



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

**SEDE CUENCA**

**CARRERA DE ELECTRICIDAD**

**DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE  
TRANSFERENCIA AUTOMÁTICO PARA LA ENERGÍA DE  
RESPALDO DURANTE FALLAS EN EL SUMINISTRO  
ELÉCTRICO**

Trabajo de titulación previo a la obtención  
del título de Ingeniero Eléctrico

AUTORES: STEEVEN ULISES PAREDES JARAMILLO  
KEVIN ANDRES BRAVO NARANJO

TUTOR: ING. CARLOS ULICER PERALTA LÓPEZ, MGST.

Cuenca – Ecuador

2024

## CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Steeven Ulises Paredes Jaramillo con documento de identificación N° 0706488251 y Kevin Andrés Bravo Naranjo con documento de identificación N° 0106965064; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Cuenca, 01 de abril del 2024

Atentamente,



Steeven Ulises Paredes Jaramillo

0706488251



Kevin Andrés Bravo Naranjo

0106965064

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL  
TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA  
SALESIANA**

Nosotros, Steeven Ulises Paredes Jaramillo con documento de identificación N° 0706488251 y Kevin Andres Bravo Naranjo con documento de identificación N° 0106965064, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto técnico: “Desarrollo e implementación de un sistema de transferencia automático para la energía de respaldo durante fallas en el suministro eléctrico”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Eléctrico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 01 de abril del 2024

Atentamente,



Steeven Ulises Paredes Jaramillo

0706488251



Kevin Andres Bravo Naranjo

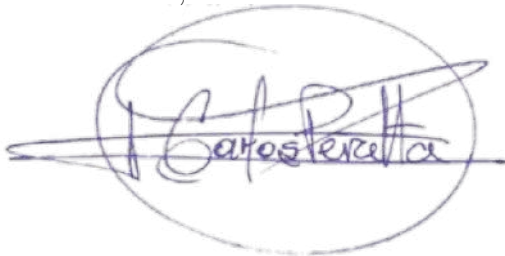
0106965064

## CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Carlos Ulicer Peralta López con documento de identificación N° 0103112561, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE TRANSFERENCIA AUTOMÁTICO PARA LA ENERGÍA DE RESPALDO DURANTE FALLAS EN EL SUMINISTRO EL ELÉCTRICO, realizado por Steeven Ulises Paredes Jaramillo con documento de indentificación N° 0706488251 y por Kevin Andrés Bravo Naranjo con documento de identificación N° 0106965064, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 01 de abril del 2024

Atentamente,

A handwritten signature in blue ink, enclosed within a circular stamp. The signature is stylized and appears to read 'Carlos Ulicer Peralta'. The stamp is a simple circle with a thin border.

---

Ing. Carlos Ulicer Peralta López, Mgst.

0103112561

---

## DEDICATORIA

*A mi amado Padre, Ulises y a mi querida Madre, Yessenia por su inquebrantable apoyo, amor incondicional y sabios consejos que han sido la brújula que guió cada paso de mi viaje académico. Gracias por ser mi fuente inagotable de inspiración y por enseñarme la importancia de la perseverancia. A mis Abuelas, Fanny y Maura, con cariño y gratitud infinita, agradezco el legado de sabiduría y amor que han dejado en mi vida. Sus historias, valores y ternura han sido faros que iluminaron mi camino. A mi apreciado hermanito Taylor, eres la chispa que ilumina mi vida con alegría y amor. Tu presencia ha hecho que cada desafío valga la pena. Este logro es el resultado de la dedicación y el amor de cada uno de ustedes. Agradezco profundamente el sacrificio y el apoyo que me han brindado a lo largo de esta travesía. Con todo mi amor y agradecimiento.*

**Steeven Ulises Paredes Jaramillo**

*Quiero agradecer a mis amados Padres Ángel y Lourdes, cuyo apoyo siempre fue incondicional, sacrificio y amor han sido el pilar fundamental en mi camino hacia la culminación de este logro. Gracias por creer en mí, por alentarme en los momentos difíciles y por inspirarme a superarme como persona. A mi querida Abuela Mercedes, cuya sabiduría, cariño y aliento han sido una fuente constante de inspiración. Tus palabras de aliento y tus consejos han sido un faro en mi camino académico y sobre todo personal ya que gracias a ti he seguido un buen camino. A mi hermana Claudia, compañera de travesías y confidente, gracias por tu constante apoyo, comprensión y ánimo. Tus palabras de aliento y tu presencia han sido un bálsamo en los momentos de desafío. A cada uno de ustedes, les dedico este logro. Su amor y apoyo han sido el motor que me impulsó a perseverar y alcanzar este importante hito en mi vida. ¡Gracias por ser mi familia y por estar siempre a mi lado!*

**Kevin Andres Bravo Naranjo**

## RESUMEN

La investigación y desarrollo abordados en esta tesis tienen como objetivo central la creación y aplicación de un sistema de transferencia automática destinado a proporcionar respaldo energético en situaciones de interrupciones en el suministro eléctrico. Este proyecto cobra especial relevancia en el contexto de su implementación en un laboratorio de la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca, donde se busca no solo asegurar un suministro ininterrumpido de energía, sino también optimizar la eficiencia y la adaptabilidad de la instalación eléctrica. Este sistema servirá como herramienta para que los estudiantes puedan realizar prácticas y experimentos, enriqueciendo su formación académica y habilidades prácticas en el campo de la ingeniería eléctrica.

Uno de los aspectos clave de este proyecto es la cuidadosa selección de un generador de respaldo con capacidad adecuada para satisfacer las necesidades específicas del laboratorio. Este generador se integrará de manera integral en la instalación, aprovechando la implementación de un sistema de arranque remoto para el motor de combustión interna, permitiendo un control eficiente y práctico del suministro energético. Además, se abordará la complejidad de adaptar un generador monofásico mediante un sistema de conversión trifásica para un motor usado como carga, asegurando su completa integración y compatibilidad con la red eléctrica existente en el laboratorio universitario.

La tesis también se enfocará en la configuración de un interruptor de transferencia automática (ATS) que, mediante la detección precisa de fallas en el suministro eléctrico principal, activará automáticamente el generador de respaldo. Este componente es esencial para garantizar una transición fluida y sin interrupciones durante eventos imprevistos, consolidando así la confiabilidad del sistema en el laboratorio de la Universidad Politécnica Salesiana. En última instancia, este proyecto no solo contribuirá a la seguridad y continuidad de las operaciones en el laboratorio, sino que también servirá como un caso de estudio valioso para futuras implementaciones similares en entornos académicos y científicos.

## ABSTRACT

The main objective of the research and development addressed in this thesis is the creation and application of an automatic transfer system designed to provide energy backup in situations of power supply interruptions. This project is especially relevant in the context of its implementation in a laboratory of the Universidad Politécnica Salesiana Cuenca, where it seeks not only to ensure an uninterrupted power supply, but also to optimize the efficiency and adaptability of the electrical installation. This system will serve as a tool for students to perform practices and experiments, enriching their academic training and practical skills in the field of electrical engineering.

One of the key aspects of this project is the careful selection of a backup generator with adequate capacity to meet the specific needs of the laboratory. This generator will be integrally integrated into the facility, taking advantage of the implementation of a remote start system for the internal combustion engine, allowing for efficient and practical control of the power supply. In addition, the complexity of adapting a single-phase generator through a three-phase conversion system for an engine used as a load will be addressed, ensuring its complete integration and compatibility with the existing electrical network in the university laboratory.

The thesis will also focus on the configuration of an automatic transfer switch that, by accurately detecting failures in the main power supply, will automatically activate the backup generator. This component is essential to ensure a smooth and uninterrupted transition during unforeseen events, thus consolidating system reliability at the Salesian Polytechnic University laboratory. Ultimately, this project will not only contribute to the safety and continuity of operations in the laboratory, but will also serve as a valuable case study for future similar implementations in academic and scientific environments.

# ÍNDICE GENERAL

<b>CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN</b>	<b>I</b>
<b>CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR</b>	<b>II</b>
<b>CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN</b>	<b>III</b>
<b>DEDICATORIA</b>	<b>IV</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>V</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	<b>X</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	<b>XIII</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>OBJETIVOS</b>	<b>3</b>
<b>1 SELECCIÓN DEL GENERADOR DE RESPALDO</b>	<b>4</b>
1.1 Revisión de Generadores de Respaldo . . . . .	4
1.1.1 Análisis de los tipos de generadores disponibles en el mercado.	4
1.1.1.1 Conforme a la tensión generada . . . . .	4
1.1.1.2 Dependiendo del tipo de combustible . . . . .	6
1.1.1.3 En función de la estabilidad de la corriente eléctrica .	8
1.1.1.4 Elementos clave a considerar . . . . .	9
1.1.2 Factores que afectan la eficiencia en Generadores. . . . .	10
1.1.2.1 Reducción de potencia en generadores . . . . .	10
1.1.3 Dimensionamiento del generador . . . . .	11
1.1.3.1 Cálculo de la demanda de potencia. . . . .	12
1.1.4 Evaluación de las capacidades de distintos modelos en relación con las necesidades energéticas específicas. . . . .	13
1.2 Criterios de Selección . . . . .	16



1.2.1	Establecimiento de los parámetros para evaluar la capacidad adecuada del generador de respaldo. . . . .	16
1.2.2	Diseño del Generador Monofásico . . . . .	17
1.2.3	Especificaciones técnicas del generador monofásico. . . . .	18
1.2.4	Normas de respaldo para aplicación . . . . .	18
1.2.4.1	REGLAMENTO TÉCNICO ECUATORIANO RTE INEN 092: . . . . .	18
1.2.4.2	ISO 8528: . . . . .	19
1.2.4.3	IEC 60034-22: . . . . .	20
1.2.5	Identificación de los requisitos para el arranque remoto del motor de combustión interna. . . . .	20
1.3	Implementación del Arranque Remoto . . . . .	21
1.3.1	Descripción detallada de la implementación del sistema de arranque remoto . . . . .	21
1.3.1.1	Materiales principales necesarios . . . . .	22
1.3.1.2	Diseño y ajustes . . . . .	26
1.3.1.3	Sistema eléctrico para arranque automático . . . . .	29
1.3.2	Evaluación de la efectividad del sistema en condiciones diversas. . . . .	32
1.3.2.1	Pruebas de tiempo para el encendido . . . . .	32
1.3.2.2	Encendido preciso . . . . .	33
1.4	Sistema de transferencia automática. . . . .	33
1.4.1	Concepto de Sistemas de transferencia automática. . . . .	33
1.4.2	Constitución de un Sistema de transferencia automático. . . . .	34
1.4.3	Diagrama de conexión entre el ATS, generador, red y carga. . . . .	35
<b>2</b>	<b>CAMBIADOR DE FASE DIGITAL Y MONTAJE DEL TABLERO DE CONTROL</b>	<b>36</b>
2.1	Desarrollo del sistema de conversión trifásica para su integración a una carga. . . . .	36
2.1.1	Motor trifásico . . . . .	38
2.2	Implementación del tablero de control . . . . .	39
2.2.1	Funcionalidades del tablero de control . . . . .	39
2.2.2	Diseño y distribución del tablero . . . . .	40
2.2.2.1	Proceso de conexión entre componentes del tablero de control: . . . . .	46
<b>3</b>	<b>CONFIGURACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL ATS</b>	<b>47</b>
3.1	Funcionalidades del Interruptor de Transferencia Automática. . . . .	48
3.1.1	Interruptor de transferencia automático Lovato. . . . .	48
3.1.2	Funciones de teclas y puertos de conexión . . . . .	49

3.2	Configuración del Sistema de Transferencia. . . . .	52
3.2.1	Detalles sobre la configuración del ATS de transferencia automática en control de tensión. . . . .	52
3.2.2	Parámetros configurados para la activación automática del generador de respaldo. . . . .	53
3.2.3	Parámetros configurados para la conmutación de la carga. . . . .	54
3.2.4	Proceso de conexiones de todo el sistema. . . . .	55
3.2.5	Ejemplos de transiciones sin interrupciones durante fallas en el suministro principal. . . . .	58
<b>4</b>	<b>Conclusiones y Recomendaciones</b>	<b>59</b>
4.1	Resultados . . . . .	59
4.1.1	Desempeño del Generador de Respaldo . . . . .	59
4.1.1.1	Pruebas de arranque automático y estabilidad de salida	59
4.1.1.2	Tiempo de transferencia y conmutación . . . . .	59
4.1.1.3	Integración del Interruptor de transferencia automática (ATS) . . . . .	60
4.1.2	Integración Exitosa con la Red Eléctrica . . . . .	60
4.1.2.1	Adecuación a la características de la red eléctrica. . . . .	60
4.1.3	Funcionamiento de cambiador de fase conectado al motor trifásico. . . . .	60
4.1.4	Funcionamiento del ATS. . . . .	61
4.1.4.1	Configuración precisa del ATS . . . . .	61
4.1.4.2	Vinculación efectiva con el generador y la red eléctrica	61
4.1.4.3	Detección y gestión de la transferencia de energía. . . . .	61
4.1.4.4	Supervisión continua y diagnóstico proactivo. . . . .	62
4.2	Conclusiones . . . . .	62
4.3	Recomendaciones . . . . .	63
	<b>ANEXOS</b>	<b>65</b>
	<b>A Implementación de motor de arranque en el generador</b>	<b>66</b>
	<b>B Tablero de control</b>	<b>69</b>
	<b>C Configuración de ATS Lovato RGK700 y conexiones</b>	<b>72</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>80</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

1.1	Generador Monofásico [1]. . . . .	5
1.2	Generador trifásico [2]. . . . .	6
1.3	Generador a gasolina [3]. . . . .	6
1.4	Generador a diesel [4]. . . . .	7
1.5	Generador a gas [5]. . . . .	8
1.6	Generador inverter [6]. . . . .	8
1.7	Generador BP [7]. . . . .	14
1.8	Generador Silk [8]. . . . .	14
1.9	Generador Honda [9]. . . . .	15
1.10	Generador Hyundai [10]. . . . .	15
1.11	Generador inverter [11]. . . . .	16
1.12	Diseño de generador parte 1 [12]. . . . .	17
1.13	Diseño de generador parte 2 [12]. . . . .	17
1.14	Motor de arranque *Fuente: Autores. . . . .	22
1.15	Bendix *Fuente: Autores. . . . .	23
1.16	Pieza diseñadas en torno *Fuente: Autores. . . . .	24
1.17	Cadena de Transmisión *Fuente: Autores. . . . .	25
1.18	Batería *Fuente: Autores. . . . .	25
1.19	Solenoide *Fuente: Autores. . . . .	26
1.20	Diseño de base de acople a cigüeñal *Fuente: Autores. . . . .	27
1.21	Bendix ajustado al cigüeñal del generador *Fuente: Autores. . . . .	28
1.22	Acople de placa metálica de 8mm *Fuente: Autores. . . . .	28
1.23	Enlace entre elementos *Fuente: Autores. . . . .	29
1.24	Ponchado de cables eléctricos *Fuente: Autores. . . . .	30
1.25	Motor universal para seguro de autos *Fuente: Autores. . . . .	31
1.26	Pegamento especial Montagekit *Fuente: Autores. . . . .	31
1.27	Servo motor implementado *Fuente: Autores. . . . .	32
1.28	Diagrama de conexión entre los componentes *Fuente: Autores. . . . .	35
2.1	DPS MY-PS-3 *Fuente: Autores. . . . .	37
2.2	DPS conexión ejemplo [13]. . . . .	38
2.3	Motor trifásico de 0,33HP *Fuente: Autores. . . . .	39

2.4	Diseño para tablero de control realizado en AutoCAD *Fuente: Autores.	40
2.5	Borne tipo hembra *Fuente: Autores.	41
2.6	Borne tipo ojo *Fuente: Autores.	42
2.7	Luces piloto *Fuente: Autores.	42
2.8	Boton emergente *Fuente: Autores.	43
2.9	Porta fusible *Fuente: Autores.	44
2.10	Contactador *Fuente: Autores.	44
2.11	ATS *Fuente: Autores.	45
2.12	Contexión resoectiva de partes *Fuente: Autores.	46
3.1	ATS RGK 700 [14].	48
3.2	Parte frontal [14].	49
3.3	Parte frontal [14].	49
3.4	Menú [14].	50
3.5	Esquema de conexión para grupos electrógenos trifásicos con alternador cargabatería preexitado. [14].	50
3.6	Conexiones para grupo electrógeno monofásico [14].	51
3.7	Conexiones para grupo electrógeno bifásico. [14].	51
3.8	Terminales. [14].	52
3.9	Conexión de fuente de generador al ATS *Fuente: Autores.	55
3.10	Conexión de arranque y magneto de apagado *Fuente: Autores.	56
3.11	Conexión de masa de generador *Fuente: Autores.	56
3.12	Conexión de red y generador al ATS *Fuente: Autores.	57
3.13	Salida de carga a DPS *Fuente: Autores.	57
3.14	Enlace entre DPS y motor trifásico - Conexión estrella *Fuente: Autores.	58
A.1	Montaje de sistema de anclaje, cadena y motor de arranque en el cigueñal.	66
A.2	Montaje de Batería.	67
A.3	Impulsor para ahogador.	67
A.4	Solenoides.	68
A.5	Motor de arranque implementado.	68
B.1	Elección de componentes usados para el tablero de control.	69
B.2	Cableado entre componentes del tablero.	70
B.3	Tablero de control y conexión.	70
B.4	Prueba con motor trifásico de 0,33 hp.	71
C.1	Configuración del ATS.	72

---

C.2 Prueba para encendido del generador desde el tablero. . . . .	73
C.3 Conexión completa del sistema. . . . .	73
C.4 Medición con medidor de calidad de energía. . . . .	75
C.5 Medición de voltaje y corriente . . . . .	75
C.6 Medición de potencia KVA . . . . .	76
C.7 Indicaciones de encendido del generador . . . . .	76

## ÍNDICE DE TABLAS

1.1	Datos de generador BP [7]. . . . .	14
1.2	Datos de generador Silk [8]. . . . .	14
1.3	Datos de generador Honda [9]. . . . .	15
1.4	Datos de generador Hyundai [10]. . . . .	15
1.5	Datos de generador Yamaha [11]. . . . .	16
1.7	Elementos y componentes del generador [12]. . . . .	18
1.9	Especificaciones técnicas del generador *Fuente: Autores. . . . .	18
1.10	Tiempos promedios de encendido *Fuente: Autores. . . . .	33
2.2	Especificaciones técnicas DPS *Fuente: Autores. . . . .	38
3.1	Configuración de parámetros de voltaje del ATS [14]. . . . .	52
3.2	Configuración para encendido y apagado del generador [14]. . . . .	53
3.3	Configuración para la conmutación [14]. . . . .	54
C.2	Tabla de mantenimiento del generador . . . . .	74

# INTRODUCCIÓN

La creciente necesidad de electricidad y la importancia de asegurar un suministro eléctrico ininterrumpido y fiable ha conducido al avance de sistemas automáticos que transfieren energía de respaldo en caso de fallos en el suministro eléctrico. Estos sistemas desempeñan un rol esencial en diversas aplicaciones, que van desde entornos industriales y comerciales hasta instalaciones críticas como hospitales y centros de datos. La urgencia de reducir los tiempos de interrupción y garantizar una transición fluida entre la fuente principal de energía y la de respaldo ha impulsado la investigación y desarrollo de soluciones eficaces y confiables [15].

Según la tesis de la Universidad César Vallejo que tiene como tema el Dimensionamiento y selección de un sistema de transferencia automático con inversor de redes para permitir el suministro eléctrico continuo en un centro de innovación tecnológica realizado por Omar Ruiz, es importante el contar con suministro continuo de energía eléctrica debido a los constantes cortes de energía por parte de las empresas de servicios eléctricos, se han desarrollado algunas tecnologías para utilizar fuentes de energía alternativas y proporcionar respaldo en caso de fallas en la red. La aplicación de estas tecnologías requieren conocimientos avanzados y personal capacitado, por lo que han sido estudiadas y examinadas por diversos investigadores para ayudar en su implementación [16].

Muchos procesos productivos necesitan un funcionamiento ininterrumpido de energía eléctrica, por lo que se hace necesario el uso de fuentes de energía adicionales a la red eléctrica para mantenerlas operativas ante fallas o disrupciones del sistema. El objetivo de los grupos electrógenos es conservar el fluido eléctrico en las cargas industriales y empresariales mientras que se restablece la energía de la Empresa Eléctrica. En este aspecto, los monitores de transferencia automática trabajan en el proceso de transferencia ya sea de la energía o del grupo electrógeno transformándolo en un proceso más confiable [17].

El desarrollo de un sistema de transferencia automático para la energía de respaldo durante fallas en el suministro eléctrico es un tema de gran relevancia en la actualidad, dada la creciente necesidad de garantizar un suministro energético continuo y confiable. En Ecuador, como en muchas otras regiones, la intermitencia de los recursos energéticos disponibles, junto con la vulnerabilidad de la red eléctrica frente a fallas, hace que sea esencial abordar esta problemática. El trabajo propuesto permitirá definir la capacidad de cambiar automáticamente entre el suministro eléctrico de la red y la energía generada localmente con un generador que permite un uso más eficiente de los recursos y una gestión inteligente de la energía.



# OBJETIVOS

## Objetivo General

Diseñar e implementar un sistema de transferencia automática para la energía de respaldo en una instalación eléctrica, con el propósito de garantizar un suministro de energía continuo y confiable durante interrupciones eléctricas. Este proyecto incluirá la implementación del sistema de transferencia en el laboratorio de la Universidad, lo que permitirá realizar prácticas y experimentos para mejorar la comprensión y aplicación de esta tecnología en entornos reales. El objetivo es cumplir con las necesidades específicas de la instalación, asegurando un funcionamiento eficiente y seguro del sistema de respaldo eléctrico.

## Objetivos Específicos

- Seleccionar un generador de respaldo con la capacidad adecuada para atender las necesidades energéticas de la instalación e implementar un arranque del motor de combustión interna de forma remota.
- Implementar un generador monofásico con un sistema de conversión trifásica para acoplar a un motor trifásico como carga, garantizando su plena integración y compatibilidad con el sistema eléctrico actual. Además, diseñar y llevar a cabo la implementación de un tablero de control completo, asegurando su óptimo funcionamiento y su adecuada distribución dentro del sistema.
- Configurar un interruptor de transferencia automático que detecte de manera precisa las fallas en el suministro eléctrico principal y active automáticamente el generador de respaldo, garantizando una transición sin interrupciones.

# CAPÍTULO 1

## SELECCIÓN DEL GENERADOR DE RESPALDO

### 1.1. Revisión de Generadores de Respaldo

#### 1.1.1. Análisis de los tipos de generadores disponibles en el mercado.

En numerosas situaciones, la demanda de energía es tan significativa que en ciertos escenarios se recurre al empleo de dispositivos mecánicos que compensan esta insuficiencia. Alternativamente, cuando se produce un corte en el suministro eléctrico proveniente de la red pública y se requiere una fuente de energía adicional para asegurar el abastecimiento en casos de emergencia y evitar la interrupción de la producción, se recurre a equipos conocidos como grupos electrógenos o de emergencia [15].

Un grupo electrógeno consiste en un conjunto compuesto por un generador eléctrico impulsado por un motor térmico (ya sea de gas, gasolina o diésel), unidos en el mismo eje, junto con los correspondientes dispositivos de control y comando. La función del motor es activar el rotor del generador, generando así corriente alterna y produciendo electricidad [15].

##### 1.1.1.1. Conforme a la tensión generada

**Monofásicos:** Son dispositivos que producen una corriente eléctrica de 220 voltios y están restringidos a potencias máximas que oscilan entre 15 y 20 kilovoltios-amperios (KVA). Estos generadores son los más comúnmente empleados en entornos domésticos o en proyectos de tamaño medio, ya que cumplen con los requisitos energéticos más bajos [18].



**Figura 1.1:** Generador Monofásico [1].

**Trifásicos:** Estos generadores generan una corriente eléctrica de 380 voltios y suelen proporcionar potencias a partir de los 15 kilovoltios-amperios (KVA). Esto significa que cuentan con la capacidad necesaria para alimentar equipos industriales que operan a 380 voltios, respaldar edificaciones (con la posibilidad de obtener 220 voltios por fase), así como alimentar maquinaria especial, demostrando un rendimiento superior en situaciones de consumo elevado [19].

En su principio de funcionamiento, los generadores trifásicos no presentan diferencias significativas con respecto a los generadores monofásicos. La característica distintiva esencial radica en la presencia de al menos tres zapatas polares equipadas con bobinas inductoras [19].

Cuando el rotor magnetizado, que crea un campo magnético en constante cambio, gira, genera voltajes alternos inducidos en cada bobina. Estos voltajes están separados temporalmente por un tercio de vuelta, equivalente a 120 grados de rotación. Es como si hubiera tres generadores monofásicos integrados en un solo cuerpo, con sus voltajes instantáneos diferenciándose en 120 grados durante el giro [19].



**Figura 1.2:** Generador trifásico [2].

#### 1.1.1.2. Dependiendo del tipo de combustible

**Gasolina:** Son los generadores eléctricos más comúnmente empleados, siendo especialmente adecuados para períodos de uso limitado. Son la elección preferida en hogares o estructuras pequeñas como respaldo en situaciones de emergencia, así como para aplicaciones ocasionales, como en sitios de trabajo temporales o áreas remotas. ¿La principal ventaja? Su asequibilidad, costos de mantenimiento más bajos y en general, menor peso para facilitar su transporte. Se encuentran disponibles modelos de dimensiones reducidas, con niveles de ruido mínimos y gran portabilidad [20].



**Figura 1.3:** Generador a gasolina [3].

**Diesel:** Desde la naturaleza intrínseca de su motor, estos generadores destacan por su resistencia y eficiencia, especialmente diseñados para aplicaciones extensas y

de uso prolongado. Una de sus particularidades notables es su capacidad para operar a 1500 revoluciones por minuto. ¿La ventaja que ofrecen? Una vida útil extendida, menor consumo de combustible. Estos generadores son ideales para aplicaciones que requieren un uso continuo [20].



**Figura 1.4:** Generador a diesel [4].

**Gas licuado (GLP o gas natural):** Los generadores impulsados por motor a gas han experimentado un crecimiento en su popularidad debido a su fiabilidad, eficiencia económica y sostenibilidad. Estos grupos electrógenos específicos pueden desempeñar diversas funciones, ya sea como la principal fuente de energía, en sistemas de cogeneración o como respaldo en situaciones de emergencia [21].

El motor de estos generadores puede ser alimentado tanto por Gas Natural Licuado como por gases especializados. En cuanto a los grupos electrógenos con motor de gas natural entubado, obtienen su combustible directamente de la red de distribución de gas natural, en cambio los grupos de gas natural licuado operan conectados a un depósito que requiere recargas periódicas [21].



Figura 1.5: Generador a gas [5].

### 1.1.1.3. En función de la estabilidad de la corriente eléctrica

**Generador eléctrico Inverter:** Estos dispositivos operan con un regulador de voltaje. Este componente contribuye a mejorar la calidad de la electricidad generada, garantizando una transmisión de energía más estable. Si se planea utilizar equipos delicados, como laptops o computadoras, se sugiere elegir esta alternativa para prevenir posibles daños a otros dispositivos [22].



Figura 1.6: Generador inverter [6].

#### 1.1.1.4. Elementos clave a considerar

**Nivel de ruido:** Algunos grupos electrógenos están diseñados para funcionar de manera silenciosa y son ideales en entornos residenciales o donde se requiera un nivel bajo de ruido. En entornos urbanos, residenciales o en lugares donde se requiere un bajo nivel de ruido, como hospitales, escuelas o zonas residenciales, los niveles de ruido bajos son esenciales para evitar molestias a las personas cercanas [23].

Algunas áreas tienen regulaciones estrictas sobre la contaminación acústica, lo que significa que los generadores deben cumplir con ciertos límites de ruido para operar legalmente. La importancia del nivel de ruido depende de la aplicación específica. En situaciones de emergencia, por ejemplo, el ruido puede ser menos crítico que en entornos de trabajo o eventos [23].

**Potencia:** La potencia del grupo electrógeno debe ser suficiente para cubrir la carga prevista, y a menudo se clasifica en kW (kilovatios) o kVA (kilovoltiamperios) [24].

**Mantenimiento:** La facilidad de mantenimiento y la frecuencia requerida son aspectos importantes a considerar para garantizar un rendimiento continuo. La importancia del mantenimiento se incrementa proporcionalmente al grado de automatización del grupo electrógeno. Cada máquina que forma parte de un proceso de generación continua debe ser preservada para evitar posibles fallos, ya que una interrupción no programada podría generar trastornos significativos en el sistema [18].

La relevancia de preservar la capacidad de generación en las máquinas, así como asegurar su disponibilidad frente a la demanda del sistema, respaldo, continuidad, flexibilidad y seguridad proporcionada por el grupo electrógeno, se fundamenta principalmente en la implementación de un mantenimiento planificado. Se identifican diversas modalidades de mantenimiento, tales como el predictivo, preventivo, en uso, cero horas y correctivo [18].

**Mantenimiento predictivo:** Se enfoca en anticipar o prever posibles fallas en el equipo mediante el análisis de factores externos variables, como temperaturas, vibraciones y condiciones operativas. Este enfoque también se apoya en cálculos matemáticos que tienen en cuenta el tiempo en horas de operación para realizar predicciones sobre futuras averías [18].

Mantenimiento preventivo: Tal como sugiere su denominación, este tipo de mantenimiento tiene como objetivo evitar eventos de falla futuros de manera planificada y oportuna en el equipo [18].

Mantenimiento en uso: Se refiere a las actividades que el operario lleva a cabo mientras el equipo está en funcionamiento, como inspecciones visuales, lubricación, apriete de tornillos, entre otros. Este tipo de mantenimiento demanda un entrenamiento básico por parte del operador [18].

Mantenimiento correctivo: Se orienta a corregir las fallas que surgen en los equipos, ya sea en el motor o en el sistema eléctrico y de generación, según sea el caso. En caso de detectar alguna avería, se debe informar de inmediato a los responsables del mantenimiento para que realicen la reparación o reposición necesaria [18].

Mantenimiento cero horas: Este tipo de mantenimiento se lleva a cabo después de una reconstrucción total del equipo, también conocida como *Overhaul* o reparación mayor. Durante este proceso, se sustituyen elementos como filtros, casquillos, pistones, entre otros. Esta acción garantiza un tiempo determinado de funcionamiento sin fallos a partir de cero horas. Se realiza una revisión básica que incluye apriete de tornillería, niveles, etc. No se requiere la intervención de un técnico especializado [18].

### 1.1.2. Factores que afectan la eficiencia en Generadores.

Los generadores están diseñados para funcionar mejor al nivel del mar o también cerca del mismo en condiciones de presión estándar y de temperatura, cualquier cambio en esos tipos condiciones puede llegar a reducir la producción y dañarlos. Las circunstancias extremas pueden dar lugar a que los generadores puedan llegar a detenerse por completo [25].

#### 1.1.2.1. Reducción de potencia en generadores

La proyección de los niveles de salida se pueden calcular aproximadamente utilizando una fórmula general. Según la fórmula estándar de ajuste, por cada incremento de 0.3048 km sobre el nivel del mar, un generador a diésel, gasolina o propano líquido



do tendría reducir su producción estándar en un rango del 2 al 3%. El factor de reducción promedio para los generadores de gas natural es del 5% [25].

El generador se implementará en la ciudad de Cuenca en Ecuador, la ciudad tiene una altura de 2560 metros y el generador tiene una potencia de 2200W. Para poder tener una estimación de la reducción de producción estándar dependiendo a la altura de la ciudad tendremos que primeramente dividir 2.56 km con el incremento en Km que sería 0.3048 teniendo así el número de incremento:

$$\frac{2,56}{0,3048} = 8,39 \quad (1.1)$$

Por lo tanto, para la reducción total tenemos que multiplicar el numero de incrementos que es 8 por la reducción por incremento que es 2.5% se escogió ese porcentaje por lo que el generador es a gasolina, tendríamos:

$$8 * 2,5 \% = 20 \% \quad (1.2)$$

La potencia en la que el generador de 2200W que se encuentra a una altura de 2,560 metros de altura sobre el nivel del mar trabajaría con una potencia de:

$$2200 - 20 \% = 1760W \quad (1.3)$$

### 1.1.3. Dimensionamiento del generador

Existen muchas marcas y modelos de generadores, con distintas capacidades. Hay que tener presente una serie de criterios al momento de elegir la opción correcta para un hogar o cualquier local. El principal es el consumo eléctrico del inmueble a implementar.

Uno de los métodos más sencillos y básicos es medir el consumo de corriente o del aparato eléctrico al que se desea alimentar, una vez realizado esto se multiplica la corriente por el voltaje y obtenemos la potencia total.

Otras formas de calcular el consumo de una manera técnica o por estadística es aplicando un medidor de calidad de energía en el ingreso del inmueble en el cual se desee dimensionar un generador y también se puede realizando un estudio de cargas o a su vez realizar una recolecta de las planillas de luz que se pagan cada mes para así realizar un calculo y sacar el consumo total por mes.

### 1.1.3.1. Cálculo de la demanda de potencia.

Al calcular el consumo eléctrico de los aparatos que se poseen, se puede determinar el consumo eléctrico de una casa. Para ello, lo único que se tiene que hacer es sumar el consumo eléctrico de cada aparato eléctrico del hogar y asegurarnos de que la potencia eléctrica de cada aparato esté expresada en la misma unidad.

En este caso se calculó el generador para una carga de un motor de hasta 1/2HP es decir 367,5 watts la cual se deberá multiplicar por tres veces el consumo de arranque que nos da 1102,5 esta potencia obtenida se los convierte a kW, dividiéndolo para 1000 que sería así:

$$\frac{1102,5}{1000} = 1,1025KW \quad (1.4)$$

Después para obtener en KVA, se dividirá el valor obtenido en kW entre el COS(FI):

$$\frac{1,1025}{0,8} = 1,378125KVA \quad (1.5)$$

Para obtener el valor de la potencia definitiva se recomienda un incremento del 20 % para no llevar al limite el generador es decir para contar con un margen de seguridad y evitar sobrecargas.

$$1,378125 + 20\% = 1,65375KVA \quad (1.6)$$

Pasamos las u La mejor elección en el mercado fue un generador de 2200 Watts considerando ue el arranque del motor consume tres veces su potencia nominal y tomando en cuenta la altitud de la ciudad de Cuenca.

#### **1.1.4. Evaluación de las capacidades de distintos modelos en relación con las necesidades energéticas específicas.**

La elección del generador adecuado para la implementación del arranque automático en nuestro laboratorio se convierte en un paso crucial en el desarrollo de esta investigación. Entre las cinco opciones de generadores disponibles, es imperativo identificar no solo el que cumpla con las condiciones técnicas, sino que también garantice una confiabilidad y eficiencia necesarias para respaldar las actividades experimentales.

Se establece como requisito mínimo que el generador seleccionado posea una capacidad de 220 voltios, asegurando así una potencia eléctrica suficiente para satisfacer las demandas de nuestro laboratorio. La elección de este componente no solo influye en la funcionalidad del sistema de arranque automático, sino que también impacta en la continuidad y estabilidad de nuestras operaciones de investigación.

Cada generador propuesto será sometido a una exhaustiva evaluación técnica, considerando factores como capacidad de carga, eficiencia energética, durabilidad y facilidad del mantenimiento. Además, se analizará la disponibilidad de repuestos en el mercado local, garantizando la sostenibilidad y viabilidad a largo plazo del sistema.

Este proceso de selección no solo busca cumplir con los requisitos mínimos de potencia, sino que también se enfoca en optimizar la confiabilidad del sistema a lo largo de la duración de la investigación. La elección del generador correcto desempeñará un papel esencial en la mejora de la operatividad del laboratorio, proporcionando la energía necesaria.

#### **Modelos adecuados para poder implementar:**

##### **Modelo 1: BP 02903**



**Figura 1.7:** Generador BP [7].

Característica	Detalle
Voltaje	110/220V
Frecuencia	60Hz
Potencia Máxima	2.5Kw
Potencia continua	2.0Kw
Cilindrada	210cc

**Tabla 1.1:** Datos de generador BP [7].

### Modelo 2: Silk



**Figura 1.8:** Generador Silk [8].

Característica	Detalle
Voltaje	110/220V
Frecuencia	60Hz
Potencia Máxima	2.2Kw
Potencia continua	2.2Kw
Cilindrada	210cc

**Tabla 1.2:** Datos de generador Silk [8].

### Modelo 3: Honda EZ3000CX



**Figura 1.9:** Generador Honda [9].

Característica	Detalle
Voltaje	110/220V
Frecuencia	60Hz
Potencia Máxima	3.0Kw
Potencia continua	2.6Kw
Cilindrada	200cc

**Tabla 1.3:** Datos de generador Honda [9].

#### Modelo 4: Hyundai HHY2500F



**Figura 1.10:** Generador Hyundai [10].

Característica	Detalle
Voltaje	110/220V
Frecuencia	60Hz
Potencia Máxima	2.2Kw
Potencia continua	2.0Kw
Cilindrada	210cc

**Tabla 1.4:** Datos de generador Hyundai [10].

#### Modelo 5: Yamaha EF2600



**Figura 1.11:** Generador inverter [11].

Característica	Detalle
Voltaje	110/220V
Frecuencia	60Hz
Potencia Máxima	2.6Kw
Potencia continua	2.3Kw
Cilindrada	171cc

**Tabla 1.5:** Datos de generador Yamaha [11].

## 1.2. Criterios de Selección

### 1.2.1. Establecimiento de los parámetros para evaluar la capacidad adecuada del generador de respaldo.

El dimensionamiento se basa en un proceso de evaluación de los cinco generadores disponibles, hemos optado por el Hyundai HHY2500F, Modelo 4, como la opción ideal para la implementación del arranque automático con el sistema de cadena en nuestro laboratorio. Este generador ha demostrado cumplir de manera excepcional con todos los requisitos esenciales, destacando por su eficiencia, confiabilidad y capacidad de 220 voltios al ser monofásico de 3 hilos.

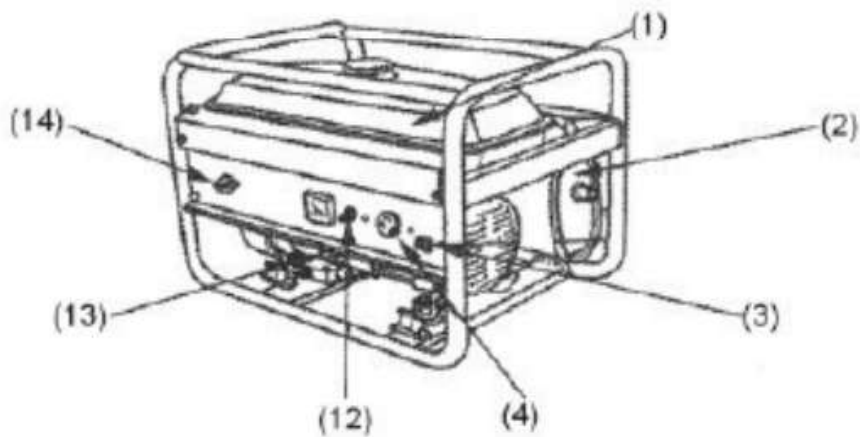
El Hyundai HHY2500F en las pruebas realizadas con cargas de hasta 1470 vatios que es de un motor, demostrando una capacidad de manejo de carga eficiente. Su diseño compacto y su facilidad de mantenimiento son características adicionales que lo hacen especialmente adecuado para nuestras necesidades.

Uno de los aspectos más destacados de esta elección es que, a pesar de cumplir con todos los requisitos técnicos exigidos, el valor del Hyundai HHY2500F no resulta

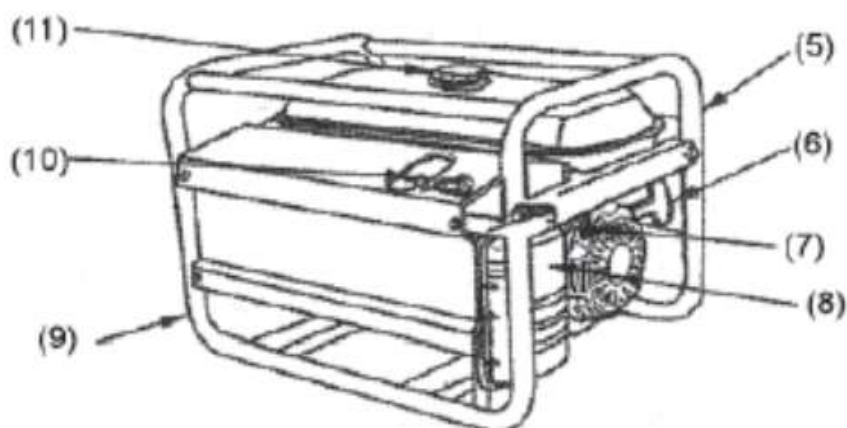
prohibitivo. Este equilibrio entre calidad y costo es fundamental para mantener el proyecto dentro de los límites presupuestarios establecidos.

Con la elección finalizada, nuestro siguiente paso será la implementación del sistema de arranque automático en el generador. Este proceso será llevado a cabo de manera meticulosa, asegurándonos de integrar el sistema de cadena al generador Hyundai HHY2500F de manera eficiente y efectiva.

### 1.2.2. Diseño del Generador Monofásico



**Figura 1.12:** Diseño de generador parte 1 [12].



**Figura 1.13:** Diseño de generador parte 2 [12].

Elementos y componentes del Generador	
1	Depósito de combustible
2	Silenciador
3	Terminal de tierra
4	Conector/enchufe CA
5	Válvula del regulador del carburador
6	Empuñadura de arranque
7	Llave de paso de combustible
8	Filtro de aire
9	Soporte de tubo
10	Bujía
11	Tapón de depósito combustible
12	Interruptor de CA
13	Varilla de nivel de aceite
14	Interruptor de arranque

**Tabla 1.7:** Elementos y componentes del generador [12].

### 1.2.3. Especificaciones técnicas del generador monofásico.

Especificaciones técnicas del generador Hyundai HHY2500f	
Código	019-0010
Voltaje	110V/220V
Frecuencia	60Hz
Potencia máxima	2.2kW
Potencia continua	2.0kW
Cilindrada	210cc
Peso	41kg

**Tabla 1.9:** Especificaciones técnicas del generador

**Fuente:** Autores.

### 1.2.4. Normas de respaldo para aplicación

#### 1.2.4.1. REGLAMENTO TÉCNICO ECUATORIANO RTE INEN 092:

Este reglamento especifica las características y requisitos fundamentales en los generadores eléctricos que funcionan mediante motores alternativos de combustión interna (MCIA). Estos generadores están compuestos por un motor alternativo de combustión interna, un generador de corriente alterna y los respectivos accesorios



adicionales requeridos para su funcionamiento, tales como elementos de control, dispositivos de desconexión y también equipo auxiliar [26].

El objetivo es prevenir riesgos que puedan llegar afectar a la salud, la seguridad de las personas y la vida, así como proteger al medio ambiente. Además, busca prevenir prácticas que puedan llevar a confusiones por parte de los usuarios en términos de manejo y utilización [26].

Este reglamento técnico es válido para los grupos electrógenos que sean fabricados, importados o puestos a la venta en Ecuador y abarca los siguientes tipos:

- Grupos electrógenos equipados con motores de émbolo (pistón) que funcionan mediante encendido por compresión, ya sea con motores diésel o semi-diésel.
- Grupos electrógenos que incorporan motores de émbolo encendidos mediante chispa, es decir, motores de explosión.
- Convertidores rotativos eléctricos [26].

La implementación del generador Hyundai HHY 2500f se llevará a cabo cumpliendo estrictamente con las normas establecidas para los grupos electrógenos que operan a través de motores alternativos de combustión interna. En consonancia con el compromiso con la calidad y la seguridad, se ha decidido basar la tesis en los rigurosos estándares que corresponden a las normas ISO 8528 y también IEC 60034-22.

Estas normativas internacionales establecen requisitos esenciales para garantizar el rendimiento óptimo, la fiabilidad y la eficiencia de los generadores, elementos fundamentales para el éxito de nuestro proyecto. Al adherirnos a estas normas reconocidas a nivel mundial, aseguramos que la implementación del generador Hyundai HHY 2500f cumpla con los estándares de calidad más altos y esté alineada con las prácticas.

#### 1.2.4.2. ISO 8528:

El término ISO 8528 se refiere a un conjunto de normas internacionales que definen los requisitos y condiciones de prueba para grupos electrógenos utilizados en diversas aplicaciones. Las normas están diseñadas para garantizar la confiabilidad y

calidad de los grupos electrógenos, asegurando que cumplan con ciertos requisitos y estándares [27].

Las pruebas de rendimiento, las condiciones ambientales, la clasificación de la salida de energía, la velocidad del motor, la potencia nominal, las tolerancias permitidas, y otros criterios importantes para evaluar y comparar grupos electrógenos son abordados por la norma ISO 8528. los fabricantes, consumidores y reguladores una base uniforme para características específicas, diseño, producción, evaluación y manejo de estos equipos [27].

Es vital tener en cuenta que la ISO 8528 es una norma que se divide en varias partes, cada una de las cuales se centra en aspectos específicos de los grupos eléctricos. Es útil especificar el componente específico que se utiliza cuando se hace referencia a la norma. Por ejemplo, ISO 8528-1 se centra en características genéricas [28], mientras que ISO 8528-5 analiza la medición y evaluación de vibraciones [29].

#### **1.2.4.3. IEC 60034-22:**

La Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) ha emitido la norma IEC 60034-22, una regulación internacional que cubre métodos de prueba y los requisitos para los generadores síncronos y los motores eléctricos de inducción [30].

IEC 60034-22, en particular, se centra en especificaciones relacionadas con la eficiencia energética y las clases de rendimiento de motores eléctricos. La estandarización y la mejora de eficiencia energética en la operación de estos dispositivos [30].

#### **1.2.5. Identificación de los requisitos para el arranque remoto del motor de combustión interna.**

El generador es manual debido a que cuenta con una cuerda de jalar para su encendido, por lo que se necesita un sistema que se ajuste a las especificaciones del generador incluyendo ciertas piezas fundamentales para poder hacer que el motor de arranque adecuado y seleccionado pueda funcionar sin problema alguno y lograr que el generador encienda de una forma automática.

### 1.3. Implementación del Arranque Remoto

En la actualidad, la automatización se ha vuelto fundamental en diversos aspectos de nuestra vida, y la implementación de sistemas de encendido automático en generadores no es una excepción. La relevancia de contar con un generador de energía que se encienda de manera automática, en lugar de depender de la intervención manual, radica en la optimización del tiempo, la eficiencia operativa y sobre todo en la garantía de continuidad en el suministro eléctrico en situaciones críticas.

A continuación, se detallará el proceso de implementación del sistema de encendido automático en un generador Hyundai, destacando adaptaciones específicas y ofreciendo ideas para lograr un ajuste preciso y un funcionamiento óptimo. La automatización no solo libera al usuario de tener que iniciar manualmente el generador en momentos de emergencia, sino que también permite una respuesta más rápida y efectiva ante cortes de energía, asegurando así un suministro constante y fiable.

#### 1.3.1. Descripción detallada de la implementación del sistema de arranque remoto

A continuación se proporcionará una detallada guía de los pasos sobre la implementación del sistema de arranque remoto personalizado para el generador.

Teniendo en cuenta ciertas ideas específicas y los materiales exactos que se ha seleccionado, se abordará cada fase del proceso, desde la identificación precisa del punto de conexión en el mecanismo de arranque del generador hasta la instalación y ajuste meticuloso del motor de arranque remoto, el sistema de engranaje y la cadena de transmisión. Además, se destacará consideraciones importantes sobre la fuente de energía y la instalación estratégica del interruptor de encendido.

El objetivo es asegurar una integración perfecta y sin fallas, adaptada a nuestras necesidades y garantizando un arranque remoto eficiente y confiable para nuestro generador.

### 1.3.1.1. Materiales principales necesarios

#### Motor de arranque remoto



**Figura 1.14:** Motor de arranque  
**Fuente:** Autores.

Se trata de un motor eléctrico relativamente pequeño que se encarga de convertir la energía eléctrica de una batería en energía mecánica. Para iniciar el proceso de combustión esto se hace mediante el movimiento de pistones o en este caso un pistón el cual esta conectado al cigüeñal del motor.

Este antiguamente se realizaba manualmente mediante cuerda el cual se encontraba conectado directamente al volante de inercia el cual facilita la implementación del motor de arranque el cual contiene una relación de engranaje con el torque indicado para girar el cigüeñal este arranque pertenece a una moto shineray 135cc tipo caballito el cual se observa es de montaje superior de tres pernos.

## Sistema de embrague o bendix



**Figura 1.15:** Bendix  
**Fuente:** Autores.

El bendix o embrague de rueda libre es el encargado de proteger al motor de arranque ya que si el motor gira todo el tiempo tendería a quemarse ya que no está diseñado para un giro continuo por lo que el bendix se encargará de mantener en reposo al arranque. En el interior de la rueda de embrague contiene unos rodillos que pueden moverse hacia adelante y hacia atrás en una muesca cónica, cuando el piñón comienza a girar los rodillos se desplazan hasta el final de sus cavidades y se encaja entre el engranaje del piñón bloqueándolo y permitiendo girar al volante de inercia.

Después de cierto tiempo la combustión del motor hace que este gire más rápido que el piñón esto hace que los rodillos se desbloqueen permitiendo que el volante gire libremente protegiendo así al motor de arranque de quemarse.

## Anclaje



**Figura 1.16:** Pieza diseñadas en torno  
**Fuente:** Autores.

El anclaje al cigüeñal del motor fue totalmente diseñado por un tornero para de esa forma acopar y fijar el bendlix de manera correcta sin la preocupación de que se rompa al momento de torquearla. La base se anclase se diseño con una plancha metálica de 8 ml de espesor dándole la forma ideal para el anclaje del motor de arranque de tres pernos.

## Cadena de transmisión



**Figura 1.17:** Cadena de Transmisión  
**Fuente:** Autores.

La cadenilla de distribución será la encargada de conectar el piñón del motor de arranque y el piñón del bendix este sistema hace referencia tal cual a un sistema de transmisión de una bicicleta. Este sistema se utiliza originalmente en los motores de las motos shineray 150cc tipo caballito.

## Batería de arranque



**Figura 1.18:** Batería  
**Fuente:** Autores.

Esta batería incluye una válvula de ventilación. Esta batería contiene un electrolito que no flota y cualquier gas que se genere durante el uso será completamente absorbida por los componentes internos, lo que garantiza que no requiera mantenimiento. Este dispositivo de batería está totalmente activado, lo que implica mantenimiento de cargas cada 12 semanas (o si el voltaje llega a ser menor a 12,4 voltios) hasta que la batería se llegue a instalar para su respectivo uso. Hay que tener cuidado para no provocar un cortocircuito entre los terminales positivo y negativo mientras esta batería esté lista para su uso.

## Interruptor de encendido



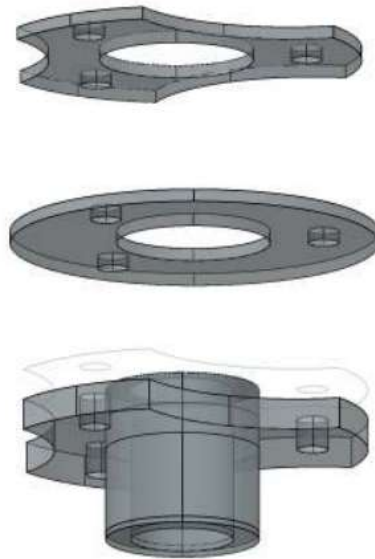
**Figura 1.19:** Solenoide  
**Fuente:** Autores.

El solenoide de moto, también conocido como solenoide de arranque, es un pequeño componente metálico que se encarga de transmitir una señal del interruptor de encendido al motor de arranque para que pueda poner en marcha el motor, funciona a modo de relé y cuando se aplica electricidad, mueve uno o varios contactos mecánicos para cerrar un circuito. Como resultado, cuando se gira el contacto o swich, se recibe una corriente eléctrica que hace que se active el campo magnético del solenoide. Esto hace que los puntos de contacto se rompan, cerrando el circuito y permitiendo la transmisión de la corriente eléctrica de la batería al motor de arranque.

### 1.3.1.2. Diseño y ajustes

Se procedió al desmontaje de la cuerda de encendido manual para posteriormente realizar una pieza de acople muy similar a un buje.





**Figura 1.20:** Diseño de base de acople a cigüeñal  
**Fuente:** Autores.

Esta pieza fue diseñada para ser empernada en la base original del cigüeñal del generador, Una vez analizado se procedió a diseñar la pieza en AutoCAD para luego enviarla a tornear como se observa en la Figura 1.20.

Es importante destacar que la pieza diseñada se encarga del montaje del Bendix como observa en la figura 1.21 estas piezas están sumamente centradas para prevenir movimiento erróneo y no tener problemas de desbalance de la cadena al momento de realizar el pulso de arranque.



**Figura 1.21:** Bendix ajustado al cigüeñal del generador  
**Fuente:** Autores.

Utilizando una placa metálica de 8 mm de espesor que se fija a la base original del generador, se ha creado de forma artesanal una base de apoyo para el motor de arranque. Al examinar el montaje de las piezas, es importante señalar que la base no puede conectarse al chasis principal del generador, ya que cuando se pone en marcha produce movimientos y vibraciones que pueden generar fallos de adaptación, como el descarrilamiento de la cadena o la aparición de fisuras en el generador.



**Figura 1.22:** Acople de placa metálica de 8mm  
**Fuente:** Autores.

Una vez finalizado el empotramiento de la base, se procede a anclar el motor de arranque figura 1.14 y a enlazarlo con el Bendix mediante una cadenilla de distribución. Este sistema fue creado en función de la tracción de una bicicleta, ya que era el método más confiable y duradero.

Se podía realizar de diversos métodos como por ejemplo mediante engranajes o banda, pero esto implicaría una inversión más elevada ya que se tendría que diseñar cada uno de los engranes ya que no existen en el mercado, también al momento del montaje tiene un grado de dificultad más elevado y tomando una forma más robusta de anclaje por lo que implica mayor peso a un generador convencional.



**Figura 1.23:** Enlace entre elementos  
**Fuente:** Autores.

### 1.3.1.3. Sistema eléctrico para arranque automático

Las conexiones eléctricas para realizar el arranque del motor se dieron con ayuda de una batería de 12V-9Ah como se puede observar en la figura 1.18. La parte eléctrica consto en el ponchado de terminales tipo ojo que servirán para tener mejor contacto eléctrico.

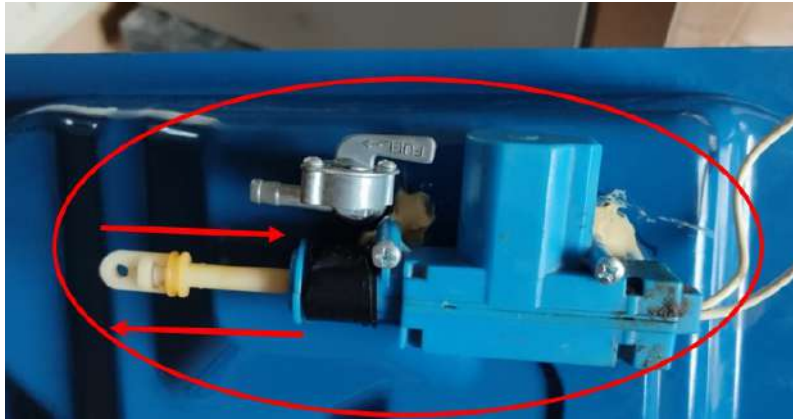


**Figura 1.24:** Ponchado de cables eléctricos  
**Fuente:** Autores.

El motor de arranque con su borne principal debe ir conectado directamente al contacto del solenoide o rele de arranque que se muestra en la figura 1.19 mientras que el otro contacto del solenoide ira directamente a la parte positiva de la Bateria, por lo que la parte negativa de la batería estará conectada directamente a la masa del generador.

Como se observa en figura 1.19 cuenta con dos cables extras el cual nos ayudara a alimentar la bobina principal del solenoide generando el paso de corriente al motor de arranque, el cable rosado ira directamente al punzante de contacto normalmente abierto NA mientras que en el otro contacto de la punzante ira directamente a masa y el segundo cable de color amarillo y tomate directamente a positivo de la batería.

Todo este cableado se realizó internamente dejando cables ocultos para que estéticamente se vea bien, Se implemento un servo motor eléctrico de 12voltios alterno el cual cumple la función de cerrar el paso de aire al ahogador del generador ya que si no se estrangula el generador no encenderá es decir este motor en forma de embolo se encarga de abrir y cerrar una válvula el cual se mostrara a continuación:



**Figura 1.25:** Motor universal para seguro de autos  
**Fuente:** Autores.

La misma que fue adaptada al tanque de gasolina con un pegamento especial, para sujetar el motor universal de seguros se fijó dos tuercas con las mismas que se colocaron con un pegamento llamado MONTAGEKIT el mismo que es compatible para metales, plásticos, etc.



**Figura 1.26:** Pegamento especial Montagekit  
**Fuente:** Autores.

Después de dejarlo actuar por casi 24 horas para un pegado más preciso, se colocó el motor universal como se observa en la figura 1.25. Una vez ya fijado se realizó una perforación en una lámina metálica que sirve como extensión para el servo motor ya que si se colocaba en otra posición el mismo iba a molestar tanto a la cañería de combustible como a la llave de gasolina, por lo que quedó por la parte trasera de la llave de combustible.



**Figura 1.27:** Servo motor implementado  
**Fuente:** Autores.

Ya implementado como se observa en la figura 1.27, se procedió a realizar pruebas de encendido del motor y con éxito logro arrancar el generador ya que actuaba el estrangulador, pero no volvía a su puesto original por lo que se decidió realizar un sistema electrónico que al momento que ya arranqué el servo motor para seguros volviera a su estado inicial.

### 1.3.2. Evaluación de la efectividad del sistema en condiciones diversas.

La efectividad del sistema de arranque remoto se evalúa a través de diversas condiciones para garantizar su fiabilidad y funcionalidad en escenarios realistas. Se implementaron simulaciones de fallos y situaciones de emergencia para evaluar la capacidad de respuesta del sistema en condiciones adversas. Esto incluyó pruebas de seguridad, como la activación efectiva de interruptores de apagado de emergencia. Asimismo, se consideraron factores como la variabilidad en la carga del generador y la capacidad del sistema para adaptarse a diferentes exigencias de arranque.

A continuación se presentará tres pasos para evaluar la efectividad del sistema de arranque remoto, centrándome en pruebas de tiempo para el encendido, encendido preciso y pruebas de fallas:

#### 1.3.2.1. Pruebas de tiempo para el encendido

Implementamos pruebas exhaustivas de tiempo para evaluar la velocidad de respuesta del sistema de arranque remoto en diferentes pruebas. Registrando los tiem-

pos desde la activación del control remoto hasta el encendido efectivo del generador, pudimos determinar la consistencia y eficiencia del sistema en temperaturas extremas, tanto altas como bajas. Estas pruebas aseguran que el arranque remoto sea rápido y confiable, incluso en condiciones adversas.

TABLA DE TIEMPOS PROMEDIOS DE ENCENDIDO A CONTINUACIÓN

Pruebas de tiempo para velocidad promedio de arranque	Tiempo estimado
Prueba 1	5 seg
Prueba 2	4 seg
Prueba 3	3 seg

**Tabla 1.10:** Tiempos promedios de encendido  
**Fuente:** Autores.

### 1.3.2.2. Encendido preciso

Para garantizar un encendido preciso, realizamos pruebas de arranque remoto con un enfoque en la precisión del sistema. Evaluamos la capacidad del sistema para iniciar el generador con exactitud, evitando posibles desajustes o arranques bruscos que puedan afectar la integridad del generador. Estas pruebas aseguran un encendido suave y controlado, reduciendo el riesgo de daños al equipo.

## 1.4. Sistema de transferencia automática.

### 1.4.1. Concepto de Sistemas de transferencia automática.

Un sistema automático de transferencia de energía consiste en una serie de componentes que permiten la entrega de energía a una carga a través de dos o más fuentes diferentes sin la necesidad de intervención humana. El proceso de transferencia de energía comienza evaluando la fuente emergente y las condiciones del equipo. En los primeros milisegundos en que hay una perturbación, el sistema de control analiza la fuente de emergencia para asegurarse de que está en una condición mejor que la fuente preferente. Se verifica simultáneamente la disposición operativa de los interruptores de transferencia [31].

Este procedimiento de evaluación y confirmación es crucial para garantizar una transferencia de carga segura y eficiente. La excelente capacidad de tomar decisiones rápidas y precisas, fundamentadas en las condiciones en tiempo real de las fuentes de energía y los interruptores de transferencia, contribuye a que se mantenga la continuidad del suministro eléctrico, especialmente en entornos críticos donde la interrupción de la energía no es una opción viable [31].

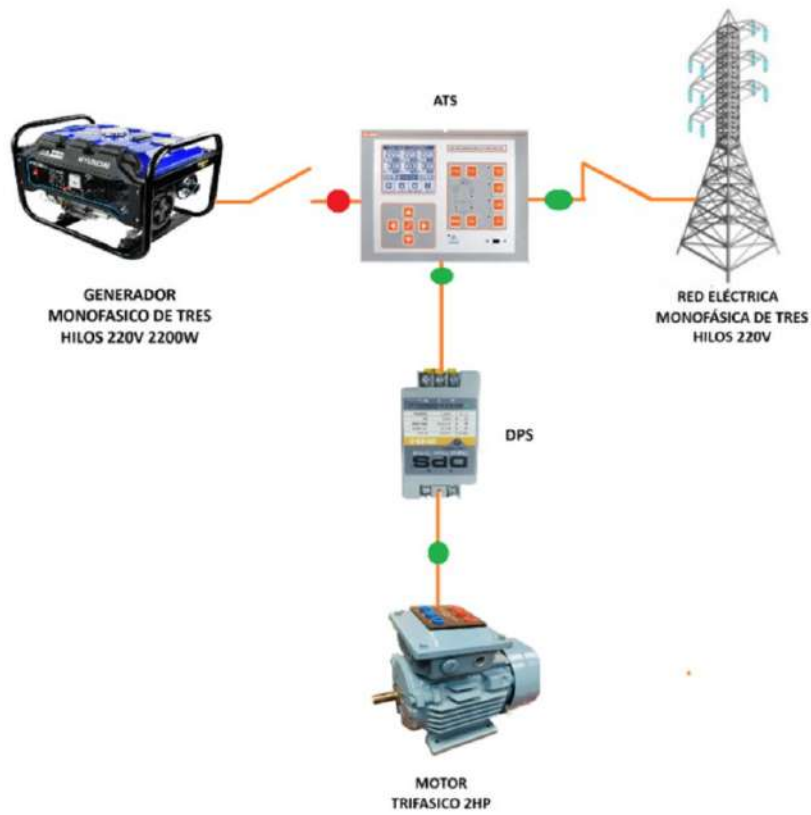
La automatización de este proceso simplifica la respuesta ágil ante perturbaciones, asegurando que la carga se alimente de la fuente más confiable en cualquier momento específico [31].

#### **1.4.2. Constitución de un Sistema de transferencia automático.**

A los dispositivos eléctricos, electrónicos y mecánicos que permiten suministrar energía desde dos fuentes distintas se les conoce como sistemas de transferencia. Estos desempeñan la función de cambiar de manera segura entre las fuentes de energía eléctrica. Los sistemas de transferencia están compuestos principalmente por interruptores de transferencia, mecanismos de enclavamiento, un circuito de control, dispositivos de medición y señalización, así como un tablero de transferencia y sistemas de protección [15].



### 1.4.3. Diagrama de conexión entre el ATS, generador, red y carga.



**Figura 1.28:** Diagrama de conexión entre los componentes  
**Fuente:** Autores.

## CAPÍTULO 2

### CAMBIADOR DE FASE DIGITAL Y MONTAJE DEL TABLERO DE CONTROL

En este capítulo, se presenta el proceso sobre la integración del cambiador de fase digital alimentado por la red y un generador para abastecer una carga que sería un motor trifásico, con un enfoque en los componentes clave que garantizan su total compatibilidad y funcionamiento efectivo. Teniendo en cuenta las especificaciones técnicas imprescindibles y la implementación de un sistema de conversión trifásico para facilitar su conexión al sistema. Además, se procede a presentar el diseño y el uso de un tablero de control, esencial para poder realizar las conexiones entre las herramientas.

#### **2.1. Desarrollo del sistema de conversión trifásica para su integración a una carga.**

Para esta situación es necesario un elemento que ayude otorgando una fase digital más debido a que el generador nos da un voltaje nominal de 220 voltios por lo que se escogió un convertidor de monofásico a trifásico, se optó por un DPS o convertidor de fase digital.



**Figura 2.1:** DPS MY-PS-3  
**Fuente:** Autores.

El DPS o cambiador de fase digital permite un funcionamiento de un motor trifásico con alimentación monofásica. Muchos motores eléctricos comerciales e industriales, exigen alimentación trifásica [13].

La mayoría de viviendas residenciales y pequeños talleres no se han llegado a instalar con energía trifásica por las compañías eléctricas, por que cuesta mas que la instalación monofásica [13].

El convertidor de fases es crucial para solucionar este problema debido a la falta de disponibilidad y los altos costes de instalación de la red eléctrica trifásica. El DPS es un dispositivo sumamente apropiado para el funcionamiento del motor trifásico [13].

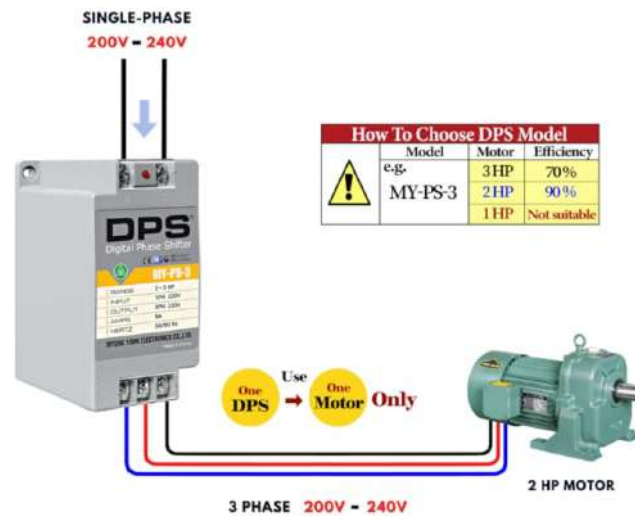


Figura 2.2: DPS conexión ejemplo [13].

Para este caso el cambiador de fase digital servirá para el respectivo enlace entre el generador monofásico a la carga que sería un motor trifásico, en el proceso de conexión tenemos como parte principal conectar la red 220 equivalente del generador a los dos bornes o entrada principal del DPS, mientras que en los bornes secundarios o salida se debería conectar el U, V y W directo a las borneras del motor trifásico.

Especificaciones técnicas	
Modelo	MY-PS-3
Tensión del motor aplicable	220V-240V
Potencia del motor	2HP
Corriente nominal del motor	6A
Tensión de entrada y salida	220V-240V
Frecuencia	50/60HZ
Dimensiones (pulgadas)	3.1(W) x 6.1(H) x 4.5(D)
Peso (LB)	1.54

Tabla 2.2: Especificaciones técnicas DPS

Fuente: Autores.

### 2.1.1. Motor trifásico

Se utilizó un motor trifásico como carga, el cuál tiene una potencia de 0,33HP que cumple con la potencia indicada para las pruebas con el generador y sistema de transferencia en general.



**Figura 2.3:** Motor trifásico de 0,33HP  
**Fuente:** Autores.

## 2.2. Implementación del tablero de control

### 2.2.1. Funcionalidades del tablero de control

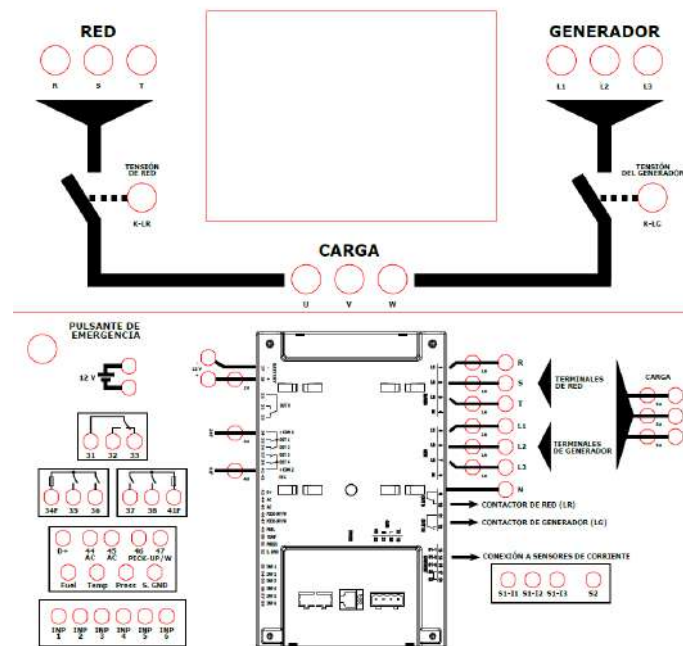
El tablero de control es una serie de dispositivos y entradas destinados a llevar a cabo operaciones [32].

El tablero fue diseñado con el objetivo de mejorar la experiencia práctica de los estudiantes en el laboratorio de la Universidad. Fabricada con material acrílico, su estructura aloja terminales tipo hembra que sirven para las conexiones eléctricas esenciales. La inclusión de luces piloto y un botón de emergencia brinda a los estudiantes la oportunidad de participar en prácticas significativas de transferencia automática entre la red al generador.

Lo que más se destaca en el tablero es el interruptor de transferencia automático RGK 700 Lovato, un componente crucial que permite a los estudiantes explorar y comprender a fondo los fundamentos de la transferencia eléctrica. Este sistema será implementado en el laboratorio Universitario como una herramienta educativa versátil, brindando a los alumnos la opción de aplicar las teorías aprendidas en un ambiente práctico y supervisado. El tablero no solo se convierte en un medio para desarrollar habilidades técnicas, sino que también promueve la comprensión

integral de los procesos de transferencia entre dos fuentes, contribuyendo así al enriquecimiento del aprendizaje práctico en el ámbito académico.

### 2.2.2. Diseño y distribución del tablero



**Figura 2.4:** Diseño para tablero de control realizado en AutoCAD

**Fuente:** Autores.

Para poder garantizar una excelente y garantizada funcionalidad del tablero de control, se llevó a cabo medidas precisas y especificaciones para la realización y corte del acrílico que es el material adecuado para estos tipos de tableros, en el diseño se realizó huecos de 12mm que van a servir para los bornes tipo hembras para una conexión segura y ordenada. Además, se realizó huecos con un diámetro de 22mm que servirán para los focos piloto y un hueco de 22mm para un pulsante de emergencia destinado a a funciones críticas como el apagado rápido.

Para los porta fusibles se realizaron huecos con una medida de 12mm para asegurar una protección al momento de manipular el tablero y que no llegue afectar a las entradas del ATS. El ATS RGK 700 ocupa un hueco de 220mm horizontal y 160mm vertical.

El tablero de transferencia se compone de los siguientes elementos:

**Bornes tipo hembra:**

**Figura 2.5:** Borne tipo hembra  
**Fuente:** Autores.

Para que podamos realizar las conexiones eléctricas de forma segura y eficaz , juega un papel fundamental el borne tipo hembra que instalaremos en el tablero. La pieza funciona como punto de conexión donde podemos asegurar e introducir los cables de forma organizada.

El uso de conectores banana es particularmente práctico en este caso. Al insertarse en el borne hembra, estos conectores proporcionan una conexión sólida y confiable que garantiza una transmisión eficiente de la corriente eléctrica. La combinación de este borne hembra con conectores banana facilita la conexión, mejora la estabilidad y la seguridad en el sistema eléctrico en el tablero.

### Terminal tipo ojo:



**Figura 2.6:** Borne tipo ojo  
**Fuente:** Autores.

El terminal tipo ojo es crucial para la conexión entre el cableado y el borne tipo hembra en el tablero. Este terminal tipo ojo se inserta en el borne tipo hembra de una forma segura estableciendo una conexión eléctrica confiable, su estructura permite que un cable conductor se fije de manera precisa al sistema, lo que facilita la transmisión eficiente de corriente eléctrica.

El terminal tipo ojo es muy versátil porque puede adaptarse a una variedad de tamaños de cables, lo que garantiza una conexión sólida y duradera. Estos terminales tipo ojo y el borne hembra producen una conexión eléctrica sólida que simplifica el proceso de instalación y garantiza la integridad y estabilidad del sistema eléctrico en el tablero.

### Luces piloto:



**Figura 2.7:** Luces piloto  
**Fuente:** Autores.



Este tipo de luces piloto funcionan como un sistema de alerta visual en el tablero, las luces verdes sirven para indicar la activación de los contactores, proveniente de la red eléctrica o del generador mientras que las luces rojas sirven para indicar que se identificó las líneas de la red eléctrica, generador de respaldo, así como la carga asociada. Estas luces pilotos proporcionan una visión muy clara y visualmente comprensible sobre el estado de operación en el tablero.

### **Botón de paro emergente:**



**Figura 2.8:** Boton emergente  
**Fuente:** Autores.

El botón de paro emergente es una medida de seguridad clave en el tablero eléctrico, ya que permite apagar todas las operaciones de manera inmediata sin importar la actividad en curso. Este botón de seguridad se presenta como una protección clave, está diseñado para intervenir en situaciones críticas y garantizar la detención instantánea de todos los procesos eléctricos. Los operadores pueden responder rápidamente en caso de emergencia gracias a su ubicación estratégica y diseño ergonómico.

## Portafusible

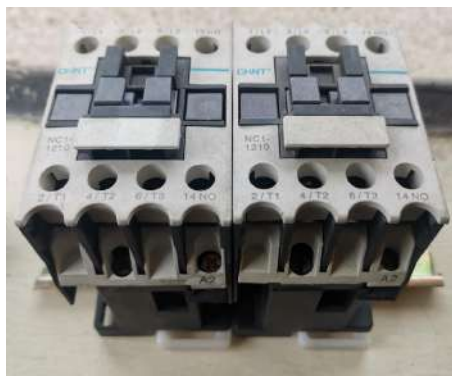


**Figura 2.9:** Porta fusible  
**Fuente:** Autores.

El portafusible es esencial para mantener la integridad del ATS RGK 700 y nuestro tablero eléctrico. Su función principal es proteger contra sobrecargas y cortocircuitos que podrían surgir como resultado de conexiones defectuosas. Este componente contiene fusibles diseñados para fundirse y cortar la corriente cuando se llegue a exceder los límites de carga o se produzca un cortocircuito.

Este mecanismo protege el sistema de posibles daños y prolonga la vida útil del ATS RGK 700. El portafusible demuestra un enfoque proactivo hacia la seguridad eléctrica, asegurando que el tablero y sus componentes críticos estén protegidos ante posibles emergencias, lo que garantiza un rendimiento confiable y duradero.

## Contactador:



**Figura 2.10:** Contactador  
**Fuente:** Autores.

El contactor es una parte importante de nuestro tablero eléctrico, ya que juega un papel clave al habilitar o cerrar el paso de corriente de manera controlada. La función de este dispositivo electromagnético es la de permitir o bloquear el flujo eléctrico desde la red hacia la carga o viceversa.

El hecho de que pueda establecer o interrumpir una conexión eléctrica lo convierte en un regulador crucial del sistema, ya que puede controlar la transmisión de energía de manera precisa. El contactor garantiza la eficiencia y seguridad de la distribución de corriente, ya sea para activar el suministro desde la red eléctrica principal o para cambiar a un generador de respaldo.

### **Lovato RGK700:**



**Figura 2.11:** ATS

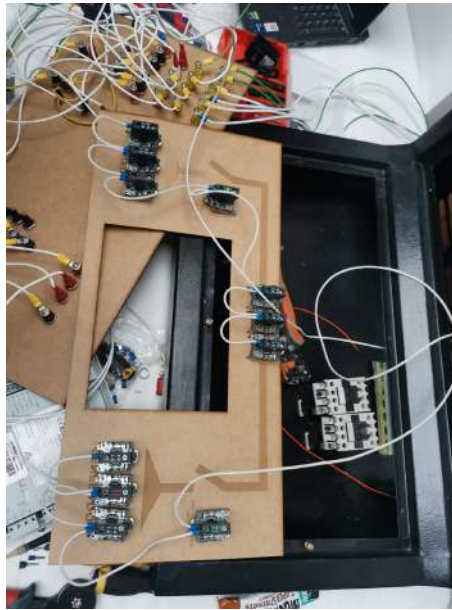
**Fuente:** Autores.

El ATS RGK 700 maneja los cambios de alimentación de manera sofisticada y programable, siendo el cerebro del sistema eléctrico. Este dispositivo puede realizar transiciones fluidas entre la red eléctrica principal y el generador de respaldo gracias a su programación meticulosa.

Al trabajar en conjunto con los contactores, el RGK 700 puede cerrar y abrir conexiones eléctricas de manera precisa y oportuna. Como resultado, podemos controlar automáticamente la fuente de energía para asegurar un suministro constante y seguro de energía.

La programación del RGK 700 mejora la eficiencia del sistema y aumenta la confiabilidad y la flexibilidad al adaptarse a diferentes condiciones operativas. Este ATS se convierte en un componente fundamental para la automatización y la gestión eficiente de la alimentación eléctrica, asegurando siempre un rendimiento estable y seguro.

### 2.2.2.1. Proceso de conexión entre componentes del tablero de control:



**Figura 2.12:** Conexión reselectiva de partes  
**Fuente:** Autores.

Para la conexión de las luces piloto se necesitó hacer puentes con un cable flexible número 14, para la conexión de los bornes se necesitó igualmente cable número 14 para toda la conexión.

Para los dos contactores se utilizó un conductor número 12 para que soporte las diferentes cargas aplicadas en diferentes pruebas.

Para la instalación interna básicamente se conectó los terminales del ATS a los bornes tipo hembra, los porta fusibles se colocaron directamente a los terminales del ATS para la protección de la parte electrónica del ATS. Las luces piloto se conectaron a la entrada de los terminales de la red y generador como señalización para la visualización de posible fallas a líneas. Mientras que en los contactores se colocó una señalización independiente para saber cuando se está trabajando la red y cuando conmuta al generador.

## CAPÍTULO 3

### CONFIGURACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL ATS

El proceso de configuración de un ATS (Automatic Transfer Switch) de la marca Lovato se describe en el presente capítulo. Este dispositivo juega un papel crítico en la gestión eficaz de la energía eléctrica en sistemas de respaldo, permitiendo transiciones suaves entre la fuente de energía principal y el generador de respaldo en situaciones críticas.

Es esencial seguir la secuencia de pasos cuidadosamente diseñados para llevar a cabo esta configuración de manera eficiente. En primer lugar, se analizará la conexión adecuada del ATS a la red eléctrica, estableciendo una interfaz sólida para la supervisión y gestión de la energía. A continuación, se guiará a través del proceso detallado de la relación entre el ATS Lovato y el generador, asegurando una integración sin contratiempos entre ambos componentes.

Cada paso de este proceso se explicará con claridad, se proporcionarán instrucciones detalladas y se destacarán los puntos más importantes que deben recordarse. De este modo, este capítulo no sólo será útil como guía práctica, sino también como valioso recurso para los profesionales que busquen maximizar la fiabilidad y eficiencia de sus sistemas energéticos en entornos críticos.

### 3.1. Funcionalidades del Interruptor de Transferencia Automática.

#### 3.1.1. Interruptor de transferencia automático Lovato.



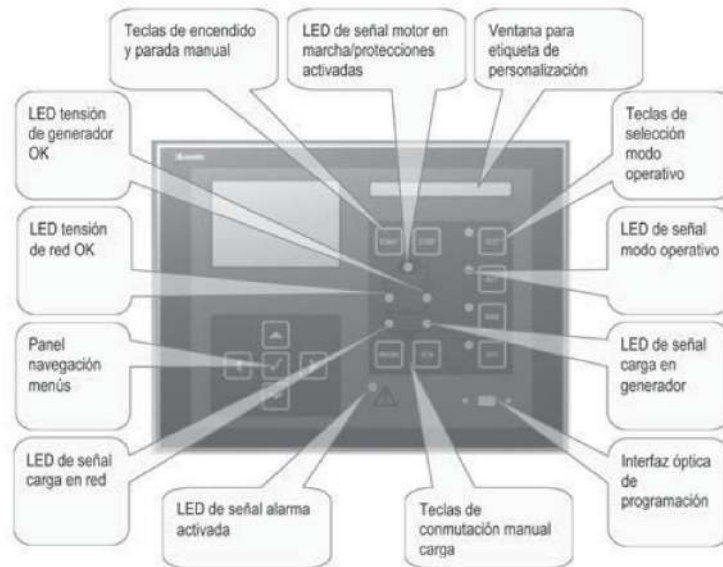
Figura 3.1: ATS RKG 700 [14].

En sistemas de energía eléctrica, un dispositivo electromecánico conocido por sus siglas ATS (Automatic Transfer Switch) es un interruptor de transferencia automática que gestiona automáticamente la transferencia de dos fuentes de alimentación para mantener en funcionamiento la carga, normalmente entre la red eléctrica principal y un generador de respaldo [33].

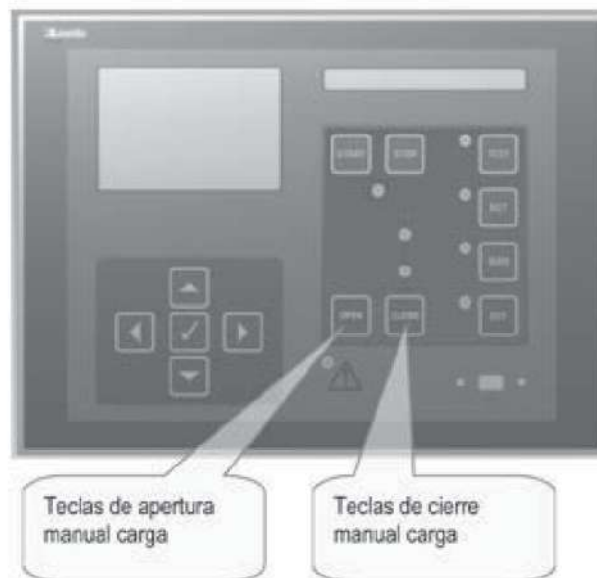
En circunstancias en las que falla la fuente mayor de alimentación, su función fundamental consiste en garantizar un suministro constante de energía eléctrica. La fuente de alimentación de respaldo, como un generador, cuando se detecta una interrupción en la energía de la red eléctrica, con el fin de garantizar que los dispositivos y equipos conectados sigan recibiendo electricidad de manera ininterrumpida [33].

### 3.1.2. Funciones de teclas y puertos de conexión

Detalle sobre las funciones de los botones que se encuentran en la parte frontal.



**Figura 3.2:** Parte frontal [14].



**Figura 3.3:** Parte frontal [14].

Detalle sobre el menú principal en el display.

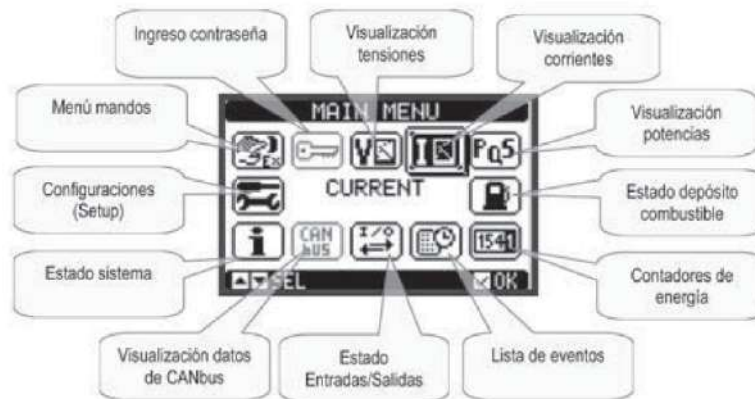


Figura 3.4: Menú [14].

### Esquemas de conexiones

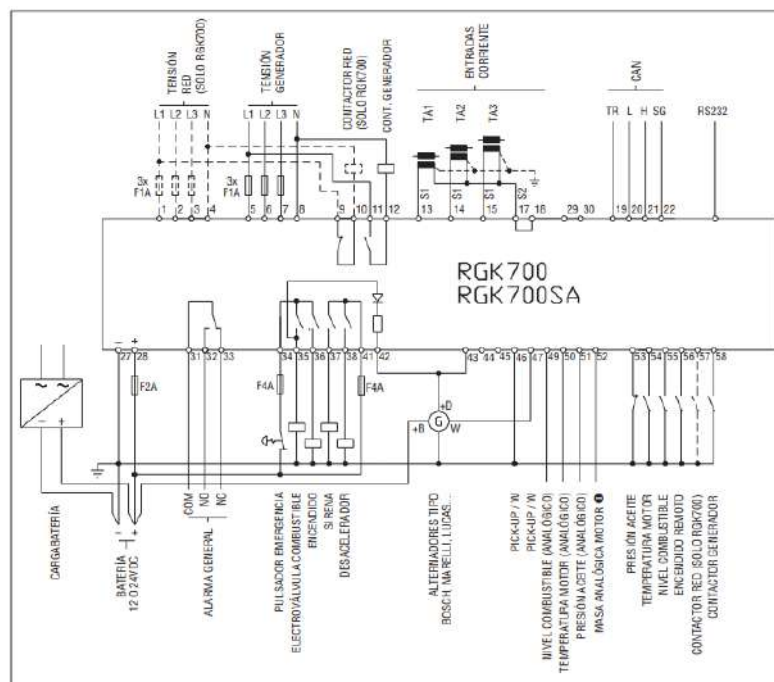
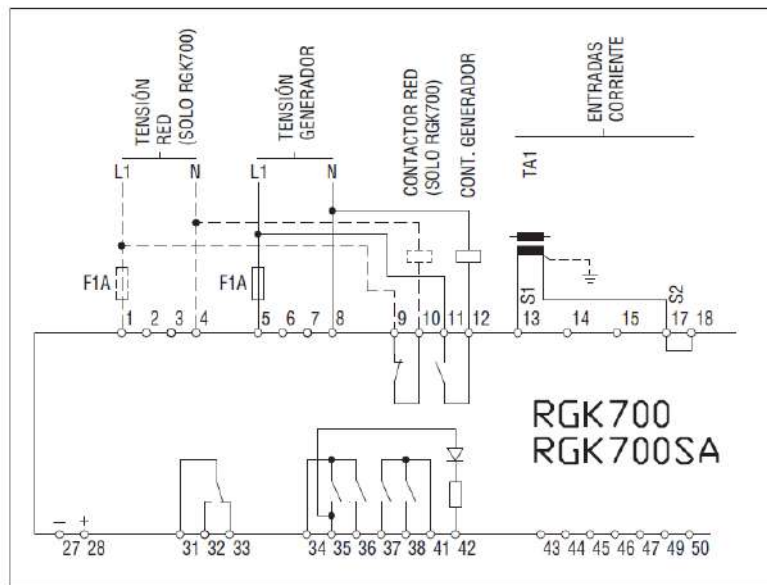
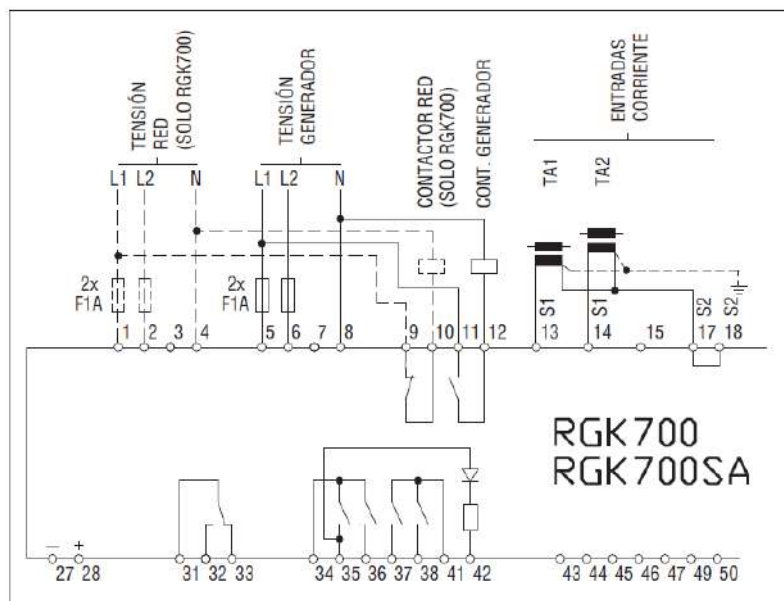


Figura 3.5: Esquema de conexión para grupos electrógenos trifásicos con alternador cargabatería preexcitado. [14].





**Figura 3.6:** Conexiones para grupo electrógeno monofásico [14].



**Figura 3.7:** Conexiones para grupo electrógeno bifásico. [14].

### Disposición terminales.

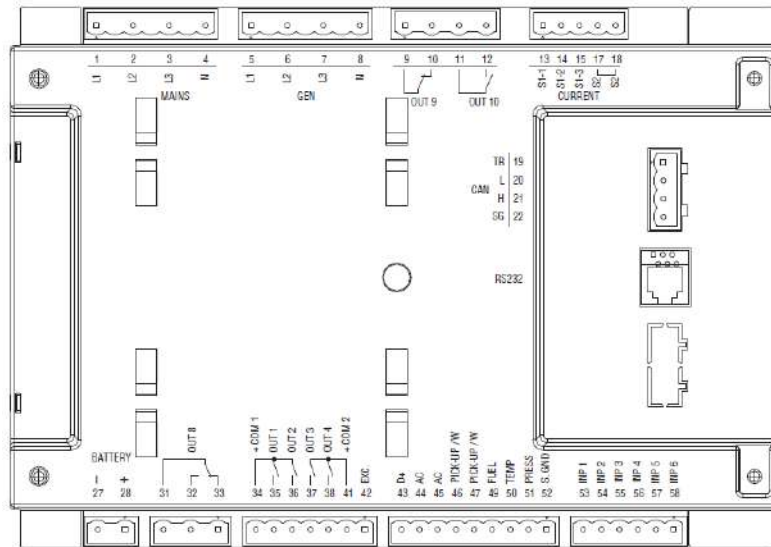


Figura 3.8: Terminales. [14].

## 3.2. Configuración del Sistema de Transferencia.

### 3.2.1. Detalles sobre la configuración del ATS de transferencia automática en control de tensión.

M04	CONFIGURACIONES (CNFn, n=1..,4)	UdM	Defecto	Alcance	Nuevo Valor
P04.n.01	Tensión nominal	V	400	50-500000	210
P04.n.02	Tipo de conexión		L1-L2-L3-N	L1-L2-L3-N/L1-L2-L3/L1-N-L2/L1-N	L1-N-L2
P04.n.03	Tipo control tensiones		L-L	L-L/L-N/L-L + L-N	L-L
P04.n.04	Corriente nominal	A	5	1-10000	3
P04.n.05	Frecuencia nominal	Hz	50	50/60	60

Tabla 3.1: Configuración de parámetros de voltaje del ATS [14].

**P04.n.01** - Tensión nominal del generador y de la red. En los sistemas polifásicos, siempre se puede ajustar la tensión compuesta; en este caso, se ajustó a 220 V.

**P04.n.03** - Controla la tensión, ya sea de una fase o de ambas. En este caso se ajustó a Línea-Línea.

**P04.n.04** - La corriente nominal del generador se utiliza para ajustar el porcentaje de umbral de protección. En este caso, se ajustó a 3A debido a que el motor tiene un consumo de 2,8A.

**P04.n.05** - Frecuencia nominal del generador y de la red. En este caso, se ajustó a 60 Hz.

### 3.2.2. Parámetros configurados para la activación automática del generador de respaldo.

M11	ENCENDIDO MOTOR	UdM	Defecto	Alcance	Nuevo Valor
P11.09	Cantidad tentativas de encendido		5	ene - 30	5
P11.10	Duración tentativas de encendido	s	5	ene - 60	5
P11.11	Intervalo entre tentativas de encendido	s	5	ene - 60	5
P11.20	Tiempo magneto de parada	s	OFF	OFF/1 - 60	5

**Tabla 3.2:** Configuración para encendido y apagado del generador [14].

**P11.09** - Número total de intentos de parada automática del motor; en este caso, se ajustó a cinco intentos.

**P11.10** - La Duración de cada intento de encendido se ajustó, en este caso, a cinco segundos.

**P11.11** - Intervalo entre el intento de arranque y el siguiente intento de arranque, en este caso fijado en 5 segundos, si no se ha detectado la señal de motor en marcha.

**P11.20** - En este caso, el tiempo de excitación de la salida se ajustó a 5 segundos mediante la función magneto de parada.

### 3.2.3. Parámetros configurados para la conmutación de la carga.

M12	CONMUTACIÓN DE LA CARGA	UdM	Defecto	Alcance	Nuevo Valor
P12.01	Tiempo enclavamiento red/generador	s	0,5	0.0 - 60.0	0,5
P12.02	Retardo alarma feedback	s	5	ene - 60	5
P12.03	Tipo dispositivos de conmutación		Contactores	Contactores / Interruptores/Conmutadores	Contactores
P12.06	Duración de pulso de apertura	s	10	0 - 600	10
P12.07	Duración impulso cierre	s	1	0 - 600	1
P12.014	Apertura contador generador ante avería eléctrica		OFF	OFF - ON	OFF

**Tabla 3.3:** Configuración para la conmutación [14].

**P12.01** - Intervalo de tiempo entre la apertura efectiva del contacto de la Red y la orden de cierre del contacto del Generador es de 0,5 segundos de la conmutación.

**P12.02** - Tiempo máximo de tolerancia del sistema es 5 segundos causado por discrepancias entre la entrada de realimentación de los dispositivos de conmutación y el estado controlado por el panel, cuando existe la tensión necesaria para que el dispositivo se mueva. El dispositivo de conmutación emite alarmas de avería cuando este tiempo es superado.

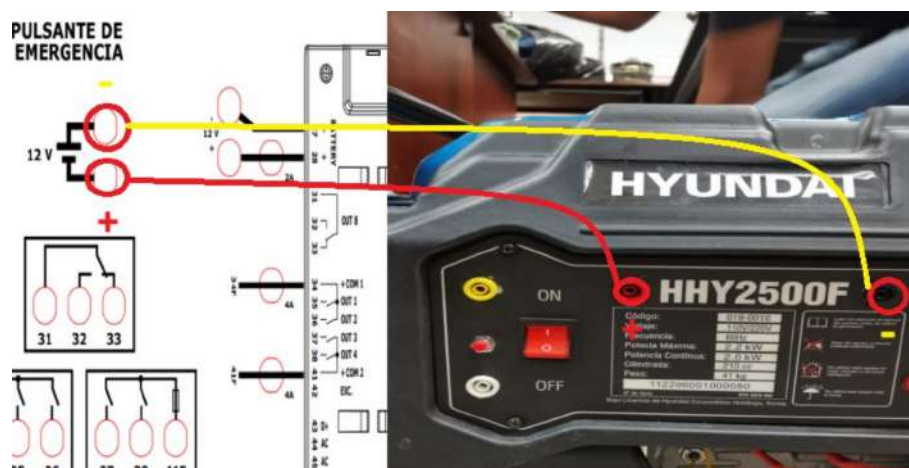
**P12.03** - Selección tipo de dispositivos de conmutación. Mando con dos salidas = Contactores. Interruptores motorizados = Mando de 4 salidas (interruptor con redundancia / interruptor con generador). Convertidores motorizados: uno con tres salidas (cortador auxiliar de red y cortador con generador). en este caso se ajusto a contactores.

**P12.06** - **P12.07** - Periodos de extensión de comandos de tipo impulsivo (periodos mínimos de permanencia del mando). Se ajusto a 10 segundos y 1 segundo de impulso de cierre.

**P12.14** - Configurado en ON, el contactor del generador se abre en respuesta a cualquier alarma disparada por una propiedad eléctrica de Avería activada. Fue ajustado a OFF ya que no es un sistema altamente complejo.

### 3.2.4. Proceso de conexiones de todo el sistema.

Para realizar las conexiones primero identificamos el borne positivo y negativo como indica en el tablero 12 V estos podemos conectar directamente a la batería del generador o independientemente de alguna fuente externa, en este caso se recomienda utilizar la batería del generador debido a que con la misma se controla al generador.



**Figura 3.9:** Conexión de fuente de generador al ATS

**Fuente:** Autores.

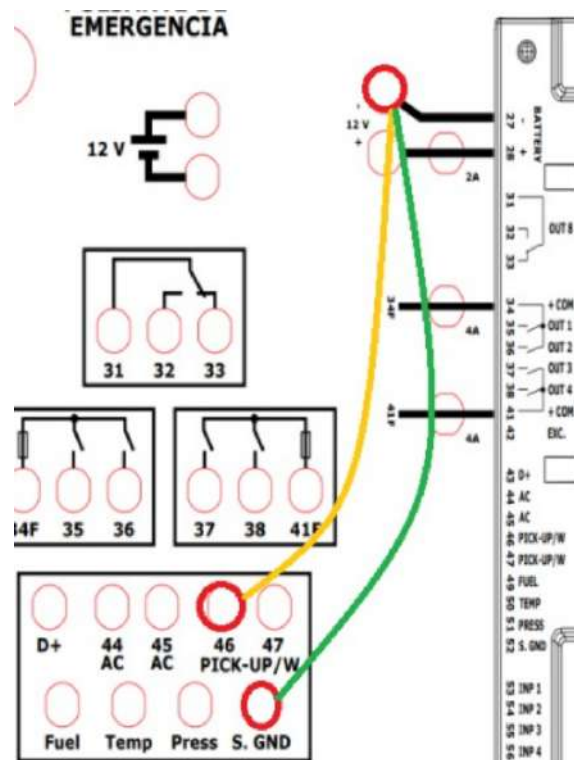
Después conectamos el borne amarillo del generador, que es el que manda la señal al motor de arranque con ayuda de una banana de conexión el cual conectamos al borne de salida digital número 36.

El siguiente paso será conectar una banana de conexión a la salida numero 37, la misma que es la encargada de actuar al magneto de parada y el 41F es el encargado de alimentar a los relés internos como es el contacto 37 y 38 por lo que debe ir conectado a +12 V. Después se seguir este paso el otro extremo de la banana será conectado al magneto de apagado del generador el cual se identifica con un borne hembra color blanco.



**Figura 3.10:** Conexión de arranque y magneto de apagado  
Fuente: Autores.

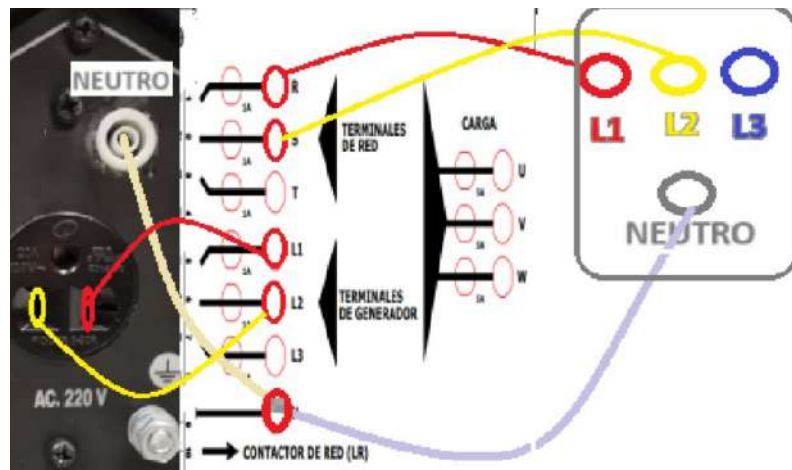
Los bornes Pick up y GND deben ir conectados a -12v es decir a los bornes de color negro de la alimentación.



**Figura 3.11:** Conexión de masa de generador  
Fuente: Autores.

Procedemos a hacer la conexión de la red ya puede ser monofásica, bifásica o trifásica esto se debe especificar cuando se realice la programación del ATS lovato RGK700 en este caso utilizaremos una fuente de 220V, por lo que tendremos que conectar 2 líneas a los bornes de entrada de la maqueta, en el caso de la red a los bornes R y S, mientras que los terminales del generadores se conectan en L1 y L2.

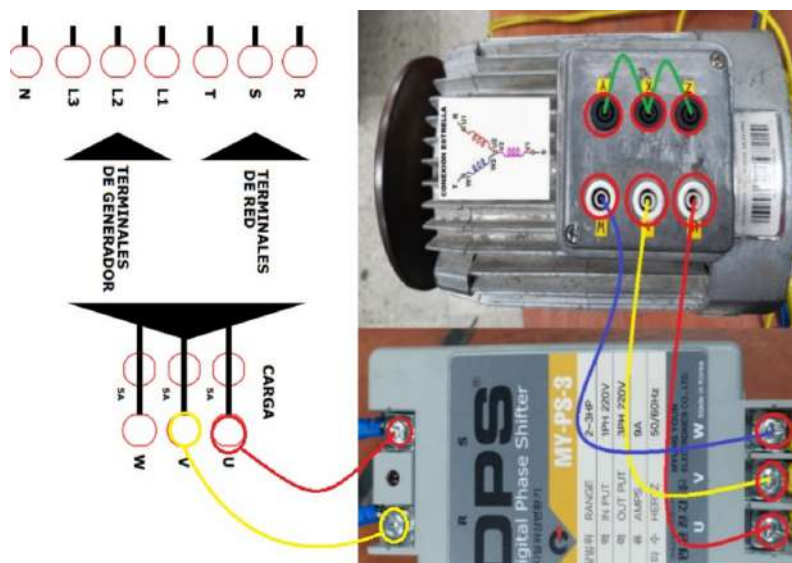
Es importante tomar en cuenta los neutros ya sea del generador o de la fuente que se necesite debido a que si no se conecta a neutro no pueden actuar los contactores de la red como del generador.



**Figura 3.12:** Conexión de red y generador al ATS  
Fuente: Autores.

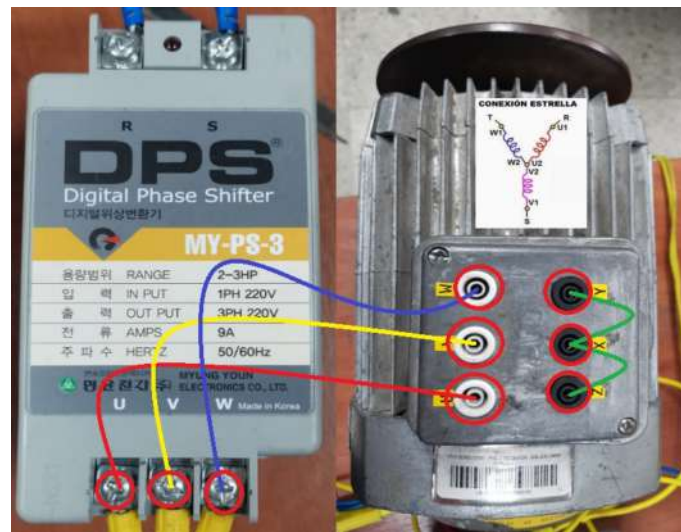
La conexión del generador es el mismo procedimiento que se realizó anteriormente con los terminales de la red, en este caso el generador es monofásico de 220 voltios.

Mientras los bornes U y V se deben conectar a la carga en el borne R y S del DPS.



**Figura 3.13:** Salida de carga a DPS  
Fuente: Autores.

El último paso es conectar el U,V y W del DPS al U,V y W del motor trifásico, en este caso se realizó la conexión estrella puenteadando en los bornes X,Y y Z.



**Figura 3.14:** Enlace entre DPS y motor trifásico - Conexión estrella  
Fuente: Autores.

### 3.2.5. Ejemplos de transiciones sin interrupciones durante fallas en el suministro principal.

Algunos ejemplos para simulación de falla en el suministro eléctrico que se realizaron fue el quitar una línea de alimentación como simulación de pérdida de línea mientras que la otra simulación fue apagar la fuente de alimentación simulando un corte en el suministro.



## CAPÍTULO 4

### Conclusiones y Recomendaciones

#### 4.1. Resultados

##### 4.1.1. Desempeño del Generador de Respaldo

Durante las pruebas y evaluaciones, el generador de respaldo implementado en el sistema ha mostrado un rendimiento sobresaliente. Es capaz de proporcionar una fuente eléctrica confiable en situaciones de interrupción de la red principal, lo que ha sido confirmado a través de un exhaustivo proceso de análisis y pruebas.

##### 4.1.1.1. Pruebas de arranque automático y estabilidad de salida

Las pruebas de arranque automático han demostrado la efectividad del motor de arranque, garantizando un arranque rápido sin fallas del generador todo eso gracias a la buena elección del componente y la fijación al implementarlo. Durante cada prueba, la estabilidad de la salida del generador se ha mantenido consistente y dentro de los parámetros aceptables, asegurando un suministro de energía confiable y estable.

##### 4.1.1.2. Tiempo de transferencia y conmutación

El mínimo tiempo de transferencia entre la red principal y el generador de respaldo evidencia la habilidad del sistema para identificar interrupciones de manera eficiente y rápida. Las pruebas de conmutación, tanto automáticas como manuales,

han sido realizadas a cabo de manera fluida y segura, garantizando una transición sin problemas entre las fuentes de energía.

#### **4.1.1.3. Integración del Interruptor de transferencia automática (ATS)**

La integración del generador de energía de respaldo con el ATS ha hecho posible monitorear y controlar con precisión el sistema en todo momento. Minimizando el riesgo de fallos y daños, las funciones de supervisión y protección implementadas han garantizado la seguridad y la operación óptima del generador.

#### **4.1.2. Integración Exitosa con la Red Eléctrica**

El proceso de implementación a la correcta conexión y sincronización del sistema con la red existente fue muy importante, lo que garantiza una transición suave y confiable entre la fuente principal de energía y el respaldo en caso de interrupciones.

##### **4.1.2.1. Adecuación a la características de la red eléctrica.**

El ATS es clave para poder asegurar la compatibilidad y la comunicación del sistema con la red, a través de pruebas y varios ajustes se pudo con la configuración para el monitoreo adecuado y la estabilidad del suministro eléctrico que proviene de la red.

##### **4.1.3. Funcionamiento de cambiador de fase conectado al motor trifásico.**

Al realizar la respectiva conexión ya sea con la alimentación de la red o del generador el dispositivo se ha enfocado en cumplir con las necesidades de trabajo para el motor trifásico de una forma continua haciendo la correcta agregación de la fase para su operación de encendido y correcto funcionamiento del motor.

#### **4.1.4. Funcionamiento del ATS.**

El ATS RGK700 fue vinculado con el generador de respaldo y la red eléctrica principal de manera correcta, lo que garantiza un funcionamiento adecuado del sistema de transferencia de energía. La detección y gestión de la transferencia de energía se logró mediante una configuración precisa en el interruptor de transferencia automática.

##### **4.1.4.1. Configuración precisa del ATS**

Configurado de acuerdo con las especificaciones del fabricante y los requisitos operativos del sistema de transferencia de energía. Para garantizar un rendimiento óptimo del sistema en todas las condiciones operativas, se ajustaron con precisión parámetros clave como tiempos de retraso, prioridades de carga y umbrales de detección de errores.

##### **4.1.4.2. Vinculación efectiva con el generador y la red eléctrica**

El ATS facilitó una comunicación fluida y confiable entre todos los componentes del sistema al conectarse de manera efectiva tanto con la red eléctrica principal como con el generador de respaldo. La interfaz del ATS permitió la integración y configuración de los parámetros de operación, lo que garantizó una coordinación sin problemas entre las diversas fuentes de energía.

##### **4.1.4.3. Detección y gestión de la transferencia de energía.**

El ATS demostró su capacidad para detectar automáticamente interrupciones en la red eléctrica y activar de manera rápida y eficiente el generador de respaldo. La transición entre la red y el generador se realizó de manera suave y sin interrupciones perceptibles, asegurando una continuidad del suministro eléctrico.

#### 4.1.4.4. Supervisión continua y diagnóstico proactivo.

La capacidad de supervisión continua y diagnóstico proactivo ofrecida por el ATS RGK700 permitió el monitoreo del estado operativo del sistema y la identificación de cualquier anomalía o condición adversa potencial. Las funciones de alerta y notificación garantizaron en todo momento la confiabilidad y seguridad del sistema al permitir una rápida respuesta ante cualquier situación inesperada.

## 4.2. Conclusiones

La investigación y el desarrollo de todo el sistema de transferencia automático cumplió con los objetivos y funcionalidades propuestas desde el comienzo, la cuidadosa elección del generador Hyundai HHY2200F de 210cc con una potencia de 2200W y la integración del motor de arranque de una moto ha demostrado ser la mejor solución para el funcionamiento debido a que las pruebas se hacen de forma remota por lo que el encendido manual del generador no satisficaría las necesidades requeridas para pruebas sin necesidad de la intervención humana para el accionamiento del encendido. El sistema a comparación de los generadores que ya vienen implementado el sistema de arranque automático de fábrica son elevadamente costosos y son de potencias superiores a lo que se requería, obteniendo un ahorro considerable en la integración de un motor de arranque en un generador manual. Este sistema logró el acople preciso y necesario para asegurar la disponibilidad de energía en caso de interrupciones en la red eléctrica principal demostrando ser una opción efectiva convirtiéndose en un generador de encendido automático.

El objetivo de diseñar e implementar el tablero de control fueron esenciales para supervisar mediante luces piloto, maniobrar eficazmente el ATS, el funcionamiento del generador y la correcta manipulación de la red. Esto implicó la instalación de componentes de seguridad para conexiones entre el ATS y las fuentes externas debido a que será utilizado como material de simulación práctica para estudiantes de la carrera de electricidad implicando la disposición adecuada del tablero para facilitar su acceso y operación.

La configuración del ATS de transferencia LOVATO modelo RGK 700 garantizó la transición sin interrupciones entre el suministro eléctrico principal y el generador de respaldo en caso de alguna falla. Esta configuración se realizó para que el ATS detecte una entrada monofásica de 3 hilos (L1-N-L2) de tensión nominal de 210

Voltios, el mismo que actuará con un control de tensión línea-línea (L-L) al momento en que se pierda una línea o pérdida total de suministro eléctrico. Se ajustó el ATS para que maneje corriente nominal de 2 amperios y la frecuencia utilizada en Ecuador de 60HZ.

Gracias a todas estas configuraciones se a logrado simular un monitoreo preciso y mediante la automatización del sistema asegura una respuesta rápida y confiable, minimizando el tiempo de inactividad y garantizando la continuidad de operaciones en la carga de salida el cual se ocupó un generador de tres hilos monofásico y un DPS, enlazado a un motor trifásico de 0,33Hp.

### 4.3. Recomendaciones

Este tipo de sistemas es recomendado para lugares donde existan constantemente cortes de energía y para lugares que dependen demasiado del suministro eléctrico y no se pueda interrumpir la energía tales como hospitales, laboratorios, empresas, universidades, entre otros. Cada herramienta es fundamental con su compatibilidad el ATS Lovato RGK 700 tiene una amplia gama de opciones de configuración que le permiten adaptarse a diferentes escenario y necesidades. Para cada lugar se debe realizar un respectivo dimensionamiento para la elección del generador adecuado.

Se recomienda colocar el generador en una zona o área ventilada y alejada de materiales inflamables. También se debe tomar en cuenta el espacio debido a que el lugar debe ser accesible para su respectivo mantenimiento. En este caso se colocará en una zona de los laboratorios bastante amplia y con grandes ventanales para la agregación de una extensión para la expulsión del humo causado por el generador.

Es necesario mantener el generador encendido por unos 5 minutos para que llegue a la temperatura adecuada para poder realizar las practicas sin problema alguno debido a que el generador por el tiempo de reposo puede llegar a ahogarse, esto también puede llegar a suceder por dejar la llave de combustible abierta por lo que se recomienda cerrarla después de cada práctica.

Al momento de hacer las conexiones leer previamente el instructivo para no tener complicaciones en la conexión ya que si se conecta de forma errónea podríamos estar activando otro relé o al equivocarse en la polaridad no actuarían los relés tanto de encendido como el magneto de parada. En este caso cada terminal cuenta con un

relé independiente como protección y como actuador cabe recalcar de estos son a 12 volts DC.

# ANEXOS

## ANEXO A

### Implementación de motor de arranque en el generador

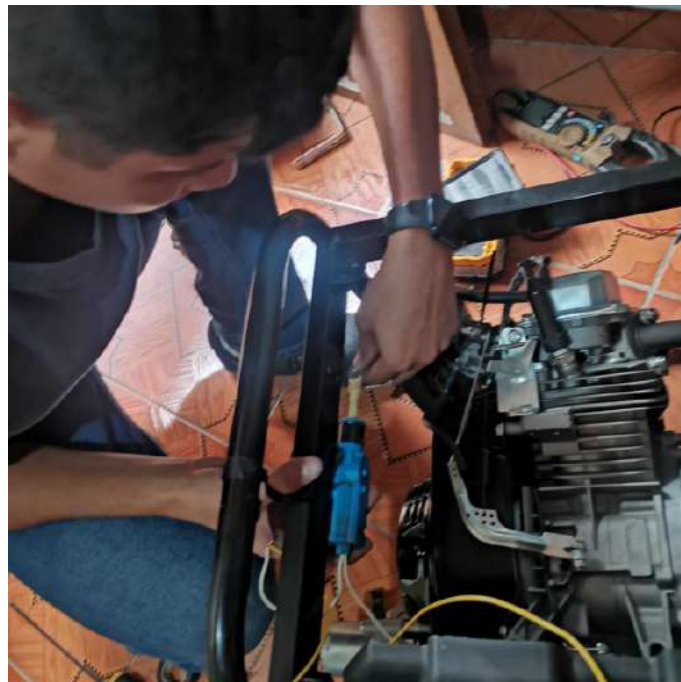


**Figura A.1:** Montaje de sistema de anclaje, cadena y motor de arranque en el cigueñal.

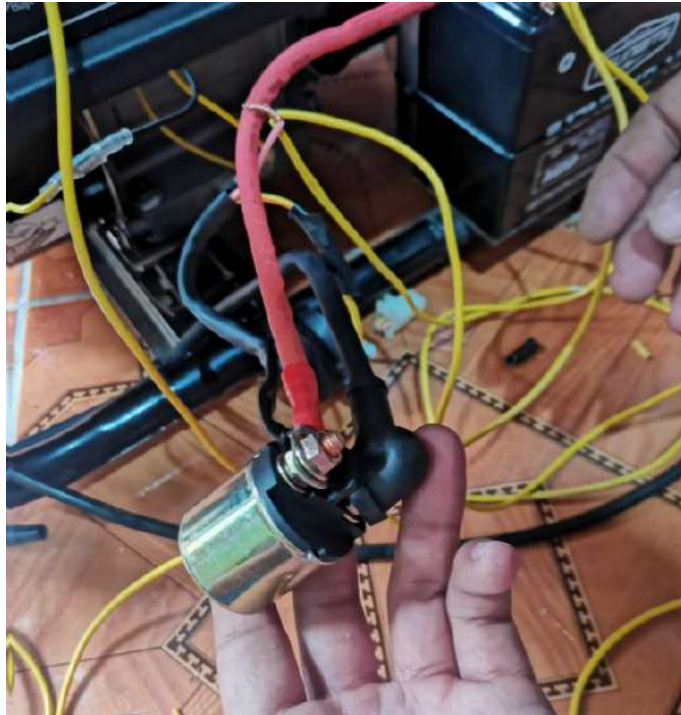




**Figura A.2:** Montaje de Batería.



**Figura A.3:** Impulsor para ahogador.



**Figura A.4:** Solenoide.



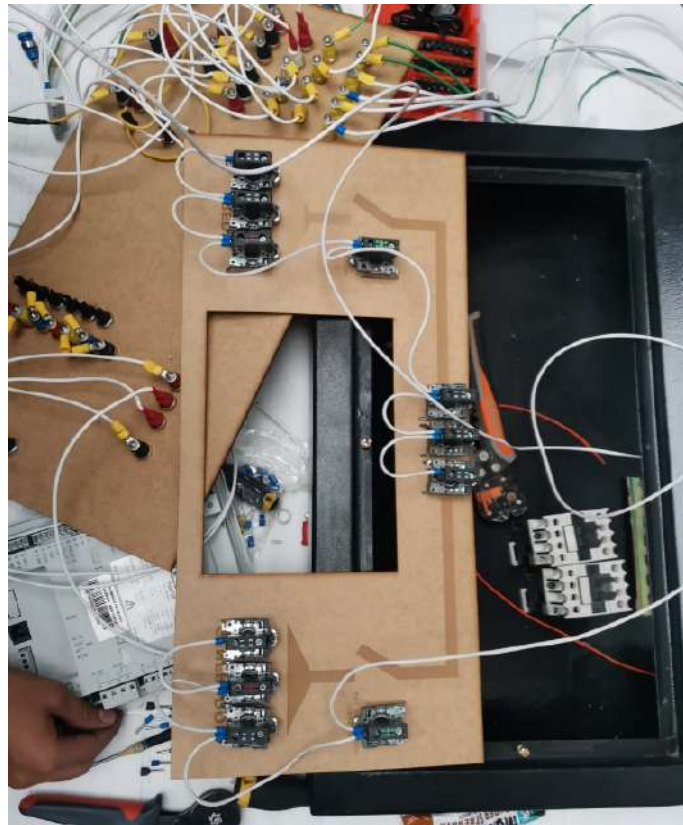
**Figura A.5:** Motor de arranque implementado.

## ANEXO B

### Tablero de control



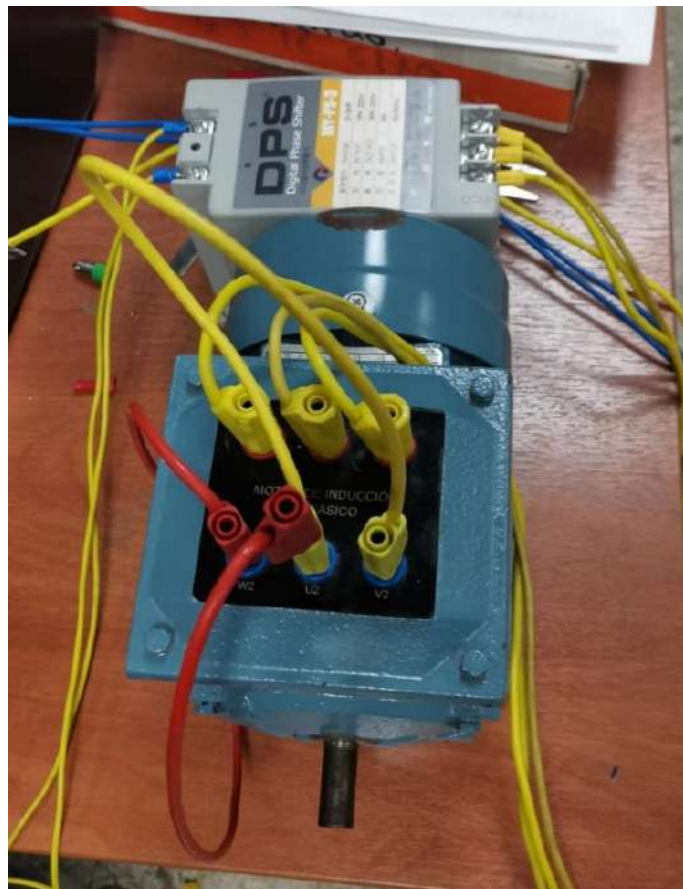
**Figura B.1:** Elección de componentes usados para el tablero de control.



**Figura B.2:** Cableado entre componentes del tablero.



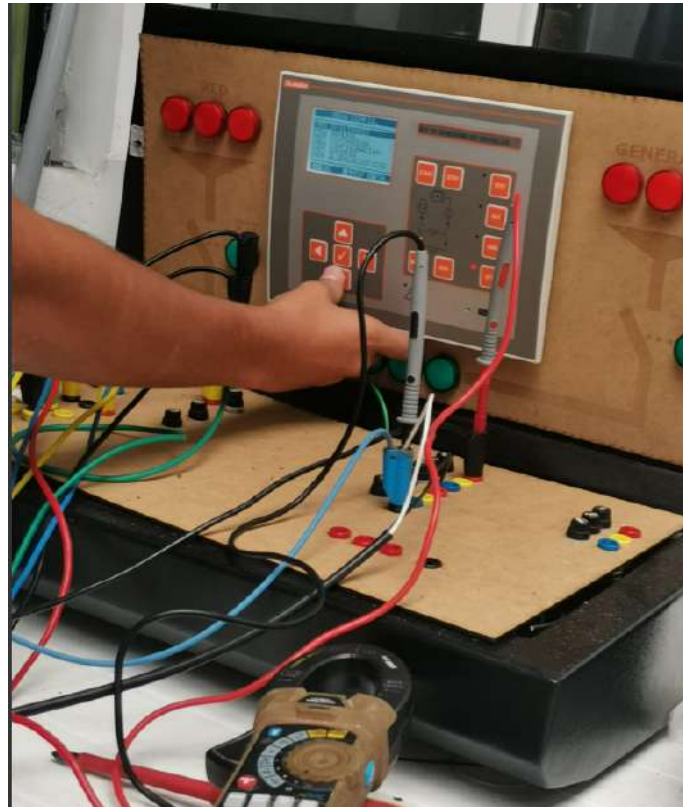
**Figura B.3:** Tablero de control y conexión.



**Figura B.4:** Prueba con motor trifásico de 0,33 hp.

## ANEXO C

### Configuración de ATS Lovato RGK700 y conexiones



**Figura C.1:** Configuración del ATS.



**Figura C.2:** Prueba para encendido del generador desde el tablero.



**Figura C.3:** Conexión completa del sistema.

<b>Tabla de Mantenimiento - Generador</b>	
<b>Tipo de Mantenimiento</b>	<b>Frecuencia</b>
Cambio de bujía	Cada 100 horas de trabajo continuo
Cambio de aceite	Cada 50 horas de trabajo continuo
Limpieza del filtro de aire	Cada 50 horas de trabajo continuo
Ajuste de base de motor	Cada 6 meses
Inspección de conexiones eléctricas	Anualmente
Prueba de funcionamiento de arranque remoto	Realizarlo de forma trimestral
Limpieza de tanque de gasolina	Anualmente
Cambio de filtro de gasolina	Anualmente

**Tabla C.2:** Tabla de mantenimiento del generador

El proceso de mantenimiento del generador se basa en el cambio de bujías cada 50 a 100 horas de trabajo continuo, para el cambio de bujía se necesita de una racha con una extensión y un dado de 5/8, se remueve y se reemplaza por una nueva. Hay causas en que las se puede quemar una bujía, como exceder las horas de operación o tenga problemas de carburación y esté mandando gasolina demás.

El cambio del filtro de aire es importante para que tenga una libre circulación de aire debido a que al estar contaminado puede llegar a disminuir el rendimiento del generador.

El consumo promedio de gasolina del generador Hyundai de 2200 W considerando que se mantuvo con una carga de un motor de 0,33 hp, se vio que en una hora consumió un litro deduciendo que consumió 2kw x 1hora igual a 2kwh. Por lo tanto el promedio de consumo será: 1L/2kwh igual a 0,5L/Kw/h esto se dedujo de una forma fácil ya que el generador cuenta con un tanque de gasolina de 15 L y una capacidad de servicio de 8 horas. Se divide 8 para 15 y tenemos el valor de consumo por hora igual a 0,5333L/Kw/h.

### **Encendido de generador:**

El primer paso revisar el nivel de combustible.

El segundo paso es abrir la llave de combustible.

Tercer paso es colocar el circuito de protección en OFF para arrancar en vacío.



Cuarto paso es colocar el switch en ON/OFF en la posición de ON para posteriormente arrancar el motor mediante el pulsante.



**Figura C.4:** Medición con medidor de calidad de energía.



**Figura C.5:** Medición de voltaje y corriente



Figura C.6: Medición de potencia KVA

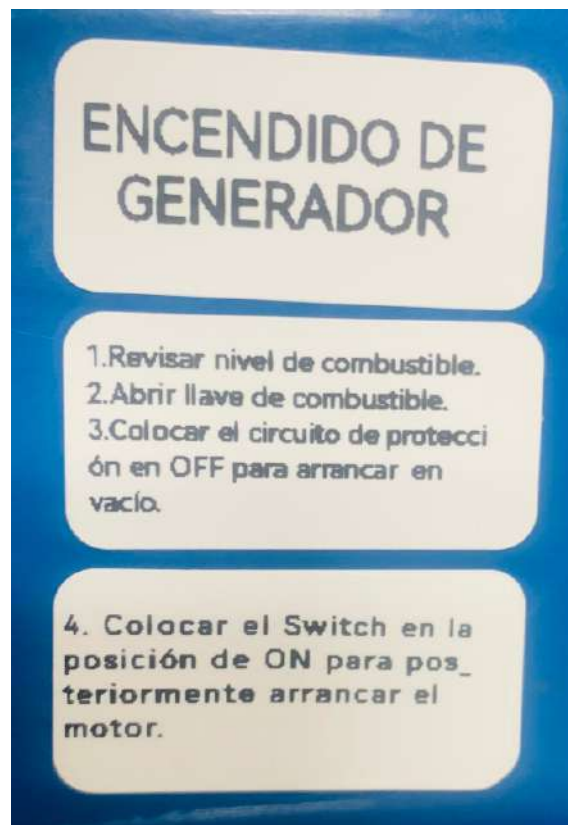


Figura C.7: Indicaciones de encendido del generador

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Hyundai, “Generador 200f,” <https://hyundaiherramientas.com.ar/producto/generador-2200-w-hhy2200f/>, 2023, accessed: 2023-12-08.
- [2] Rembrak, “Generador hyundai trifásico,” <https://www.rembrak.com/products/generador-gasolina-trifasico-8-kva-hyundai>, 2023, accessed: 2023-12-08.
- [3] Ludepa, “Generador yamaha 4t,” <https://www.ludepa.ec/productos/generadores/generador-yamaha-4t-gasolina-120-240-5-5hp-2-6-kva-ef2600d/>, 2022, accessed: 2023-12-16.
- [4] BP, “Generador a diesel 6000w,” <https://bpecuador.com/producto/generador-a-diesel-6000-w/>, 2023, accessed: 2023-12-18.
- [5] D. Industry, “Generador grupo electrógeno de gas,” <https://www.directindustry.es/prod/fujian-everstrong-lega-power-equipments-co-ltd/product-160854-2463115.html>, 2023, accessed: 2023-12-19.
- [6] Honda, “Generador portatil inverter eu22,” <https://motos.honda.com.ec/producto-de-fuerza/generador-portatil-inverter-eu22-120v-2200w-11>, 2021, accessed: 2023-12-20.
- [7] BP, “Generador a gasolina 2500w,” <https://bpecuador.com/producto/generador-a-gasolina-2500watts/>, 2023, accessed: 2023-12-20.
- [8] Ludepa, “Generador 0.80kw a gasolina silk,” <https://www.ludepa.ec/productos/herramientas/generador-0-80kw-a-gasolina-silk/>, 2023, accessed: 2023-12-20.
- [9] Agrizon, “Generador ez3000,” <https://www.e-agrizon.com/producto/generador-ez3000/>, 2019, accessed: 2023-12-20.
- [10] Ecatalog, “Generador hyundai hhy2500f,” <https://e-catalog.co.uk/HYUNDAI-HHY2500F.htm>, 2023, accessed: 2023-12-20.

- 
- [11] J. Importacion, “Generador a gasolina yamaha,” <https://jkimportacion.com/generadores/generadores-gasolinos/generador-a-gasolina-yamaha-ef2600fw-detail.html>, 2023, accessed: 2023-12-20.
- [12] W. K. C. S. de C.V, *Manual de usuario Generador a Gasolina*, Hyundai, Medellin, Colombia.
- [13] DPS, *Cambiador digital de fase*, MYUNG YOUN ELECTRONICS CO.,LTD, Korea.
- [14] L. Electric, *Controlador para grupos electrógenos*, Lovato Electric S.P.A, Italia.
- [15] I. J. Arroyo Flores *et al.*, “Diseño e implementación de un sistema de transferencia automático entre la red pública de la empresa eléctrica quito y grupo electrógeno de la planta incinerox cía. ltda.” B.S. thesis, Espol, Guayaquil, Ecuador, 2015.
- [16] O. Ruiz Cavel, “Dimensionamiento y selección de un sistema de transferencia automático con inversor de redes para permitir el suministro eléctrico continuo en un centro de innovación tecnológica,” Bachelor’s Thesis, Universidad César Vallejo, Trujillo, Perú, 2019.
- [17] H. W. Albuja Barreno y J. A. Ballagán Costales, “Diseño y construcción de un prototipo de un sistema de control para la transferencia automática de energía a 220v/60hz,” B.S. thesis, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador, 2001.
- [18] O. A. Urrego Henao y J. W. Ramírez Gomez, “Manual de procedimiento para el mantenimiento preventivo a grupos electrógenos,” B.S. thesis, Institución Universitaria Pascual Bravo, Medellín, Colombia, 2012.
- [19] J. A. Ángel Illesca y J. J. Guin Quinde, “Sistema automático de transferencia de energía eléctrica para una gasolinera,” B.S. thesis, Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil, Guayaquil, Ecuador, 2022.
- [20] R. Giraldo y C. Trujillo, “Estudio de un grupo electrógeno,” Bachelor’s Thesis, Corporacion Universitaria Autonoma del Occidente, Cali, Colombia, 1994.
- [21] R. G. Castañeda Saavedra, “Análisis técnico y económico de implementación de grupo electrógeno a gas natural para la generación de 2500 kw, para reducir los costos de energía eléctrica en la empresa austral group s.a.a,” Bachelor’s Thesis, Universidad César Vallejo, Trujillo, Perú, 2018.

- [22] S. Bravo y J. Cepeda, “Diseño e implementación de transferencia de energía eléctrica para una planta industrial empleando el módulo de transferencias ubicado en el laboratorio de instalaciones industriales,” Bachelor’s Thesis, Universidad Politécnica Salesiana, Guayaquil, Ecuador, 2021.
- [23] E. M. Puente Gallardo, “Instalación de grupos electrógenos a diésel para las industrias,” Bachelor’s Thesis, Espol, Guayaquil, Ecuador, 2019.
- [24] C. E. Bocanegra Rivera y C. R. Zubiarte Ruiz, “Rango de potencia y tipo de fallas en grupos electrógenos instalados en operaciones industriales,” Bachelor’s Thesis, Universidad Privada del Norte, Lima, Perú, 2018.
- [25] G. E. Chicaiza Quisaguano y W. P. Sarabia Ramos, “Herramienta informática para la evaluación de la eficiencia energética en generadores de combustión interna,” B.S. thesis, Universidad Técnica del Chimborazo, Latacunga, Ecuador, 2021.
- [26] Ministerio de industrias y productividad, “Reglamento técnico Ecuatoriano RTE INEN 092,” Gobierno Nacional, Resolución 14370, 2014.
- [27] M. C. Fernández, M. F. Fernández, R. D. Fuentes, y Á. C. Montiel, “Calidad de la energía y generación distribuida en cuba,” *Revista cubana de ingeniería*, vol. 1, no. 3, pp. 41–50, 2010.
- [28] G. Rojas, “Grupos electrógenos principios básicos,” *Grupos electrógenos principios básicos*, 2018.
- [29] E. G. Santa Sierra, “Estudio para la conexión de un grupo electrógeno en una empresa de minería de carbón que garantice la mínima afectación a la producción ante cortes de energía,” Bachelor’s Thesis, Universidad Distrital Francisco José De Caldas, Bogotá, Colombia, 2020.
- [30] Norma IEC 60034-22, *Máquinas eléctricas rotativas Parte 22: Generadores de corriente alterna para grupos electrógenos accionados por motores de combustión interna de pistones*, INEN, Quito, Ecuador.
- [31] S. H. Angulo Hernández y J. A. Yarleque Chunga, “Diseño de un sistema de transferencia automática de energía eléctrica con monitoreo de parámetros eléctricos para el grupo electrógeno del hospital regional de Lambayeque,” Bachelor’s Thesis, Universidad Señor de Sipán, Pimentel, Perú, 2018.
- [32] J. A. Villacís Salazar, “Diseño de un sistema integrado de seguridad electrónica, control de accesos, red de datos e implementación de un tablero de control integrado, transferencia y distribución automática de energía para la unidad

educativa san luis gonzaga,” Bachelor’s Thesis, Universidad Politécnica Salesiana, Quito, Ecuador, 2012.

- [33] D. F. Rojas Cruz, “Implementación del módulo de control para la transferencia automática de energía eléctrica del grupo electrógeno de 50 kva de la empresa codabe,” B.S. thesis, Universidad Politécnica Salesiana sede Quito, Quito, Ecuador, 2017.