

En el laboratorio de investigación y diagnóstico automotriz (LIDA) de la Institución Universitaria Pascual Bravo se cuenta con una planta eléctrica diésel, la cual está basada en un motor diésel JDP 3500 LH, monocilindro de 4 tiempos, refrigerado por aire y con una potencia nominal de 3.5 KW, esta planta contaba con un sistema de encendido manual, así como se evidencia en la Figura 3-1

Figura 3- 1 Planta eléctrica diésel con encendido manual



El sistema de encendido de esta planta se basaba en un arranque tipo “yoyo”, el cual requería que el operador en repetidas ocasiones halara de una cuerda de tracción, este a su vez acciona un sistema de polea y resorte que pone en movimiento el sistema, ya que es solidario a la volante del motor. El cable de encendido y el sistema de arranque descrito se evidencia en la Figura 3-2

Figura 3- 2 Sistema de encendido manual de planta eléctrica diésel



Una vez identificado los componentes del sistema, se procede con el desarmado de la planta; se identifican todas y cada una de las partes que la componen. Esto permite analizar los puntos del sistema que serán intervenidos para la aplicación de sistema arranque manual. En primer lugar, se procede a quitar la carcasa en la cual se encuentra la volante de inercia adaptada a la cremallera, esta última por sus características debe ser ensamblada a presión, generando un ajuste. Seguido de esto se procede a identificar las partes que se introducirán en el sistema para la mejora de la planta eléctrica, para ello se procede establecer el tipo y la referencia el motor de encendido eléctrico; para establecer el tipo de motor, primero se miden los centros de las perforaciones que se encuentran en la carcasa, y el diámetro de dichos orificios. Después de determinar las medidas, se procede a colocar un motor eléctrico que cuente con dichas dimensiones

3.1.1 Selección y ensamble del motor de arranque

Para determinar el motor eléctrico apto para el sistema, el engranaje de este debe coincidir de manera precisa con la cremallera la cual envuelve la volante de inercia, dado que el engranaje del motor eléctrico es una nueva pieza que se integra a la volante, este no debe interferir con el movimiento de esta, las dimensiones de dicho engranaje sean tales que coincidan de manera precisa con la cremallera. La integración de este componente debe garantizar el engranaje y desengrane de manera automática y transmitir el movimiento rotativo sin inconvenientes. Teniendo esto en cuenta es fundamental determinar la potencia eléctrica y el torque del motor de arranque con el fin de que sea capaz de producir la fuerza ejerciendo las revoluciones necesarias para generar el encendido, el motor de arranque es de corriente directa, la planta eléctrica cuenta con un motor diésel de 7 HP (Equipmaster, 2022) .

Se procede con la toma de medidas a los orificios de la tapa volante Figura 3-3, allí extrajeron las dimensiones para el motor eléctrico, seguido de esto se procedió a ensayar 4 tipos diferentes de motor de arranque que se ajustaran al sistema. Se encontró que el motor que se ajusta de manera precisa y adecuada al sistema cuenta con una potencia de 0.9kW.

Finalmente, se determinó que los parámetros necesarios para este motor son lo que se muestran en la Tabla 3-4

Figura 3- 3 Carcaza de la planta diésel



Tabla 3 4: Parámetros para motor de arranque AH-0.9KW-DJ.



Perforación ϕ [mm]	8
Distancia entre perforaciones [mm]	10.5
Potencia [kW]	0.9
Voltaje [V]	12

Para instalar el motor de arranque no se tuvo que modificar la estructura de la maquina ya que esta cuenta originalmente con el orificio y los tornillos de sujeción necesarios para ser ensamblado, en la Figura 3-3 se evidencia la carcasa de la planta donde va acoplada la volante-cremallera y el motor de arranque. Una vez instalado el motor de arranque se validaron las condiciones del engranaje del motor el cual irá ajustado con la cremallera de la volante. Dicho elemento es encargado de realizar el engranaje con el disco dentado en la volante de inercia. Cuando se realiza el encendido del motocultor este le da tracción a la cremallera para el arranque de la planta eléctrica que se encuentra en estado de reposo, permitiendo que la volante ejecute el deslizamiento axial del piñón Parte importante del ajuste de estas piezas es garantizar que la distancia entre la cremallera y el motocultor sea de dos milímetros que contacto entre las piezas evitando desgaste al encontrarse enfrentadas entre ellas

3.1.2 Selección cremallera

Para elegir la cremallera adecuada en este motor diésel se debe de tener en cuenta el tamaño de la volante, el cual lo define la potencia del motor. La volante presente en la planta es para un motor de 7 HP dicha volante de inercia cuenta con un diámetro de 5,3 cm de ancho y una circunferencia total de 62 cm. Para determinar el número de dientes (Z) de la cremallera se hizo con base en las mediciones tomadas de la volante de inercia, a partir de ello se buscó una cremallera que se ajustará de manera precisa a esta, obteniéndose como resultado una cremallera de 97 dientes. Una vez conocido el número de dientes de la cremallera y numero de dientes del impulsador el cual viene determinado en las especificaciones de fabrica del motor de arranque que cuenta con tiene 9 dientes, se procede a determinar la relación de transmisión que nos indica cuantas vueltas realiza el motocultor por cada vuelta de la volante. La relación de transmisión de engranajes viene dada por la siguiente ecuación:

$$i = \frac{Z_2}{Z_1}$$

Donde:

Z_2 son los dientes de la rueda dentada la volante de inercia =97

Z_1 son los dientes del motor del piñón de arranque= 9

$$i = \frac{97}{9} = 10,7 \cong 11$$

Esto nos quiere decir que por cada 11 vueltas que nos gira el motor del piñón de arranque la rueda dentada de la volante de inercia nos gira una sola vez.

En la Figura 3-2 se evidencia la volante y la cremallera seleccionada para el motor diésel.

Figura 3- 4 Volante y cremallera para motor diésel de 7HP

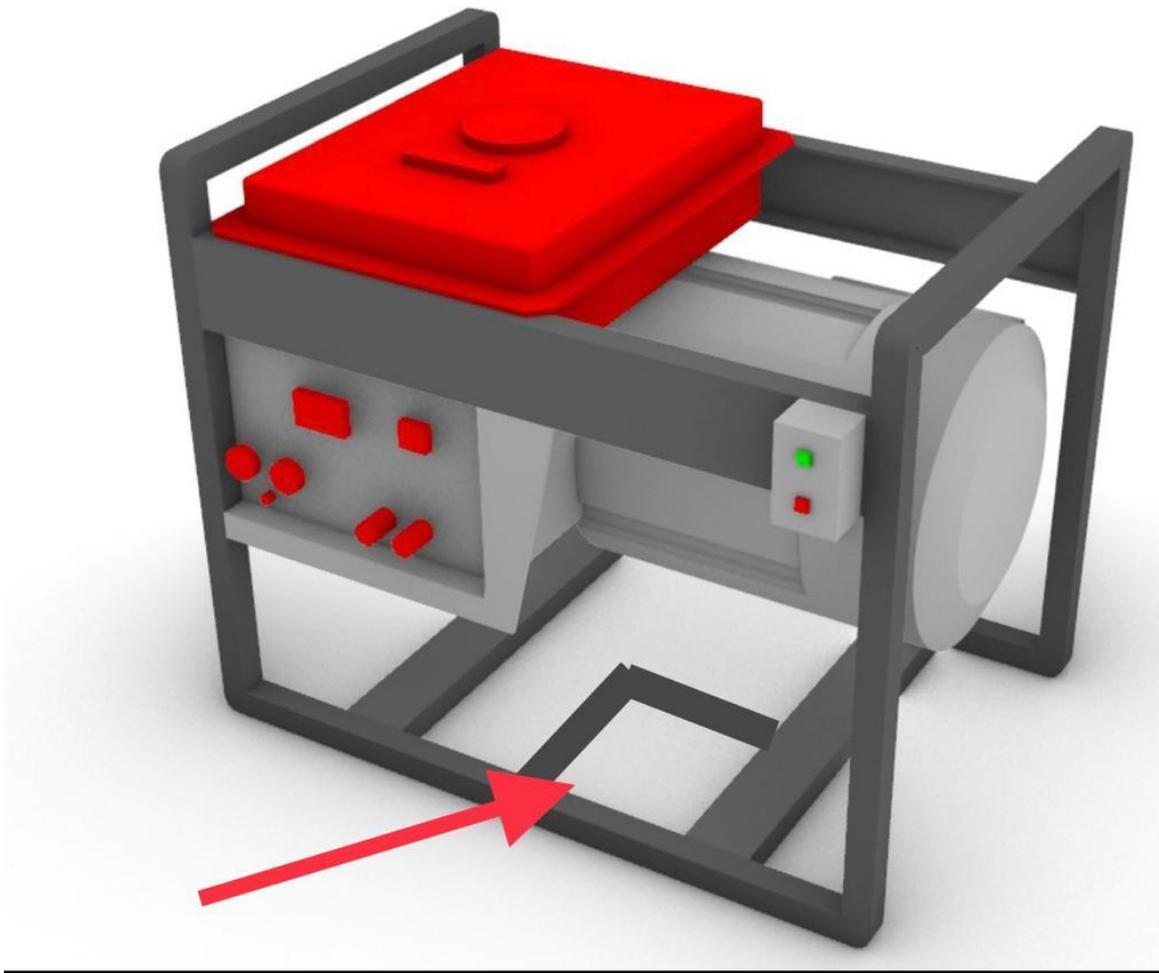


3.2 Selección de batería y adecuación de la estructura para el posicionamiento de la misma

Previo a la integración del motor eléctrico, la planta eléctrica se encendía de forma manual mediante arranque manual tipo "yoyo", por lo tanto, el sistema no contaba con una batería, dado que no requería de una fuente de energía para su funcionamiento; por esta razón la introducción de la batería dentro sistema es exclusiva para darle corriente al motor de arranque. Una vez determinados los parámetros del motor eléctrico, y verificar las condiciones necesarias para este se encontró que la referencia del motor de arranque apta para la integración del sistema es AH-0.9kW-DJ, para lo cual el fabricante especifica una corriente de 12V, por esta razón la batería que se implementará tiene este voltaje.

Con el fin de adecuar la batería a la estructura de la planta eléctrica diésel, se diseñó un soporte de acero al carbón, las dimensiones de este soporte se toman de acuerdo a las dimensiones de la batería, el cual se integra a la estructura de la planta, dicho soporte se suelda a la estructura con soldadura eléctrica aportando electrodos 6011 ya que es apto para ser utilizados en todas las posiciones con una alta penetración y cuya disposición se refleja en la Figura 3-5

Figura 3- 5 Modelo de planta eléctrica diésel con modificación para montaje de batería



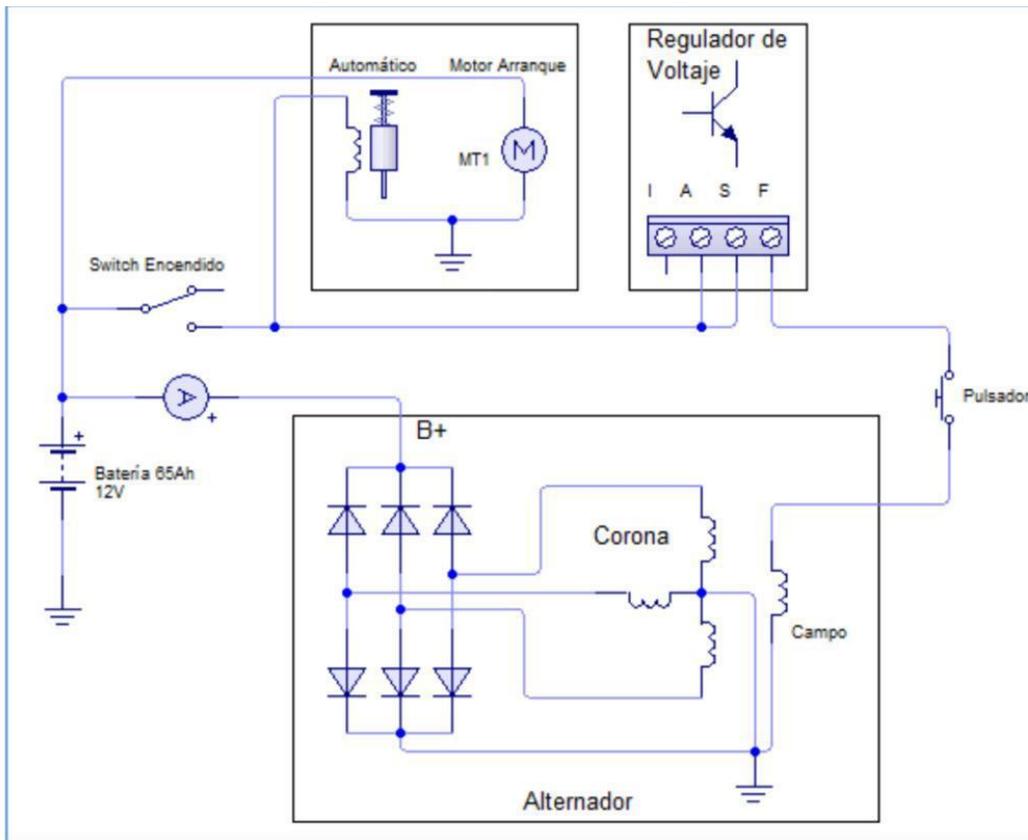
La función principal de la batería es la de suministrar energía eléctrica con el fin de poner en marcha el motor de arranque, para que esto sea posible se debe garantizar:

- **Capacidad nominal:** esta nos indica la capacidad de corriente este parámetro se mide en Ah (amperios hora)
- **Intensidad de arranque en frío:** esto nos indica la cantidad de corriente que la batería puede suministrar con el fin de arrancar en frío el motor de arranque. Una batería en buenas condiciones nos debe de aportar su máxima corriente en un periodo aproximado de 30 segundos a 0 °.

3.3 Diagrama eléctrico

Es la representación gráfica del circuito eléctrico, es indispensable para saber las conexiones del sistema en el momento de realizar una posible reparación. En la Figura 3-6 se evidencia el circuito eléctrico del encendido automático implementado en la planta de generación de energía diésel de la Institución Universitaria Pascual Bravo.

Figura 3- 6 Diagrama eléctrico del encendido automático en la planta de generación de energía diésel (Sánchez, 2017)



3.3.1 Pulsador de arranque

Es la pieza del sistema de arranque, este conductor nos permite desviar o interrumpir la corriente eléctrica, entre los contactos de la batería y el motor de arranque, se implementó un pulsador

4 Resultados

4.1 Implementación del sistema de arranque en planta diésel

A continuación, se mostrarán los resultados de la implementación de un sistema automático para el encendido de una planta diésel en el cual se puede evidenciar la ubicación y el posicionamiento en la Figura 4-1 de la cremallera en la volante de inercia. Posteriormente, en la Figura 4-2 se evidencia el espacio utilizado en la planta actual donde se ensambló el motor de arranque seleccionado

Figura 4- 1 Ubicación y posicionamiento de la cremallera

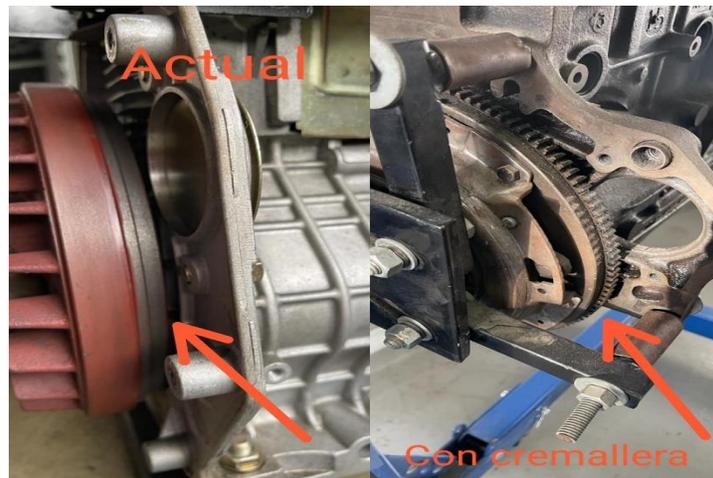
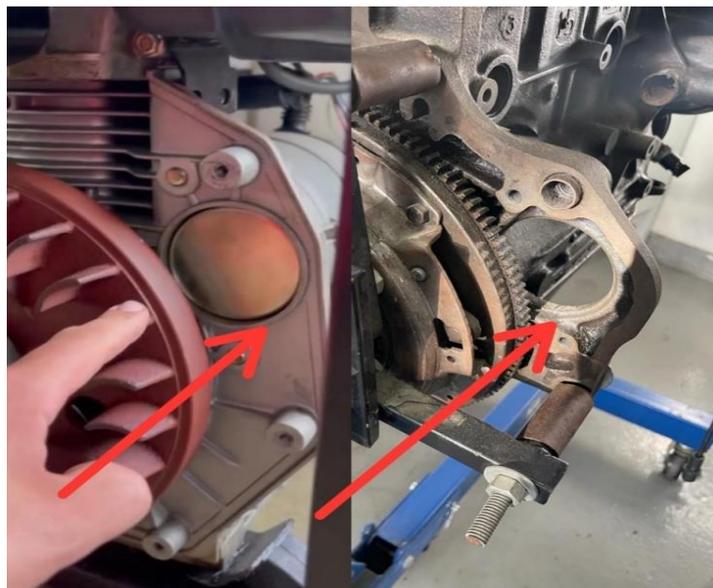


Figura 4- 2 Espacio para posicionamiento del motor de arranque



Seguido a esto, se hizo el ensamble del motor de arranque, en el momento de ejecutar su montaje fue de sumamente importancia validar que el motor de arranque cumpliera con la potencia y el torque necesario, garantizando que sea posible generar el movimiento y las revoluciones necesarias al generar el arranque, de igual modo validar sus movimientos, que todo quedara acoplado de la mejor manera posible, por lo tanto se presentan los planos de ensamble en la Figura 4-3 y posteriormente se presenta el antes y después del montaje del motor de arranque en la Figura 4-2

Figura 4- 3 Plano de ensamble de motor de arranque y cremallera

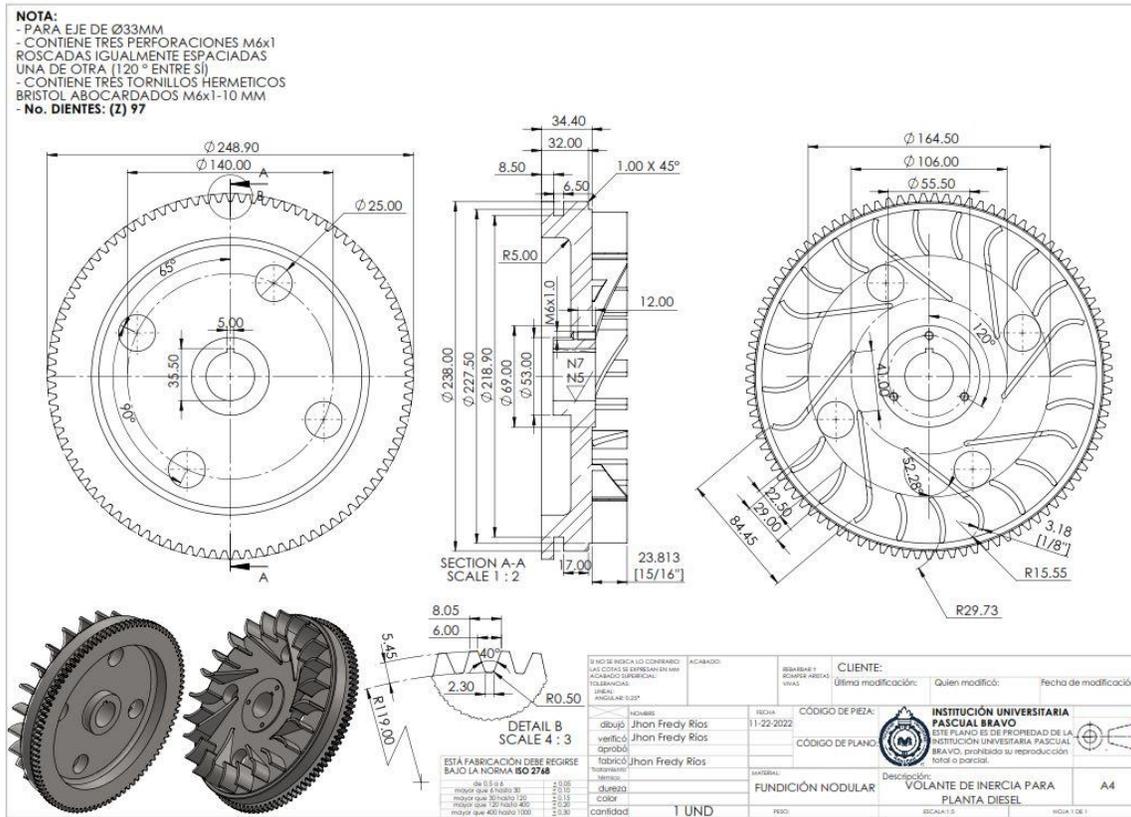
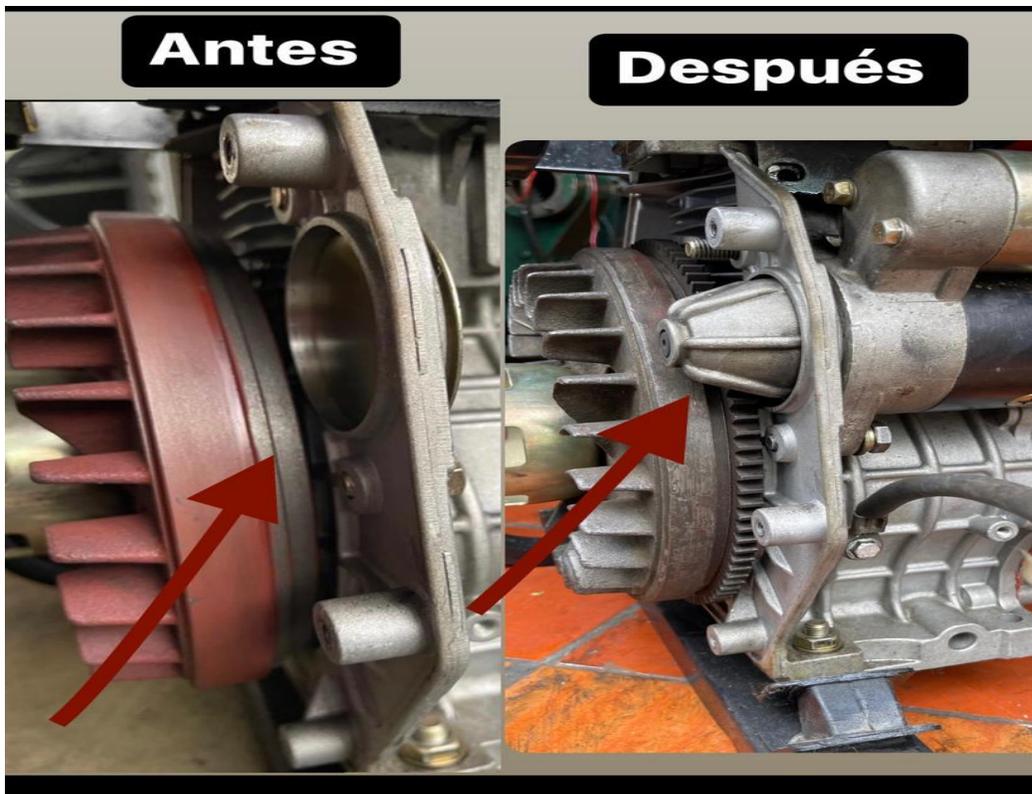


Figura 4- 4 Vista isométrica de volante con adecuación de cremallera



Figura 4- 5 Comparativa antes y después de ensamble motor arranque



4.2 Adecuaciones hechas a la planta diésel

Implementando acero al carbón ASTM A36 por su comerciabilidad y propiedades mecánicas se realizó la adaptación del soporte cuyo diseño se evidencia en la Figura 33 para posicionar en este la batería, la adecuación final de evidencia a continuación en la Figura 4-6

Figura 4- 6 Diseño de estructura para batería

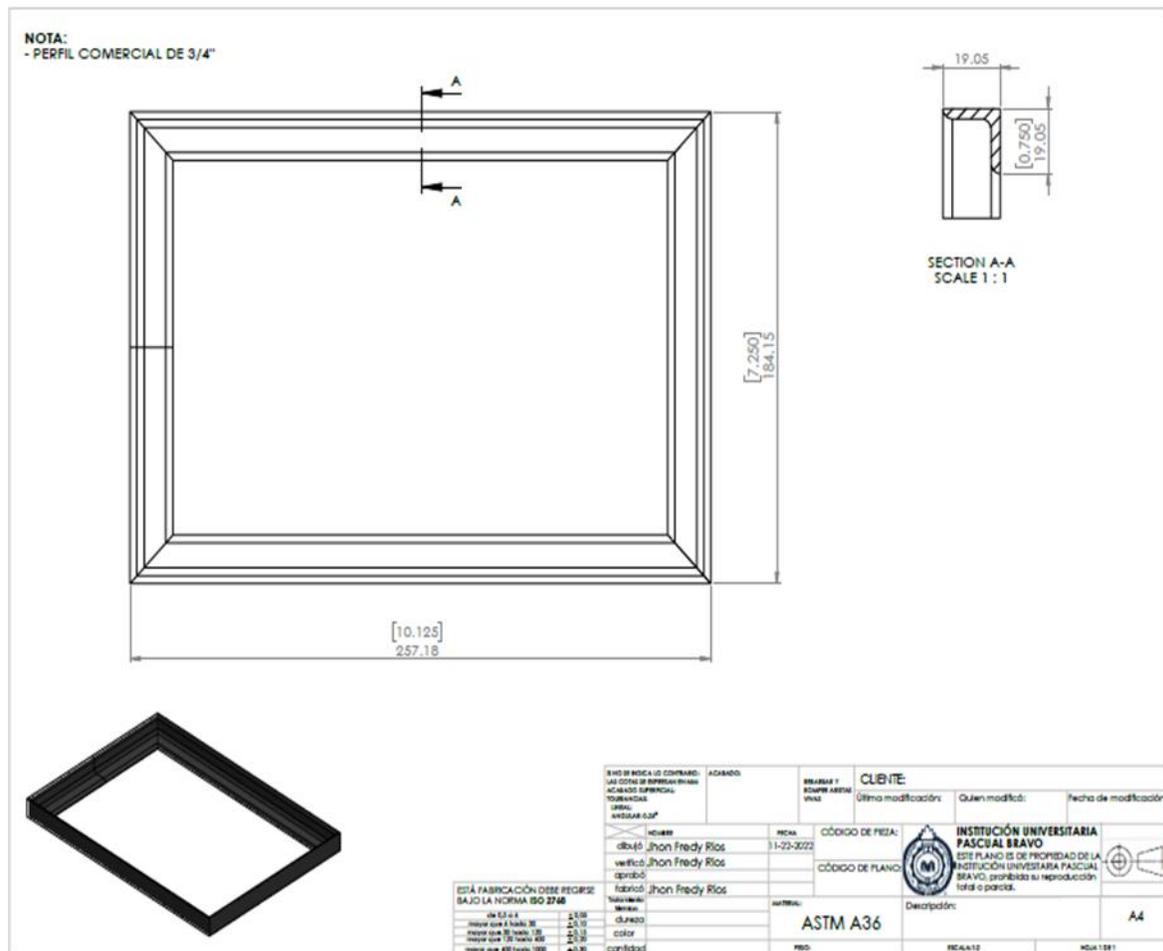


Figura 4- 7 Adecuación a la estructura final según diseño planteado



Posteriormente se hizo la adecuación del pulsador en la estructura de la planta diésel y para no perder su diseño estético se optó por poner el pulsador al lado del tablero, se perforó con una broca de 12 milímetros de espesor ya que es la medida de la circunferencia del pulsador, como se muestra en la Figura 4-8

Figura 4- 8 Adecuación del pulsador en tablero planta diésel



Finalizando se realizan todas conexiones, validando paso por paso y de acuerdo al plano del diagrama eléctrico presentado anteriormente, se anexa el vídeo (.mp4) de operación del sistema de arranque manual.

En el **anexo 1** se encuentra el link del video en el cual se observa la automatización del encendido eléctrico de la planta diésel.

5 Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones

- La integración de este nuevo sistema de encendido automático permitirá una disminución en los tiempos de encendido de la planta y el desgaste físico de las personas que emplean la máquina, puesto que previo a la integración del motor de arranque, era necesario halar el “yoyo” siendo en varias ocasiones poco eficiente puesto que se pudo observar que en muchas ocasiones era necesario halarlo de forma repetitiva. Esto a su vez disminuirá las posibilidades de daño y reparación dentro del sistema ya que al no ser necesario halar el yoyo, este no queda condicionada por la fuerza efectuada por una persona en la acción de halarlo, sino que esta sujeta a la presión de un botón, volviéndolo un sistema mucho más eficiente y automatizado
- Se logró realizar la automatización para la sección de encendido: ON/OFF constando de un impulsador el cual es el encargado de encender o interrumpir .la energía por medio de una batería. Esta está encargada de accionar el motor de arranque, el cual una vez pone en marcha la volante de inercia en su funcionamiento, logrando encender la planta eléctrica.
- Otro aspecto que se debe considerar para futuras implementaciones, son los costos de los materiales empleados, ya que para la integración del motor de arranque se utilizaron materiales con un costo elevado. Dado que estas no son de uso comercial debido al tipo de la planta eléctrica, por lo que, al comparar el valor de las piezas con el precio de la planta eléctrica, este equivale a un 20% del precio de esta. Lo cual puede resultar improductivo si se pretende implementar a mayor escala. Ahora bien, la implementación de este sistema automatizado puede resultar conveniente para otras plantas con mayor uso comercial, siendo más asequibles las piezas que se integran al sistema pudiendo alcanzar un punto de equilibrio este el costo y el beneficio de este sistema.

5.2 Recomendaciones

Capacitar al personal que realice las intervenciones y/o prácticas en la planta eléctrica diésel, sobre su nuevo funcionamiento y operación.

Instalar un sistema de carga adecuado

Proponer proyectos de investigación en la planta diésel orientados al uso de combustibles alternativos y renovables

Bibliografía

- (s.f.). Obtenido de GENTICENTER: <https://genticenter.com/Generadores-electricos-diesel-comerciales-HASTA-75-kVA-c58024015>
- Alonso, A. (12 de Diciembre de 2009). *AREATECNOLOGIA*. Obtenido de <https://www.areatecnologia.com/mecanismos/turbina-de-vapor.html>
- Campo, M. Á. (09 de Abril de 2010). *Canales Sectoriales Interempresas*. Obtenido de <https://www.interempresas.net/Quimica/Articulos/39374-Las-plantas-de-ciclo-combinado-como-solucion-a-la-creciente-demanda-energetica.html>
- Casa Salesiana Manuel Lora Tamayo*. (27 de Marzo de 2020). Obtenido de <https://jerezmlt.salesianos.edu/wp-content/uploads/2020/03/Motor-Arranque-Archivo-adjunto-1%C2%BAF-SCA.pdf>
- Castañeda, J. A. (28 de Mayo de 2020). *GENERAC*. Obtenido de <https://blog.generaclatam.com/electricidad-industrial>
- Comercial Méndez*. (11 de Mayo de 2022). Obtenido de <https://comercialmendez.es/es/blog/noticias/funcionamiento-del-motor-de-arranque>
- CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR*. (26 de Febrero de 2015). Obtenido de <https://www.csn.es/documents/10182/26f1078a-76da-44a1-b106-8be0159d9f41>
- Ecoinventos green technology*. (03 de Marzo de 2022). Obtenido de <https://ecoinventos.com/paneles-solares-fotovoltaicos-en-diferentes-tipos-de-tejados/>
- enel green power*. (27 de Mayo de 2020). Obtenido de <https://www.enelgreenpower.com/es/learning-hub/energias-renovables/energia-hidroelectrica/turbina-hidroelectrica>
- Escobar Tapia, D. S., & Vaca Martinez, A. D. (15 de Marzo de 2010). *Acondicionamiento de un motor de combustión interna a gasolina con sistema de inyección electrónica como maqueta didáctica para la implementación de los laboratorios de la*

- especialidad en ingeniería electromecánica de la unidad académica de ciencias de IC.* LATAGUNA: UTC. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/1155/1/T-UTC-0813.pdf>
- Factor Energía.* (23 de Julio de 2018). Obtenido de <https://www.factorenergia.com/es/blog/eficiencia-energetica/energia-eolica/>
- Factor energía.* (18 de Junio de 2021). Obtenido de <https://www.factorenergia.com/es/blog/autoconsumo/energia-solar/>
- Foronuclear.* (22 de Junio de 2010). Obtenido de <https://www.foronuclear.org/actualidad/a-fondo/que-es-un-reactor-nuclear-y-que-elementos-lo-constituyen/>
- Gil, I. J. (22 de Noviembre de 2017). Obtenido de <https://www3.gobiernodecanarias.org/medusa/ecoblog/fsancac/2017/11/22/hidroelctricas/>
- Haro, F. (20 de Mayo de 2020). *GENERAC.* Obtenido de <https://blog.generaclatam.com/planta-de-generaci%C3%B3n-de-energ%C3%ADa-el%C3%A9ctrica>
- Hernandez, A. (03 de Marzo de 2013). *Slideshare.* Obtenido de <https://image.slidesharecdn.com/sistemadearranque-130303190027-phpapp01/85/>
- Ibáñez. (4 de Agosto de 2016). *Motorpasión.* Obtenido de <https://www.motorpasion.com/compactos/el-ocaso-del-diesel-origen-y-popularizacion>
- IEA. (26 de Octubre de 2022). *International Energy Agency.* Obtenido de <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/world-gross-electricity-production-by-source-2019>
- Ingeniería Mecafenix.* (12 de Febrero de 2019). Obtenido de <https://www.ingmecafenix.com/electronica/tipos-de-cables-electricos/#more-4633>
- Mateos-Aparicio, J. P. (23 de Septiembre de 2022). *Autofácil.* Obtenido de <https://www.autofacil.es/tecnica/funciona-motor-arranque/197251.html>
- Orozco, S. J. (2020). *Biblioteca digital Udea.* Obtenido de https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/17278/7/JaramilloSebastian_2020_PlantaGeneracionElectrica.pdf
- PRIMAGAS. (15 de Abril de 2021). *PrimaBlog.* Obtenido de <https://blog.primagas.es/generacion-energia-electrica-con-gas>

Quispe, D. D. (2015). *Monografías*. Obtenido de INSTITUTO DE EDUCACIÓN SUPERIOR TECNOLÓGICO PÚBLICO: <https://www.monografias.com/trabajos104/motor-diesel/image004.jpg>

REPSOL. (2020). *REPSOL GLOBAL*. Obtenido de <https://www.repsol.com/es/energia-innovacion/energia-futuro/transicion-energetica/energia-electrica/index.cshtml#:~:text=La%20energ%C3%ADa%20el%C3%A9ctrica%20es%20un,generar%20la%20llamada%20corriente%20el%C3%A9ctrica>.

Rodriguez, R. (19 de Octubre de 2020). *GENERAC*. Obtenido de <https://blog.generaclatam.com/como-funciona-una-planta-generadora-de-electricidad#:~:text=El%20motor%20de%20combusti%C3%B3n%20interna,lo%20convierte%20en%20energ%C3%ADa%20el%C3%A9ctrica>.

Sánchez, F. M. (2014). *Caracterización de un motor de combustión interna con dos tipos de combustible*. Sanfandila: Instituto Mexicano del Transporte.

Sanchez, J. L. (02 de Octubre de 2017). *Diseño e implementación de un sistema de arranque eléctrico para un motocultor modelo YTO-DF 15L*. RIOBAMBA.

Teresa Andrés Blanco. (15 de Junio de 2021). *BBVA Creative*. Obtenido de <https://www.bbva.com/wp-content/uploads/2021/06/BBVA-molinos-eolicos-energia-renovable-sostenibilidad.jpg>

Anexos

Anexo1:

Vídeo .mp4 con ensayos de encendido y apagado de la plata diésel con el sistema automático

https://drive.google.com/file/d/1QpXuVkrtDQSacSNOdfPPz6qilb_DwRH8/view?usp=share_link