



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE MECÁNICA**  
**CARRERA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN TABLERO DE  
CONTROL PARA EL ROTOR KIT DEL LABORATORIO DE  
DIAGNÓSTICO TÉCNICO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LA  
FACULTAD DE MECÁNICA DE LA ESPOCH”**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto técnico

Presentado para optar por el grado académico de:

**INGENIERO EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**

**AUTORES:**

**MAGALY ELIZABETH OJEDA GUADALUPE**

**HERNÁN RICARDO OLMEDO ROMERO**

Riobamba - Ecuador

2021



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA**

**CARRERA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN TABLERO DE  
CONTROL PARA EL ROTOR KIT DEL LABORATORIO DE  
DIAGNÓSTICO TÉCNICO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LA  
FACULTAD DE MECÁNICA DE LA ESPOCH”**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto técnico

Presentado para optar por el grado académico de:

**INGENIERO EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**

**AUTORES: MAGALY ELIZABETH OJEDA GUADALUPE**

**HERNÁN RICARDO OLMEDO ROMERO**

**DIRECTOR: Ing. PABLO ERNESTO MONTALVO JARAMILLO**

Riobamba - Ecuador

2021

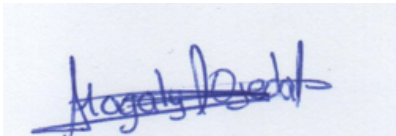
**©2021, Magaly Elizabeth Ojeda Guadalupe & Hernán Ricardo Olmedo Romero**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

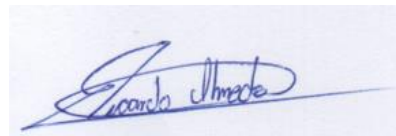
Nosotros, Magaly Elizabeth Ojeda Guadalupe y Hernán Ricardo Olmedo Romero declaramos que el presente trabajo de integración curricular es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de integración curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 23 de diciembre de 2021



**Magaly Elizabeth Ojeda Guadalupe**  
**C.I: 060511298-6**



**Hernán Ricardo Olmedo Romero**  
**C.I: 060417926-7**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA**

**CARRERA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**

El Tribunal del trabajo de integración curricular certifica que: El trabajo de Integración Curricular: Tipo: Proyecto Técnico, **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN TABLERO DE CONTROL PARA EL ROTOR KIT DEL LABORATORIO DE DIAGNÓSTICO TÉCNICO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LA FACULTAD DE MECÁNICA DE LA ESPOCH”**, realizado por los señores **MAGALY ELIZABETH OJEDA GUADALUPE** y **HERNÁN RICARDO OLMEDO ROMERO**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de integración curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Ing. Marco Antonio Ordóñez Viñán <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>	 MARCO ANTONIO ORDONEZ VINAN Mantenimiento Industrial	2021-12-23
Ing. Pablo Ernesto Montalvo Jaramillo <b>DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>	 Firmado electrónicamente por: <b>PABLO ERNESTO MONTALVO JARAMILLO</b>	2021-12-23
Ing. Julio Eduardo Cajamarca Villa <b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>	 Firmado digitalmente por JULIO EDUARDO CAJAMARCA VILLA Ubicación: Cuenca Fecha: 2022.01.28 10:00:27 -05'00'	2021-12-23

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de integración curricular lo dedico principalmente a mi madre, por su amor, apoyo, trabajo y sacrificio, quien ha sido la persona que me ha formado en valores, virtudes, capacidad, inculcándome siempre a ser mejor cada día.

Magaly

El presente trabajo de integración curricular está dedicado hacia toda persona que supo ser de apoyo en mi transcurso universitario, a mi madre que supo estar en cada adversidad presentada y a mi familia que supieron ser un pilar fundamental en mi vida.

Hernán

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por bendecirnos la vida, por guiarnos a lo largo de nuestra existencia, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad. Agradezco también a nuestros docentes de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de nuestra profesión.

Magaly

Agradezco principalmente a mi madre, que supo apoyarme desde el inicio de mi vida hasta la actualidad permitiendo poder sobresalir ante cualquier adversidad, agradezco también a un grupo de docentes, que lograron que mi estancia en la universidad sea más extraordinaria debido a su forma de impartir su cátedra.

Hernán

## TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiii
RESUMEN.....	xiv
SUMMARY.....	xv
INTRODUCCIÓN.....	1

### CAPÍTULO I

1. GENERALIDADES.....	2
1.1 Antecedentes.....	2
1.2 Planteamiento del problema.....	2
1.3 Justificación y actualidad.....	3
1.4 Objetivos:.....	3
1.4.1 <i>Objetivo general</i> .....	3
1.4.2 <i>Objetivos específicos</i> .....	4

### CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1 Eficiencia energética.....	5
2.2 Consumo energético.....	5
2.3 Eficiencia en motores trifásicos de inducción.....	6
2.3.1 <i>Determinación de la eficiencia del motor</i> .....	6
2.3.2 <i>Curva de eficiencia</i> .....	6
2.3.3 <i>Norma de la eficiencia energética para motores de corriente alterna</i> .....	7
2.4 Rotor kit.....	8
2.4.1 <i>Diferentes aplicaciones del rotor kit para el análisis de fallas de máquinas</i> .....	8
2.5 Elementos electromecánicos de control.....	8
2.5.1 <i>Pulsadores</i> .....	9
2.5.2 <i>Conmutadores</i> .....	10
2.5.3 <i>Relés</i> .....	11
2.6 Variador de frecuencia.....	12



<b>2.6.1</b>	<i>Selección de un variador de frecuencia</i> .....	13
<b>2.6.2</b>	<i>Aplicaciones de los variadores de frecuencia</i> .....	14
<b>2.6.3</b>	<i>Diferentes tipos de variadores de frecuencia</i> .....	14
2.6.3.1	<i>Siemens</i> .....	14
2.6.3.2	<i>INVT</i> .....	15
2.6.3.3	<i>Schneider</i> .....	16
<b>2.6.4</b>	<i>Ventajas de instalar un variador de frecuencia en un sistema rotor kit</i> .....	17
<b>2.6.5</b>	<i>Ahorro energético en un variador de frecuencia</i> .....	17
<b>2.7</b>	<b>Fuente de voltaje</b> .....	18
<b>2.8</b>	<b>Tarjetas de desarrollo</b> .....	20
<b>2.9</b>	<b>Elementos de maniobra y protección</b> .....	20
<b>2.9.1</b>	<i>Elementos de maniobra</i> .....	21
2.9.1.1	<i>Lámparas de señalización</i> .....	21
2.9.1.2	<i>Señalización</i> .....	21
<b>2.9.2</b>	<i>Elementos de protección</i> .....	21

### CAPÍTULO III

<b>3.</b>	<b>DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL TABLERO DE CONTROL</b> .....	23
<b>3.1</b>	<b>Sistema estructural</b> .....	23
<b>3.1.1</b>	<i>Diseño de la estructura</i> .....	23
3.1.1.1	<i>Selección del tubo de la estructura</i> .....	24
3.1.1.2	<i>Construcción de la estructura metálica</i> .....	24
<b>3.1.2</b>	<i>Diseño de la distribución de implementos en el tablero de control</i> .....	25
3.1.2.1	<i>Distribución de implementos</i> .....	25
<b>3.2</b>	<b>Sistema eléctrico</b> .....	30
<b>3.2.1</b>	<i>Cálculo de calibre de conductores</i> .....	30
<b>3.2.2</b>	<i>Selección del breaker</i> .....	34
<b>3.2.3</b>	<i>Materiales y herramientas para el cableado eléctrico</i> .....	35
<b>3.2.4</b>	<i>Diseño del circuito de mando</i> .....	35
<b>3.2.5</b>	<i>Diseño del circuito de potencia</i> .....	36
<b>3.2.6</b>	<i>Procedimiento para el cableado eléctrico</i> .....	37
<b>3.3</b>	<b>Sistema de automatización</b> .....	40
<b>3.3.1</b>	<i>Programación del variador de frecuencia</i> .....	43

### CAPÍTULO IV

<b>4.</b>	<b>ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS</b> .....	45
<b>4.1</b>	<b>Pruebas de funcionamiento del sistema</b> .....	45
<b>4.1.1</b>	<i>Pruebas generales eléctricas</i> .....	46
<b>4.2</b>	<b>Termografía</b> .....	48
<b>4.3</b>	<b>Verificación de la correcta variación de velocidad y frecuencia del sistema</b> .....	49
	<b>CONCLUSIONES</b> .....	50
	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	51
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	
	<b>ANEXOS</b>	

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-2:</b> Tipos de eficiencia .....	7
<b>Tabla 2-2:</b> Código de colores de los pulsadores .....	10
<b>Tabla 3-2:</b> Tipos de relés.....	12
<b>Tabla 4-2:</b> Dimensionamiento de los variadores .....	13
<b>Tabla 5-2:</b> Tipos de torque en motores de inducción.....	14
<b>Tabla 6-2:</b> Tipos de fuentes de voltaje .....	19
<b>Tabla 7-2:</b> Fuentes de voltaje .....	19
<b>Tabla 8-2:</b> Código de colores .....	21
<b>Tabla 9-2:</b> Elementos de protección .....	22
<b>Tabla 1-3:</b> Materiales y Herramientas .....	24
<b>Tabla 2-3:</b> Materiales y Herramientas .....	26
<b>Tabla 3-3:</b> Nueva sección calculada .....	32
<b>Tabla 4-3:</b> Nueva sección calculada .....	34
<b>Tabla 5-3:</b> Materiales y Herramientas .....	35
<b>Tabla 6-3:</b> Botones.....	43
<b>Tabla 7-3:</b> Datos de placa del motor.....	44
<b>Tabla 1-4:</b> Pruebas de voltaje .....	46
<b>Tabla 2-4:</b> Calibre y longitud (Conexión variador-motor).....	47
<b>Tabla 3-4:</b> Revisión de los elementos de protección .....	47
<b>Tabla 4-4:</b> Parámetros del motor .....	47
<b>Tabla 5-4:</b> Entradas digitales del variador de frecuencia.....	48
<b>Tabla 6-4:</b> Entradas análogas del variador de frecuencia .....	48

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-2:</b> Curva de Eficiencia. ....	7
<b>Figura 2-2:</b> Dispositivos de control. ....	8
<b>Figura 3-2:</b> Estructura interna de un pulsador. ....	9
<b>Figura 4-2:</b> Codificación de los pulsadores. ....	9
<b>Figura 5-2:</b> Codificación de los pulsadores. ....	10
<b>Figura 6-2:</b> Configuración de un regulador de velocidad. ....	12
<b>Figura 7-2:</b> Etapa de control en variadores de velocidad. ....	13
<b>Figura 8-2:</b> Variador Sinamics. ....	14
<b>Figura 9-2:</b> Variador INVT. ....	15
<b>Figura 10-2:</b> Variador Schneider. ....	16
<b>Figura 11-2:</b> Fuente de voltaje. ....	18
<b>Figura 12-2:</b> Tarjetas de desarrollo. ....	20
<b>Figura 1-3:</b> Diseño de la estructura. ....	23
<b>Figura 2-3:</b> Estructura de tubo cuadrado. ....	24
<b>Figura 3-3:</b> Realización de las mesas de soporte. ....	25
<b>Figura 4-3:</b> Taladrado ....	26
<b>Figura 5-3:</b> Agujeros mediante el uso de un sacabocados hidráulico. ....	27
<b>Figura 6-3:</b> Bosquejo, corte y limado de la pantalla del variador. ....	27
<b>Figura 7-3:</b> Colocación de la tapa del variador. ....	28
<b>Figura 8-3:</b> Medición, corte y ajuste de las canaletas. ....	28
<b>Figura 9-3:</b> Corte y colocación del Riel DIN. ....	29
<b>Figura 10-3:</b> Colocación del variador de frecuencia. ....	29
<b>Figura 11-3:</b> Colocación del relé encapsulado y las borneras. ....	30
<b>Figura 12-3:</b> Tabla de ampacidad. ....	32
<b>Figura 13-3:</b> Tabla de ampacidad. ....	34
<b>Figura 14-3:</b> Diagrama de mando. ....	35
<b>Figura 15-3:</b> Conexión del Variador de frecuencia. ....	36
<b>Figura 16-3:</b> Diagrama de potencia. ....	36
<b>Figura 17-3:</b> Conexión, ajuste y etiquetado del circuito. ....	37
<b>Figura 18-3:</b> Puntos comunes en las conexiones. ....	38
<b>Figura 19-3:</b> Conexión del variador de frecuencia. ....	39
<b>Figura 20-3:</b> Distribución final de implementos y conexión. ....	39
<b>Figura 21-3:</b> Tablero de control. ....	40
<b>Figura 22-3:</b> Tablero finalizado y colocación de las tapas de las canaletas. ....	40

<b>Figura 23-3:</b> Teclado del variador de frecuencia INVT. ....	43
<b>Figura 1-4:</b> Pruebas generales eléctricas. ....	46
<b>Figura 2-4:</b> Termografía infrarroja.....	48
<b>Figura 3-4:</b> Termografía infrarroja.....	49
<b>Figura 4-4:</b> Termografía.....	49

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1-3:</b> Diagrama de flujo del arduino .....	41
<b>Gráfico 2-3:</b> Diagrama de flujo del variador .....	42
<b>Gráfico 1-4:</b> Diagrama de flujo del sistema.....	45

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

**ANEXO A:** DISEÑO DEL TABLERO DE CONTROL EN SOLIDWORKS

**ANEXO B:** MANUAL DE PROCEDIMIENTOS Y PLAN DE MANTENIMIENTO DEL  
“LABORATORIO DE DIAGNÓSTICO TÉCNICO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA”

**ANEXO C:** PREVISIONES TAREAS DE MANTENIMIENTO

## RESUMEN

El siguiente trabajo de integración curricular se presentó con el objetivo de diseñar e implementar un tablero de control didáctico para monitorear la velocidad de un motor eléctrico trifásico, mediante un variador de frecuencia y con la implementación de una tarjeta de desarrollo del tipo Arduino UNO se realizó una programación para que sea capaz de transmitir datos de frecuencia de entrada del motor de corriente alterna para poder observarlos en la pantalla LCD colocada en la carilla del tablero. El variador de frecuencia INVT se encargó de realizar la variación de velocidad en el motor y el monitoreo se lo realizó mediante su pulsador que se encuentra en la pantalla, en donde al finalizar se podía revisar las revoluciones por minuto, corriente y voltaje. Se efectuaron pruebas en el tablero con el fin de que la conexión eléctrica sea acorde al diagrama de mando y potencia establecidos mediante la verificación de continuidad con el multímetro. Para el análisis de resultados se logró el control de la velocidad, la misma que es visualizada en la pantalla del variador y a su vez regulada mediante un potenciómetro de precisión. Para el cambio de sentido de giro del motor se ocupó relés encapsulados con el fin de lograr crear un sistema que cambia el sentido de giro del motor. Por último, se realizó mediciones de termografía infrarroja en el tablero eléctrico, para observar puntos calientes en las conexiones eléctricas, con el fin de realizar estas pruebas. Se concluyó que el tablero de control funciona en óptimas condiciones para ser ocupado en las diferentes prácticas de laboratorio. Se recomienda que se trabaje en conjunto con el manual de operación para evitar una mala manipulación de los tableros de control y tener un correcto manejo de los mismos.

**Palabras clave:** <TABLERO DE CONTROL> <MOTOR ELÉCTRICO> <VARIADOR DE FRECUENCIA> <CALIDAD DE ENERGÍA> <TERMOGRAFÍA INFRARROJA> <TARJETA DE DESARROLLO ARDUINO>.



Firmado electrónicamente por:  
**HOLGER GERMAN  
RAMOS UVIDIA**

0140-DBRA-UPT-2022

2022-01-27



## SUMMARY

This curricular integration work was presented with the objective of designing and implementing a didactic control board to monitor the speed of a three-phase induction motor, using a frequency inverter and, with the implementation of a development board of Arduino UNO type, a programming was carried out so that it is able to transmit data of frequency of entrance of the alternating current motor to be able to observe them in the LCD screen placed in the face of the board. The INVT frequency inverter was in charge of carrying out the speed variation in the motor and the monitoring was carried out by means of its button on the screen where, at the end, it was possible to check the revolutions per minute, current and voltage. Several tests were carried out on the board so that the electrical connection is in accordance with the control and power diagram established by checking the continuity with the multimeter. For the analysis of results, speed control was achieved, which is displayed on the drive screen and in turn regulated by a precision potentiometer. Encapsulated relays were used to change the direction of rotation of the motor to create a system that changes the direction of rotation of the motor. Finally, infrared thermography measurements were carried out on the electrical panel, to observe hot spots in the electrical connections, in order to carry out these tests. It was concluded that the control panel works in optimal conditions to be used in the different practices of laboratory. It is recommended that you work in conjunction with the operation manual to avoid mishandling of the control panels and to have a correct handling of them.

**Keywords:** <CONTROL PANEL>, <ELECTRIC MOTOR> <FREQUENCY INVERTER>, <ENERGY QUALITY>, <INFRARED THERMOGRAPHY>, <ARDUINO DEVELOPMENT BOARD>.

SANDRA  
PAULINA  
PORRAS  
PUMALEMA

Firmado  
digitalmente por  
SANDRA  
PAULINA PORRAS  
PUMALEMA  
Fecha: 2022.01.27  
16:28:41 -05'00'

## **INTRODUCCIÓN**

La Escuela Superior Politécnica de Chimborazo cuenta con un laboratorio para el diagnóstico de fallas en máquinas rotativas sirviendo de tal manera que, se pueda diseñar e implementar tableros de control para variar la velocidad en módulos de rotor kit existentes en el laboratorio. La demanda en el mercado de la automatización es muy exigente debido a los avances tecnológicos que implementan las industrias actuales (4.0). Hoy en día el uso de variadores de frecuencia en la industria es de uso común, teniendo una variedad de aplicaciones como en bandas transportadoras, motores de inducción, equipos de bombeo, etc. La implementación de variadores de frecuencia ha logrado transformar las soluciones habituales en el control de la velocidad dentro de los sistemas mecánicos, logrando reducir costos de mantenimiento y en la mayoría de los casos aumentar el rendimiento del sistema y ciclo de vida de los elementos.

La utilización de variadores de frecuencia es de gran aporte para el mantenimiento, debido a que se puede dar un arranque a frecuencias bajas, logrando que sea menos brusco, permitiendo que la vida útil de los dispositivos sea más extensa, esto es por la leve carga de arranque, disminuyendo las corrientes pico y la velocidad a la que se maneja el sistema. Es de importancia la implementación del tablero eléctrico en el laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética, debido a que ayudará a detectar modos de fallo de equipos rotativos por medio del rotor kit, así como también, con la implementación de un variador de frecuencia se observará cómo se comportan los módulos a diferentes velocidades.

Con esta ejecución, se dotará de tableros de control didácticos provistos de elementos para el aprendizaje en dos condiciones de funcionamiento, accionado tanto en arranque directo, y comandado por un sistema de variación de frecuencia en el que se ocupará equipos de control como lo es el variador de frecuencia y relés encapsulados, para de esta forma poder realizar las diferentes operaciones que se requieran en las prácticas de laboratorio. Por esta razón es importante que los estudiantes de la Carrera Mantenimiento Industrial trabajen con estos tableros, para que de una u otra forma adquieran experiencia y conocimiento para trabajar en sistemas industriales.

# **CAPÍTULO I**

## **1. GENERALIDADES**

### **1.1 Antecedentes**

El estudio de los movimientos giratorios tuvo inicio en el año 1869 por un artículo de Rankine, esta investigación siguió hasta el siglo XIX, mediante la aportación de Laval, así como la contribución de otros científicos.

Stodola fue el primero en construir un rotor rígido para fines de la medición de velocidad crítica, pero en el año 1919 se registró la primera teoría sobre la rotodinámica gracias a un artículo científico por Jeffcott.

Los desarrollos que se realizaron a lo largo del siglo XX se describen en el trabajo publicado en (Stodola, 1927). Este libro explica detalladamente todo lo relacionado con el campo del equilibrado de rotores rígidos, y los métodos para determinar valores aproximados de velocidades críticas. El libro contempla una investigación completa, donde se analizan una gran variedad de estudios con respecto a rotores.

El rotor kit desarrolla una simulación de forma muy real al comportamiento de máquinas rotativas mediante su geometría y su capacidad de detectar modos de fallo, para que los usuarios aislen y controlen las fallas individuales de cada máquina, esto nos ayuda como instrumento de enseñanza y a su vez como herramienta de laboratorio para el desarrollo de las prácticas a desarrollar.

### **1.2 Planteamiento del problema**

En la actualidad es de gran importancia identificar los diferentes modos de fallas que se presentan en las máquinas rotativas y el mayor inconveniente se encuentra en la enseñanza para solventar lo teórico con lo práctico. (Fandos 2003). En el laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética existen módulos más industriales que didácticos para el uso de aplicaciones del rotor kit, pero éstos no cuentan con un tablero didáctico que permita analizar los diferentes cambios de velocidades, y esto reduce el aprendizaje de los estudiantes sin poder identificar el comportamiento que se da en el mismo.

### **1.3 Justificación y actualidad**

La demanda en el mercado de la automatización es muy exigente debido a los avances tecnológicos que implementan las industrias actuales (4.0), por lo tanto, los estudiantes de ingeniería deben tener la accesibilidad a equipos y laboratorios que puedan contar con módulos didácticos y de esa forma capacitarse para dar soluciones que aporten a mejorar los procesos de automatización y control.

Por lo antes mencionado se plantea el trabajo de integración curricular con tema: “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN TABLERO DE CONTROL PARA EL ROTOR KIT DEL LABORATORIO DE DIAGNÓSTICO TÉCNICO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LA FACULTAD DE MECÁNICA DE LA ESPOCH”, con el fin de automatizar el equipo mencionado, mediante la implementación de un variador de frecuencia y, con eso mejorar el aprendizaje de cada estudiante de la carrera, dando solución a lo expuesto anteriormente.

Es de importancia aplicarlo en el laboratorio, debido a que ayudará a detectar modos de fallo de equipos rotativos por medio del rotor kit, así como también, con el uso de un variador de frecuencia se observará cómo se comporta el equipo a diferentes velocidades, logrando de esta forma variar sus aplicaciones y usos de éste, y a la vez, encontrando diferentes datos receptados por una tarjeta de desarrollo del tipo Arduino, capaz de ver la frecuencia del sistema para sus posteriores análisis.

Con esta ejecución, se dotará de un módulo didáctico provisto de elementos para el aprendizaje del rotor kit, logrando que, los estudiantes que ingresen al laboratorio puedan realizar las diferentes actividades con su respectivo manual de operación de una manera más eficiente, mejorando así el desempeño estudiantil.

El desarrollo del presente trabajo se basó en la línea de investigación institucional de “Procesos tecnológicos, artesanales e industriales” con su respectivo programa de “Electrónica de Potencia”.

### **1.4 Objetivos:**

#### **1.4.1 *Objetivo general***

Diseñar e implementar un tablero de control para el rotor kit del Laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética de la Facultad de Mecánica de la ESPOCH.

#### **1.4.2    *Objetivos específicos***

Diseñar un sistema de control para la variación de velocidad de un motor de corriente alterna que permita la adecuada toma de datos de revoluciones por minuto y la frecuencia del sistema mediante la implementación de un variador de frecuencia y una tarjeta de desarrollo respectivamente.

Dimensionar, seleccionar las protecciones y calibre de conductor eléctrico para el sistema de control, a través de cálculos y tablas de ampacidad.

Realizar pruebas de funcionamiento del tablero de control verificando mediciones de intensidad, voltaje en equipos y velocidad de rotación.

Elaborar un manual de operación y mantenimiento del tablero de control con el fin de hacer un buen uso de éste, teniendo en cuenta modelos institucionales.

## **CAPÍTULO II**

### **2. MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Eficiencia energética**

La eficiencia energética se relaciona en conjunto al consumo inteligente de la energía, es decir, atender las diversas necesidades con la menor cantidad de energía, es una de las políticas que llevan a mejorar el medio ambiente, el uso y el ahorro de energía. (Romo, 2021, p.45)

Los niveles de eficiencia marcados por el código IE (plan de clasificación con cuatro niveles de eficiencia para motores) crean una nomenclatura básica a fin de que, los gobiernos puedan determinar el nivel de eficiencia y poder establecer así los estándares mínimos de eficiencia energética que deben cumplir los productos antes de venderse. (Minimum Efficiency Performance Standards – MEPS; 2017).

La eficiencia energética aplicada a un tablero de control para controlar la velocidad de un motor eléctrico de inducción logra optimizar la relación entre energía consumida y servicios finales consumidos y mediante el uso de un variador de frecuencia se consigue mejorar la eficiencia energética, el rendimiento del motor y tiempos de inactividad, logrando una estrategia que fomenta el uso eficiente de la energía. (Ahorro de Energía usando Variadores de Frecuencia, 2016)

#### **2.2 Consumo energético**

El consumo energético es un factor esencial dentro de los procesos de producción industrial y personal, lo cual lleva una alta demanda de consumo. En los últimos años se ha incrementado hasta un setenta por ciento de toda esta energía consumida debido a los motores eléctricos instalados por la industria, generando una elevada contaminación de dióxido de carbono. (ABB, 2016)

Todos los motores funcionan con electricidad para proporcionar el par requerido, algunos necesitan más velocidad y otros menos, dependiendo del procedimiento al que están sometidos los motores deberían coincidir exactamente con lo que exige el proceso para no malgastar energía. (ABB, 2016)

## 2.3 Eficiencia en motores trifásicos de inducción

Los motores eléctricos son los equipos de mayor uso de energía eléctrica en el campo industrial. Para estimar la eficiencia durante la operación de los motores de inducción se plantean métodos a diferentes cargas y condiciones de suministro de energía. (Sousa Santos et al., 2020: p.1)

Más allá de la preservación ambiental y el desarrollo sostenible, un motor de alto rendimiento genera bajas pérdidas de energía, reduce notablemente la elevación de la temperatura y por lo tanto brinda una mayor vida útil en comparación con un motor convencional, gracias a que poseen mayor cantidad de cobre y una mejor disposición y diseño de sus partes internas. La viabilidad económica de cambiar motores estándar por motores de alta eficiencia depende de manera muy significativa del tiempo de utilización, del factor de carga, del porcentaje de rendimiento incrementado, de la potencia del motor y del mayor costo de los mismos. (Ministerio de Energía y Minería Presidencia de la Nación, 2017, p.6)

### 2.3.1 Determinación de la eficiencia del motor

Según el trabajo de integración curricular de (Carrillo y Cushquicullma, 2016: p.34) para la determinación de la eficiencia del motor se utiliza la siguiente ecuación.

**Ecuación 1** Eficiencia del motor.

$$n = \frac{HP \times 0,7457}{P_i} \quad (1)$$

Donde:

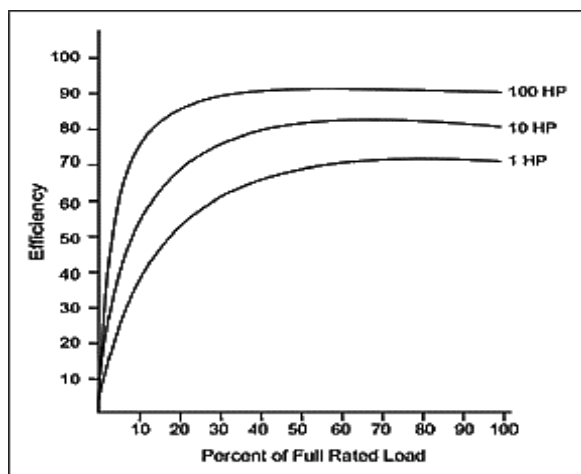
n = Eficiencia en porcentaje.

HP= Potencia de la placa del motor.

Pi= Potencia absorbida por mediciones tomadas.

### 2.3.2 Curva de eficiencia

Los motores de inducción de uso frecuente disminuyen su eficiencia cuando su potencia es utilizada en un porcentaje menor del cincuenta por ciento de su potencia nominal, esto provoca una deficiencia en su modo de operación. (Carrillo y Cushquicullma, 2016: p.37)



**Figura 1-2:** Curva de Eficiencia.

Fuente: (Carrillo y Cushquicullma, 2016)

### 2.3.3 Norma de la eficiencia energética para motores de corriente alterna

Según la (Comisión Electrotécnica Internacional, 2009) estableció niveles de rendimiento mínimos para cada categoría y para cada potencia nominal, intentando unificar los criterios imperantes en distintas regiones del mundo. La Comisión Electrónica Internacional publicó la Norma IEC 60034-30 para obtener una unificación entre las definiciones de CEMEP y NEMA, logrando la siguiente clasificación.

- IE 1: Eficiencia Estándar.
- IE 2: Eficiencia Alta.
- IE 3: Eficiencia Premium.
- IE 4: Eficiencia Premium Súper.

**Tabla 1-2:** Tipos de eficiencia

Tipos de eficiencia	CEMP	EEUU	IEC 60034-30
Eficiencia Premium Super			IE4
Eficiencia Premium		NEMA Premium	IE3
Eficiencia Alta	EFF1	EPact	IE2
Eficiencia Estándar	EFF2		IE1
Eficiencia por debajo del Estándar	EFF3		

Fuente: (Comisión Electrotécnica Internacional, 2009)

Realizado por: Ojeda, M; Olmedo, H. 2021



## 2.4 Rotor kit

En términos generales, los temas referentes cuando se trabaja con módulos de rotor kit son el principio de la teoría de vibraciones, y el análisis de las mismas, aplicadas a la determinación de las características de operación de las máquinas y sus deficiencias. Teniendo como final la combinación de varios módulos de análisis, mediante el uso de motores de inducción para el diagnóstico de fallos existentes en las máquinas rotativas. (White, 2010, p.7 )

### 2.4.1 Diferentes aplicaciones del rotor kit para el análisis de fallas de máquinas

Existen varias aplicaciones didácticas que ayudan a identificar algunas fallas en máquinas rotativas como son:

- La identificación de la resonancia.
- La identificación de las fallas existentes en los rodamientos.
- La detección de las fallas en los engranajes.
- La detección de los desbalances.
- La desalineación de los ejes.
- La desalineación de las poleas y problemas en las bandas.

## 2.5 Elementos electromecánicos de control

Los elementos electromecánicos de maniobra son una de las cuatro funciones que conforman el control industrial, su función básica consiste en establecer o interrumpir la alimentación de los receptores. Entre los receptores más utilizados para el accionamiento de máquinas se encuentran los motores eléctricos asíncronos de jaula de ardilla. (Schneider Electric 2016)

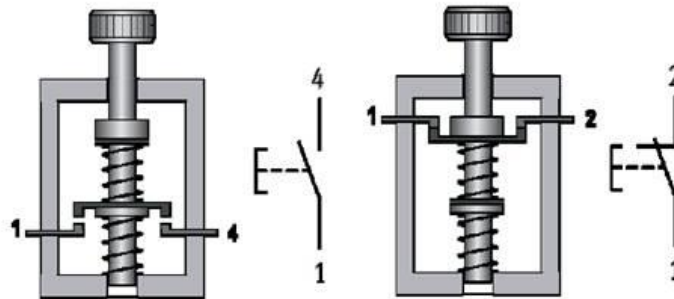


**Figura 2-2:** Dispositivos de control.

Fuente: (Schneider Electric 2016)

### 2.5.1 Pulsadores

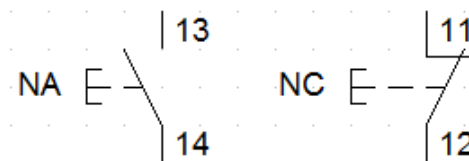
Como introducción a los elementos electromecánicos de control se tiene los pulsadores, su accionamiento es manual, teniendo como propósito el de activar otros dispositivos como: contactores, relés, lámparas, etc. No posee ningún tipo de enclavamiento mecánico, de tal forma que, cuando se deja de presionar sobre él regresará a su posición inicial mediante un resorte. (García 2019, p.2)



**Figura 3-2:** Estructura interna de un pulsador.

Fuente:(García 2019)

Como se puede observar en la figura anterior, el pulsador solo tiene dos tipos de accionamientos, cuando se encuentra en estado NA (Normalmente abierto) y NC (Normalmente cerrado). Se debe tomar en cuenta también la codificación de los mismos, ya que dependientemente del número que acompañe a los pulsadores brinda una distinta información.



**Figura 4-2:** Codificación de los pulsadores.

Fuente:(García 2019)

Se tiene un número de dos cifras para catalogar a los pulsadores, en la parte de las unidades, muestra si el pulsador es normalmente abierto (**3 y 4**) o normalmente cerrado (**1 y 2**) mientras que, en la parte de las decenas, indica el orden ascendente del contacto interno del mismo (uno, dos, tres y cuatro).

En la industria es muy importante conocer el significado y propósito del color de los pulsadores, para que de esa forma no exista una mala operación al momento de iniciar una secuencia o un proceso de trabajo.

**Tabla 2-2:** Código de colores de los pulsadores

Color	Significado	Función	Ejemplo
Rojo	Emergencia	Accionar en el caso de condiciones peligrosas.	Parada de emergencia. Iniciación de la función de emergencia.
Amarillo	Anomalía	Accionar en caso de condiciones anormales.	Intervención para suprimir condiciones anormales.
Azul	Obligatorio	Accionar en caso de condiciones que requieran una acción obligatoria.	Función de rearme.
Verde	Normal	Accionar para iniciar las condiciones normales.	Puesta en marcha/Puesta en tensión.
Blanco	Sin significado específico asignado	Para un inicio general de las funciones excepto la parada de emergencia.	Puesta en marcha/Puesta en tensión (Preferente) Parada/Puesta fuera de tensión.
Gris			Puesta en marcha/Puesta en tensión Parada/Puesta fuera de tensión.
Negro			Puesta en marcha/Puesta en tensión (Preferente) Parada/Puesta fuera de tensión.
<p><b>Observación.</b> Cuando se utilizan medidas de codificación suplementarias para la identificación de los órganos de accionamiento de los pulsadores, entonces el mismo color blanco, gris o negro se puede utilizar para varias funciones.</p>			

Fuente:(García 2019)

Realizado por: Ojeda, M; Olmedo, H. 2021

### 2.5.2 Conmutadores

Los conmutadores son elementos de control de acción manual, su diferencia con los pulsadores comunes y corriente radica en que, abre y cierra un circuito simultáneamente, mostrando que, si está en una posición la corriente no podrá circular en sus otras posiciones a menos que se lo cambie. (García 2019, p.4)



**Figura 5-2:** Codificación de los pulsadores.

Fuente:(García 2019)

### 2.5.3 Relés

Los relés son elementos, que conectan y mandan con un coste energético relativamente bajo se aplican principalmente para el procesamiento de señales. El relé se puede contemplar como un interruptor accionado electromagnéticamente, para determinadas potencias de ruptura. (Duque, 2021,p.17)

En la actualidad se necesita de los relés para aplicaciones de mando o regulación en máquinas e instalaciones por su característica para multiplicar los contactos. Existen varias razones para que el relé, a pesar del avance tecnológico en la electrónica, tenga su sitio en el mercado industrial. (Duque, 2021,p.17)

- No requiere de mantenimientos.
- Permite la conexión de varios circuitos independientes.
- Alta frecuencia de conexiones.
- Su durabilidad en la velocidad de conmutación es mayor.
- Su material no se desgasta con el tiempo.
- No tiene partes móviles.
- Su material no se desgasta con el tiempo.
- Puede ser controlado a distancia.

No obstante, el relé también tiene sus inconvenientes, siendo:

- Alta emisión sonora en el proceso de conmutación.
- Influencias por suciedades en los contactos.
- Si trabaja con voltajes muy altos puede dañar el circuito de salida del relé.
- El límite es común en operaciones unipolares.
- Es sensible a los transitorios.
- Tomar en cuenta las cargas inductivas ya que puede producir corriente y sobretensiones en un circuito conmutado.
- Si pasa una corriente superior a la nominal del relé puede dañar el funcionamiento del mismo.

Conforme a (Schneider Electric 2016). Un relé es un dispositivo que aprovecha el cambio de alguna de las características de funcionamiento de otros dispositivos para actuar en el circuito o en otros

circuitos eléctricos, existiendo en la práctica múltiples y diferentes tipos de construcción y, sin embargo, el funcionamiento es idéntico en todos los casos y los podemos clasificar en:

**Tabla 3-2:** Tipos de relés

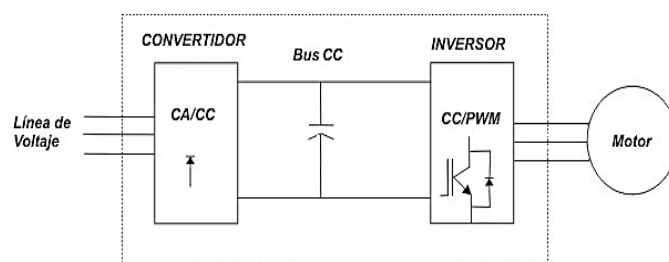
Tipos de Relés	Descripción	Aplicaciones
Relés de protección	Son construidos para proteger un circuito contra condiciones anormales de funcionamiento, ya sea, sobrecargas, sobretensiones, etc. Se lo utiliza generalmente en el circuito eléctrico para la protección de circuitos eléctricos, sistemas y equipos. En cualquier sistema eléctrico, la protección del sistema tiene siempre la máxima prioridad.	Se lo puede usar en sistemas de control donde se trabaje con altas corrientes, de esta forma el relé protegerá al sistema en caso de sobre corrientes.
Relé de mando	Son utilizados principalmente en circuitos de mando, controlando los circuitos electromecánicamente. La operación principal de este dispositivo es activar o interrumpir el contacto mediante el paso de corriente, sin intervención humana para encenderlo o apagarlo.	Se utiliza principalmente donde se requiera controlar un circuito de alta potencia, permitiendo el paso de corriente para activar o desactivar el control a un equipo.
Relé encapsulado	Los relevadores encapsulados son una alternativa cuando se requieren que un interruptor o un sensor aparezcan en diferentes líneas.	Multiplicador de contactos de un interruptor.

Fuente: (Schneider Electric 2016)

Realizado por: Ojeda, M; Olmedo, H. 2021

## 2.6 Variador de frecuencia

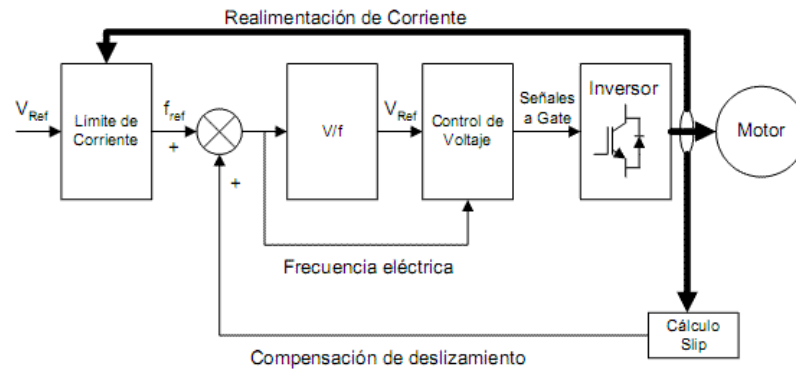
Los variadores electrónicos de velocidad de los motores de inducción se basan en la variación de la frecuencia de la tensión alterna que aplica al motor en determinadas condiciones, los variadores de frecuencia requieren el uso de dos convertidores electrónicos un rectificador y un inversor dispuestos en cascada a través de un condensador de filtro. (Sarmiento, 2019, p.6)



**Figura 6-2:** Configuración de un regulador de velocidad.

Fuente: (ABB, 2016)

El rectificador controlador permite regular la tensión continua que le llega al inversor. En cambio, el inversor cumple la función de generar tensión alterna trifásica de la frecuencia adecuada para alimentarlo, de este modo al motor asincrónico le llega una tensión variable en frecuencia y tensión. (Sarmiento, 2019, p.8)



**Figura 7-2:** Etapa de control en variadores de velocidad.

Fuente: (Villajulca 2010)

### 2.6.1 Selección de un variador de frecuencia

A través del libro (Sarmiento, 2019,p.8) nos indica la correcta selección del variador de frecuencia considerando la correcta realización del dimensionamiento del mismo, tomando en cuenta lo siguiente.

**Tabla 4-2:** Dimensionamiento de los variadores

Dimensionamiento de variadores	Descripción
Tipo y características de motor	Ver datos de voltaje, corriente y potencia nominal, factor de servicio, RPM, etc.
Placa de características	Para el análisis se necesita la placa de características para de esta forma conocer los valores a los que trabaja nuestro equipo, siendo datos de potencia nominal, frecuencia, velocidad, temperatura, corriente nominal tensión nominal, factor de potencia y el tipo de servicio.
Rangos de funcionamiento	En este punto debemos considerar las velocidades máximas y mínimas y también se requiere de una verificación de que el motor cuente con ventilación.
Tipo de control	El tipo de control es esencial para saber cómo va a trabajar nuestro sistema, siendo control escalar, vectorial de lazo cerrado y abierto.
Consideraciones de frenado	Cargas de gran inercia, ciclos rápidos y movimientos verticales, requieren de resistencia de frenado exterior.

Fuente:(Campos 2019)

Realizado por: Ojeda, M; Olmedo, H. 2021

### 2.6.2 Aplicaciones de los variadores de frecuencia

Según (Campos, 2019,p.10) las aplicaciones varían dependiendo el torque que se genere en el motor, siendo torque constante o torque variable.

**Tabla 5-2:** Tipos de torque en motores de inducción

Tipos de torque	Descripción	Aplicaciones
Torque variable	Son aquellas aplicaciones donde la potencia es proporcional al cubo de la velocidad. Requiere mucho menos torque a altas velocidades.	Bombas centrífugas, ventiladores, algunos compresores, etc.
Torque constante	Son aquellas aplicaciones donde el torque que necesita el motor es la misma durante todo el rango de la frecuencia que se utiliza. Por lo general estas aplicaciones necesitan torque al inicio de 150% o más dependiendo de la aplicación y pueden darse torques transitorios en algún momento.	Bandas transportadoras, grúas, ascensores, sistemas con cajas reductoras, etc.

Fuente:(Campos 2019)

Realizado por: Ojeda, M; Olmedo, H. 2021

### 2.6.3 Diferentes tipos de variadores de frecuencia

Existe un sin número de marcas y modelos de variadores de frecuencia, cada equipo tiene varias características dependiendo en qué forma serán usados, entre los más relevantes se destacan los siguientes:

#### 2.6.3.1 Siemens

El diseño compacto del variador de frecuencia Sinamics ofrece una solución de accionamiento simple y rentable para aplicaciones específicas. (Electricidad Serrano 2019, p.1)



**Figura 8-2:** Variador Sinamics.

Fuente: (Electricidad Serrano 2019)

- **Características**

Se distingue por sus rápidos tiempos de puesta en marcha, facilidad de uso, robustez y eficiencia de costes. Destaca por su tamaño compacto y cubre hasta un rango de potencia de hasta quince kW en tensiones de red monofásicas y trifásicas. (Electricidad Serrano 2019, p.1)

- **Ventajas**

- Fácil de instalar.
- Fácil de usar.
- Gran ahorro económico.

- **Aplicaciones**

Bombas centrífugas, compresores, cintas transportadoras, etc. (Electricidad Serrano 2019, p.1)

- **Procesos**

El variador de frecuencia Sinamics puede trabajar en procesos tales como unidades individuales en la industria de procesos ya sea molinos, mezcladoras o centrifugadoras, también como unidades primordiales en máquinas con ejes acoplados mecánicamente y como frenado dinámico dependiendo de la aplicación. (Electricidad Serrano 2019, p.1)

### 2.6.3.2 *INVT*

El variador de frecuencia de INVT cubre el variador de frecuencia de bajo voltaje y el de medio voltaje y proporciona varios variadores de frecuencia, generales y especiales. El estado de trabajo puede ser controlado por el software de la computadora maestra. (INVT 2021)



**Figura 9-2:** Variador INVT.

**Fuente:** (INVT 2021)



- **Características**

Adopta tecnología de control de curva V/f vectorizado y tiene muchas funciones comunes como PID, velocidad de etapas múltiples, frenado CC y comunicación Modbus. Su tamaño más pequeño puede reducir aún más el espacio de instalación. (INVT 2021)

- **Ventajas**

- Enfriamiento natural, se puede aplicar a las ocasiones con muchos algodones y polvo.
- Al ser de un diseño más compacto ahorra espacio de instalación del usuario.
- Cuenta con un potenciómetro de precisión incluido y una pantalla desmontable capaz de poder ubicarla en lugares donde se requiera.

- **Aplicaciones**

Bombas centrífugas, arranques de motores eléctricos, frenado de motores eléctricos, compresores. (INVT 2021)

### 2.6.3.3 *Schneider*

Los variadores de frecuencia de Schneider son especialmente adecuados para las aplicaciones de máquinas industriales sencillas y de un grado medio de complejidad, así como su integración en arquitecturas de automatización más comunes, gracias a su excelente conectividad. (Iguen 2020, p.1)



**Figura 10-2:** Variador Schneider.

**Fuente:** (Iguen 2020)

- **Características**

Permiten el control de equipos de aplicación avanzada de forma robusta, con unas prestaciones de alta gama, concentradas en un cuerpo compacto capaz de integrarse en espacios muy reducidos y de poca profundidad. (Iguen 2020, p.1)

- **Ventajas**

- Aplicaciones de máquinas industriales sencilla y de un grado medio de complejidad.
- Compactos y con un precio muy competitivo.
- Control óptimo y una conectividad total.

- **Aplicaciones**

Embalaje, manipulación de materiales, elevación. (Iguen 2020, p.1)

#### **2.6.4 *Ventajas de instalar un variador de frecuencia en un sistema rotor kit***

Las ventajas de instalar un variador de frecuencia en un sistema de rotor kit detalladas en el libro de (Sarmiento, 2019,p.9) son las siguientes:

- Aumento de la vida útil de las partes que se beneficien de la conexión del variador.
- Ahorro en el mantenimiento.
- Control de velocidad, continuo y preciso.
- Variación de la velocidad en forma continua.
- El torque del motor puede ser mantenido, aún a bajas velocidades.
- Se puede regular desde velocidades mínimas hasta velocidades que exceden la nominal del motor.

#### **2.6.5 *Ahorro energético en un variador de frecuencia***

Cuando se habla de ahorro energético en la industria la mejor inversión se logra con el uso de variadores de frecuencia, por medio del monitoreo se puede variar la velocidad en los motores de corriente alterna y obtener así un bajo consumo de energía eléctrica a diferencia de cuando se ejecuta en un arranque directo. (Pérez y Rivera, 2019: p.5)

Los variadores de frecuencia pueden ayudar a reducir el consumo de energía con un uso más eficiente. Ajustan la velocidad de los motores eléctricos para igualarla a la demanda de la aplicación, lo que reduce el consumo energético de los motores entre un veinte y un setenta por ciento, logrando una mejora de la productividad, incrementando la eficiencia energética y a la vez alargando la vida útil de los equipos, previniendo el deterioro y evitando paradas inesperadas que provocan tiempos de improductividad, de modo que el uso de variadores de frecuencia en los procesos proporcionan grandes ventajas financieras, operativas y medioambientales. (ABB, 2016)

## 2.7 Fuente de voltaje

Las fuentes de voltaje, como su nombre lo indica, son equipos que abastecen tensión debido a que proveen energía, que a su vez se pueden comportar como fuentes de corriente o voltaje. (Gastellou, 2020,p.3)



**Figura 11-2:** Fuente de voltaje.

**Fuente:** (Gastellou 2020)

Las fuentes siempre estarán limitadas por el voltaje, la corriente y potencia que pueden suministrar. Esto indica que una fuente de voltaje de treinta voltios y cinco amperios como la que se muestra en la figura, brindando como valor máximo los valores dichos anteriormente. (Gastellou, 2020,p.4)

En la industria existen diferentes tipos de marcas en fuentes de voltaje, habiendo una infinidad de modelos que, realizan la misma función requerida, pero depende la aplicación que se quiera realizar para poder escogerlos previamente. A continuación, se presentan las más conocidas.

**Tabla 6-2:** Tipos de fuentes de voltaje

<b>Marca</b>	<b>Descripción</b>	<b>Aplicaciones</b>	<b>Comparación</b>
UNIROI	La UC3010 de Uniroid es una fuente de voltaje como todas las demás, teniendo la misma función específica, la de regular el valor de entrada y corriente de entrada a la aplicación donde se requiera controlar el suministro.	Alimentación de un alternador, cargador de celular, fuentes para pc.	Muy bien valorado por su calidad, durabilidad y precisión. Cuenta con protecciones integradas como la de sobrecarga, la térmica y la de cortocircuitos. Tiene su propio ventilador de refrigeración para mayor seguridad.
BAKU	La BK-1502D+ permite ajustar voltajes en un determinado rango según lo que necesitemos alimentar.	Ideal en aplicaciones donde se desea obtener una tensión y corriente reguladas.	Cuenta con una buena precisión en los valores de voltaje y corriente, y a su vez cuenta con una pantalla LED para verificar el voltaje y corriente de entrada. Cuenta con protección contra cortocircuitos. Alta calidad y resistencia.
SUNSHINE	La fuente P-3005D permite ajustar grandes cantidades de voltaje de salida, de hasta 30V, y a su vez cuenta con una ventaja de utilizar una alta calidad de una elevada potencia TR.	De igual forma que las anteriores fuentes las aplicaciones no varían en su totalidad.	Esta fuente de alimentación logra llegar a altas corrientes regulables de salida de hasta 5 Amperios, comparadas con las anteriores mencionadas que solo llegan a 2 A. Permitiendo ser de gran uso en la aplicación, ya que el motor de prueba llega a corrientes de hasta 3 A.

Fuente: (PhonesTorm 2021)

Realizado por: Ojeda, M; Olmedo, H. 2021

**Tabla 7-2:** Fuentes de voltaje

<b>Fuente de voltaje</b>	<b>Descripción</b>	<b>Ejemplo</b>
Fuente de voltaje variable	Es aquella cuya salida de tensión se puede regular, mostrando que no es un valor fijo y puede cambiar dependiendo la aplicación.	Regresando al ejemplo anterior de nuestra fuente de 10 V, se puede regular el valor de voltaje de 0 voltios a 10 voltios.
Fuente de voltaje fija	Son aquellas que no podemos cambiar el voltaje de salida a voluntad.	La batería de un automóvil entrega 12 voltios y no existe algún potenciómetro para poder cambiar o variar su voltaje de salida

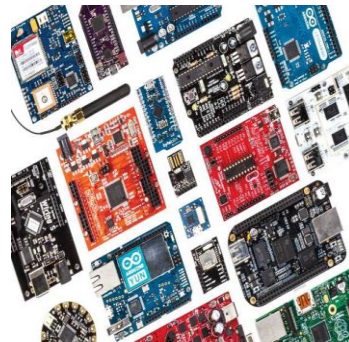
Fuente: (Gastellou 2020)

Realizado por: Ojeda, M; Olmedo, H. 2021

## 2.8 Tarjetas de desarrollo

Una tarjeta de desarrollo es una placa o circuito que contiene un microcontrolador principal que corre o ejecuta una serie de instrucciones de un programa suministrado. Alrededor de este procesador o unidad principal se ha creado un diseño electrónico que permite: la programación del componente suministra el voltaje adecuado para el correcto funcionamiento del controlador y proporciona acceso a las entradas y salidas del microcontrolador para la conexión de sensores y actuadores. (Concepción, 2019). Actualmente hay una gran variedad de tarjetas de desarrollo, cada una ofrece características especiales. Hay tarjetas enfocadas a:

- Diseño electrónico.
- Dispositivos de IoT (Internet de las cosas).
- Dispositivos portables.
- Dispositivos con Inteligencia Artificial.



**Figura 12-2:** Tarjetas de desarrollo.

Fuente: (Concepción, 2019)

Las tarjetas de desarrollo incluyen elementos como una fuente de alimentación, soporte para conectar sensores. También permiten a los usuarios conectar rápidamente sensores y actuadores (si no están ya incluidos en la placa) y el software que los acompaña facilita la creación y el despliegue del código. Hay muchos tableros de desarrollo y microcontroladores disponibles de una variedad de compañías: TI, Samsung, Arduino, Raspberry Pi y más. Elegir cuál es el adecuado depende de una serie de factores que varían según la naturaleza de su aplicación. (Lemus, 2019)

## 2.9 Elementos de maniobra y protección

Los elementos de maniobra y protección tienen su principal función en controlar y proteger la instalación eléctrica del lugar donde va a ser instalado, siendo un conjunto de mecanismos que funcionan de forma automática.(García, 2019)

### 2.9.1 Elementos de maniobra

Los elementos de maniobra tienen como función abrir o cerrar el circuito cuando se necesite, a continuación, algunos elementos: (Posada, 2017,p.46)

#### 2.9.1.1 Lámparas de señalización

Los pilotos de señalización forman parte del diálogo hombre-máquina, se utiliza el circuito de mando para indicar el estado actual del sistema parada, marcha, sentido de giro, etc. Generalmente está constituido por una lámpara o diodo montada en una envoltura adecuada a las condiciones de trabajo. (Posada, 2017,p.89)

**Tabla 8-2:** Código de colores

Color	Función	Ejemplo
Rojo	Condiciones anormales que precisan de una acción inmediata.	Se da la orden de apagar la máquina inmediatamente o puede ser la indicación de una parada de la máquina provocada por un aparato de protección.
Amarillo	Atención o advertencia.	Alguna magnitud ya sea corriente o temperatura se aproxima al valor límite permitido.
Verde	Máquina dispuesta a trabajar en condiciones normales.	Máquina dispuesta para funcionar.
Blanco	Circuito en condiciones normales.	Interruptor principal en posición cerrado. Los órganos auxiliares no relacionados con el ciclo de trabajo están funcionando.
Azul	Cualquier significado no previsto por los colores anteriores.	Maniobra de funciones auxiliares, que no estén ligadas directamente con el ciclo de trabajo.

Fuente:(García 2019)

Realizado por: Ojeda, M; Olmedo, H. 2021

#### 2.9.1.2 Señalización

La señalización de los equipos consiste en testigos luminosos que se colocan en las instalaciones para poder disponer de información del estado de funcionamiento de la misma. (Medina, 2016,p.89)

### 2.9.2 Elementos de protección

Tienen como misión preservar la línea y el órgano de mando por encima del límite, la protección de los equipos pasa generalmente por cuatro funciones básicas, el seccionamiento, la protección

contra cortocircuito o contra las sobrecargas y la conmutación. (Medina, 2016,p.95) Existen diferentes tipos de protección utilizados en los equipos automáticos por contactores:

**Tabla 9-2:** Elementos de protección

<b>Elementos de protección</b>	<b>Generalidades</b>
Relés térmicos	Se emplea para proteger equipos de las pequeñas sobrecargas prolongadas.
Relés magneto térmicos	Están empleados para la protección de sobrecargas más altas.
Relé electromagnético de máxima intensidad	Son elementos destinados a la protección contra las sobrecargas por puntas de intensidad frecuentes.
Seccionadores	Protegen a las personas ante la posibilidad de contactos eventuales con partes en tensión.
Protección contra las sobrecargas	Consisten en el aumento de la corriente absorbida por el motor lo cual provoca un calentamiento del mismo.

**Fuente:** (Medina, 2016)

**Realizado por:** Ojeda, M; Olmedo, H. 2021

## CAPÍTULO III

### 3. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL TABLERO DE CONTROL

El tablero de control didáctico que es capaz de controlar la velocidad en un motor de inducción está constituido por los siguientes sistemas.

- Sistema estructural.
- Sistema eléctrico.
- Sistema de automatización.

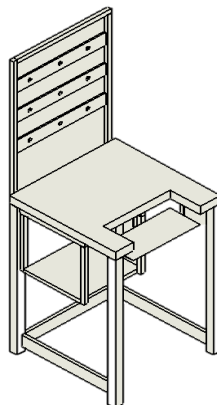
#### 3.1 Sistema estructural

Para analizar este sistema se debe tomar en cuenta dos parámetros importantes:

- El diseño de la estructura metálica que logre soportar el módulo.
- Se realizará un análisis para la correcta distribución de los elementos que conforman el tablero de control.

##### 3.1.1 *Diseño de la estructura*

Para el diseño de la estructura exterior del tablero de control se utilizó el software de diseño mecánico SolidWorks. La estructura está diseñada para un correcto acople del tablero de control para el rotor kit.



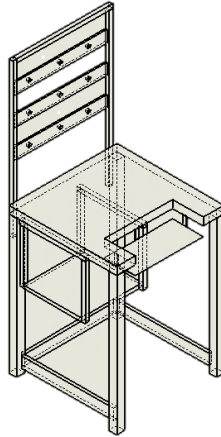
**Figura 1-3:** Diseño de la estructura.

Realizado por: Ojeda, M; Olmedo, H. 2021



### 3.1.1.1 Selección del tubo de la estructura

Mediante la adecuada selección del tubo cuadrado de (500\*500\*900) mm se constató que es apto para el acople, e ideal para soportar el peso del tablero junto con sus implementos.



**Figura 2-3:** Estructura de tubo cuadrado.

Realizado por: Ojeda, M; Olmedo, H. 2021

### 3.1.1.2 Construcción de la estructura metálica

Luego de la selección del material se procedió a la debida adquisición de herramientas, equipos y accesorios para la realización de cortes de los tubos, la unión mediante suelda, el pulido, y el acabado superficial.

**Tabla 1-3:** Materiales y Herramientas

<b>Materiales</b>	<b>Herramientas</b>
4 tubos cuadrados de 500*500*900 mm	Soldadora
2 tubos cuadrados de 250*250*1000 mm	Amoladora
6 tubos cuadrados de 250*250*350 mm	Pulidora
1 plancha de hierro de 700*700*50 mm	Disco de corte
1 plancha de hierro de 400*400*20 mm	Casco de soldador
3 platinas de 600 mm	Taladro
3 tubos cuadrados de 600*20*70mm	Brocas

Realizado por: Ojeda, M; Olmedo, H. 2021

## Procedimiento para la construcción de la estructura

1. Medir con la ayuda de una escuadra, flexómetro y una punta metálica las medidas de acuerdo con el diseño mostrado previamente.
2. Cortar con la amoladora sobre las medidas previamente dibujadas.
3. Armar el marco mediante puntos de suelda.
4. Acoplar los demás tubos cuadrados.
5. Esmerilar la escoria con la ayuda de la amoladora.
6. Limpiar y lijar la estructura.
7. Pintar la estructura ya finalizada para obtener una mejor apariencia.
8. Dejarlo al aire libre por un tiempo estimado hasta que se seque la pintura.
9. Realizar una inspección a la estructura en caso de desperfectos.



**Figura 3-3:** Realización de las mesas de soporte.

Realizado por: Ojeda, M; Olmedo, H. 2021

### 3.1.2 *Diseño de la distribución de implementos en el tablero de control*

Para el diseño del tablero de control se utilizó el software de diseño mecánico SolidWorks el tablero está diseñado para un correcto dimensionamiento de implementos de los mismos.

#### 3.1.2.1 *Distribución de implementos*

Mediante la correcta medida del tablero (600\*400\*200) mm. Es apto para el correcto dimensionamiento de los implementos que son necesarios para el diseño.

**Tabla 2-3:** Materiales y Herramientas

<b>Materiales</b>	<b>Herramientas</b>
Tablero (600*400*200) mm	Destornillador
	Reglas de 30 cm
	Brocas
	Taladro
	Saca bocados hidráulicos
	Caladora eléctrica
	Lima

Realizado por: Ojeda, M; Olmedo, H. 2021

### Procedimiento para realizar la distribución de los implementos en el tablero de control

1. Se empieza realizando las medidas donde se estima irán ubicados los elementos de control sobre la caja metálica. El primer agujero consta de medir desde la parte inferior 20 mm de altura y 8 mm de largo. Se continúa midiendo desde la esquina central izquierda, 30 mm de ancho, 20 mm de largo donde se hace el segundo agujero, luego 10 mm a la izquierda y derecha desde el punto mencionado anteriormente.

Ahora desde la esquina superior izquierda, 7 mm de ancho y 10 mm de largo para los agujeros siguientes. Desde ahí mismo, otros 10 mm hacia abajo manteniendo el mismo ancho. Finalizando con la medición desde la esquina superior derecha se mide 7 mm de ancho y 15 mm de largo. Se realiza un taladrado encima de las medidas previamente señaladas, primero con una broca de 1/8" y después con una broca de 7/16" para obtener un agujero de buen tamaño.



**Figura 4-3:** Taladrado

Realizado por: Ojeda, M; Olmedo, H. 2021

2. Para este paso se ocupa un instrumento llamado sacabocado hidráulico que nos facilitará a la exactitud de los agujeros que necesitan mucha fuerza mecánica.



**Figura 5-3:** Agujeros mediante el uso de un sacabocados hidráulico.

Realizado por: Ojeda, M; Olmedo, H. 2021

3. Se realiza la medición para montar la pantalla del variador de frecuencia y por medio de la caladora eléctrica se desarrolló el corte debido, sobre la medición previamente hecha. Por último, se procede a limar el corte recién efectuado hasta que quede sin imperfecciones metálicas.



**Figura 6-3:** Bosquejo, corte y limado de la pantalla del variador.

Realizado por: Ojeda, M; Olmedo, H. 2021

4. Se colocó la tapa de soporte de la pantalla del variador de frecuencia.



**Figura 7-3:** Colocación de la tapa del variador.

Realizado por: Ojeda, M; Olmedo, H. 2021

5. Se procede a realizar las respectivas mediciones de las canaletas, para la obtención de un rectángulo de 24.5 mm de alto, continuando con un corte de 35.8 mm de largo y finalmente un corte de 30 mm largo para la parte central y con la ayuda del taladro se procedió a ajustar las canaletas en la plancha de soporte.



**Figura 8-3:** Medición, corte y ajuste de las canaletas.

Realizado por: Ojeda, M; Olmedo, H. 2021

6. Corte y colocación del Riel DIN con la amoladora.



**Figura 9-3:** Corte y colocación del Riel DIN.

Realizado por: Ojeda, M; Olmedo, H. 2021

7. Con el taladro y la broca de 1/8" se realizó un agujero de 6 mm hacia arriba desde el centro para colocar el variador de frecuencia.



**Figura 10-3:** Colocación del variador de frecuencia.

Realizado por: Ojeda, M; Olmedo, H. 2021

Mediante el análisis de comparación del capítulo 2 sobre los relés existentes en la industria, se escogió el relé encapsulado, por su capacidad de controlar circuitos de alto consumo apenas con una débil señal eléctrica.



Permitiendo de esta forma lograr accionar un motor de inducción, comparado con otros relés, que no son capaces de que un interruptor o sensor aparezca en diferentes líneas de esta forma se coloca el breaker, junto con la colocación de los relés encapsulados y las borneras en el tablero de control.



**Figura 11-3:** Colocación del relé encapsulado y las borneras.

Realizado por: Ojeda, M; Olmedo, H. 2021

## 3.2 Sistema eléctrico

Para el desarrollo del sistema eléctrico se toma en cuenta el cálculo de calibre de conductores, la corriente que circula por el sistema hace notar cómo dimensionar el breaker que se ocupa en la construcción del tablero de control, posteriormente se diseñará el circuito de mando y potencia para que sea de guía al momento de realizar el cableado físico y por último lograr tener una buena distribución de elementos dentro del tablero de control.

### 3.2.1 Cálculo de calibre de conductores

Para el cálculo de calibre de conductores se utilizan tablas de ampacidad, tomando en cuenta el procedimiento de dimensionamiento por corriente de carga.

#### **Cálculo de calibre de conductor para el motor de 1 HP a partir de los siguientes datos**

Potencia = 1 HP

L = 9 m

FP = 0,69

n = 1

$$V = 220/380$$

$$\Delta V = 3.5\%$$

- 1) Se empieza calculando la potencia a la que trabaja el motor con respecto a la eficiencia del mismo; al ser un motor nuevo se trabajará con una eficiencia de valor 1.

$$P_E = \frac{P_M}{n} \quad (2)$$

$$P = \frac{1 \text{ HP} * \frac{746 \text{ W}}{1 \text{ HP}}}{1}$$

$$P = 746 \text{ W}$$

- 2) Se realizó el cálculo de la corriente con respecto a la potencia obtenida anteriormente.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * V_L * \cos \varphi} \quad (3)$$

$$I = \frac{746 \text{ W}}{\sqrt{3} * 220 \text{ V} * 0.69}$$

$$I = 2.83 \text{ A}$$

- 3) Se desarrolla el cálculo de la caída de tensión existente en el circuito, siguiendo la norma NEC para el valor de porcentaje.

$$100\% = 220 \text{ V}$$

$$3.5\% = ? \text{ V}$$

$$\Delta V = 7.70 \text{ V}$$

- 1) Finalmente, se obtiene la sección del calibre del conductor mediante la siguiente fórmula ocupando la constante del Ro de cobre (0.0175) mm<sup>2</sup>.



$$S = \rho_{Cu} \frac{L * P}{\Delta V * V_L} \quad (4)$$

$$S = 0.0175 * \frac{9 \text{ m} * 746 \text{ W}}{7.70 \text{ V} * 220 \text{ V}}$$

$$S = 0.06935 \text{ mm}^2$$

- 4) Al obtener el valor calculado de la sección se busca en una tabla de ampacidad el calibre de conductor apropiado para el cálculo.

CABLE CENTELSA THW / THHW-LS 600V  
con aislamiento de PVC, 600 V, 75 °C/ 90°C, conductor de cobre suave



Tamaño o designación	Área nominal de la sección transversal	Espesor nominal del aislamiento	Diámetro exterior aproximado	Peso total aproximado	Capacidad de conducción de corriente*		
					Ampere		
AWG/kcmil	mm <sup>2</sup>	mm	mm	kg/100 m	60°C	75°C	90°C
14	2,08	0,76	3,4	2,9	20	20	25
12	3,31	0,76	3,9	4,2	25	25	30

**Figura 12-3:** Tabla de ampacidad.

Fuente: (Centelsa, 2017)

**Tabla 3-3:** Nueva sección calculada

Calibre (AWG)	Sección (mm <sup>2</sup> )	Capacidad de corriente (A)
14	2.08	35

Realizado por: Ojeda, M; Olmedo, H. 2021

### Cálculo de calibre de conductor para el motor de 1/2 HP.

#### Datos del motor:

Potencia = 1/2 HP

L = 9 m

FP = 0,69

n = 1

V = 220/380

$\Delta V = 3.5\%$

- 2) Se empieza calculando la potencia a la que trabaja el motor con respecto a la eficiencia del mismo; al ser un motor nuevo se trabajará con una eficiencia de valor 1.

$$P_E = \frac{P_M}{n} \quad (5)$$

$$P = 373 \text{ W}$$

- 3) Se realizó el cálculo de la corriente con respecto a la potencia obtenida anteriormente.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * V_L * \cos \varphi} \quad (6)$$

$$I = \frac{373 \text{ W}}{\sqrt{3} * 220 \text{ V} * 0.69}$$

$$I = 1.41 \text{ A}$$

- 4) Se desarrolla el cálculo de la diferencia de voltaje existente en el circuito, siguiendo la norma NEC para el valor de porcentaje.

$$100\% = 380 \text{ V}$$

$$3.5\% = ? \text{ V}$$

$$\Delta V = 13.30 \text{ V}$$

- 5) Finalmente, se obtiene la sección del calibre del conductor mediante la siguiente fórmula ocupando la constante del Ro de cobre que es  $(0.0175) \text{ mm}^2$ .

$$S = \rho_{Cu} \frac{L * P}{\Delta V * V_L} \quad (7)$$

$$S = 0.0175 * \frac{9 \text{ m} * 373 \text{ W}}{13.30 \text{ V} * 220 \text{ V}}$$

$$S = 0.0200 \text{ mm}^2$$

- 6) Al obtener el valor calculado de la sección se busca en una tabla de ampacidad el calibre de conductor apropiado para el cálculo.

CABLE CENTELSA THW / THHW-LS 600V  
con aislamiento de PVC, 600 V, 75 °C/ 90°C, conductor de cobre suave



Tamaño o designación	Área nominal de la sección transversal	Espesor nominal del aislamiento	Diámetro exterior aproximado	Peso total aproximado	Capacidad de conducción de corriente'		
					Ampere		
AWG/kcmil	mm <sup>2</sup>	mm	mm	kg/100 m	60°C	75°C	90°C
14	2.08	0.76	3.4	2.9	20	20	25
12	3.31	0.76	3.9	4.2	25	25	30
10	5.26	0.76	4.5	6.2	30	35	40

**Figura 13-3:** Tabla de ampacidad.

Fuente: (Centelsa, 2017)

**Tabla 4-3:** Nueva sección calculada

Calibre (AWG)	Sección (mm <sup>2</sup> )	Capacidad de corriente (A)
14	2.08	35

Realizado por: Ojeda, M; Olmedo, H. 2021

### 3.2.2 Selección del breaker

Para el cálculo del breaker se debe multiplicar el valor de corriente previamente calculado por un factor de corrección, el cual permite proceder con la selección del breaker.

#### Cálculo de la selección del breaker para el motor de 1 HP.

$$I_B = 1,25(I_L) \quad (8)$$

$$I_B = 1,25(2.83 \text{ A})$$

$$I_B = 3.53 \text{ A}$$

#### Cálculo de la selección del breaker para el motor de 1/2 HP.

$$I_B = 1,25(1.41 \text{ A})$$

$$I_B = 1,25(8 \text{ A})$$

$$I_B = 1,76 \text{ A}$$

$$I_B = 10 \text{ A}$$

En el cálculo del dimensionamiento del breaker se debe tomar en cuenta el valor de corriente de salida del variador de frecuencia, independientemente del valor que hayamos obtenido se lo debe dimensionar a esa corriente con el fin de proteger al variador y al circuito en general.

### 3.2.3 Materiales y herramientas para el cableado eléctrico

Para el desarrollo de este sistema se utilizó los siguientes materiales y herramientas teniendo en claro los cables adecuados junto con los terminales correspondientes.

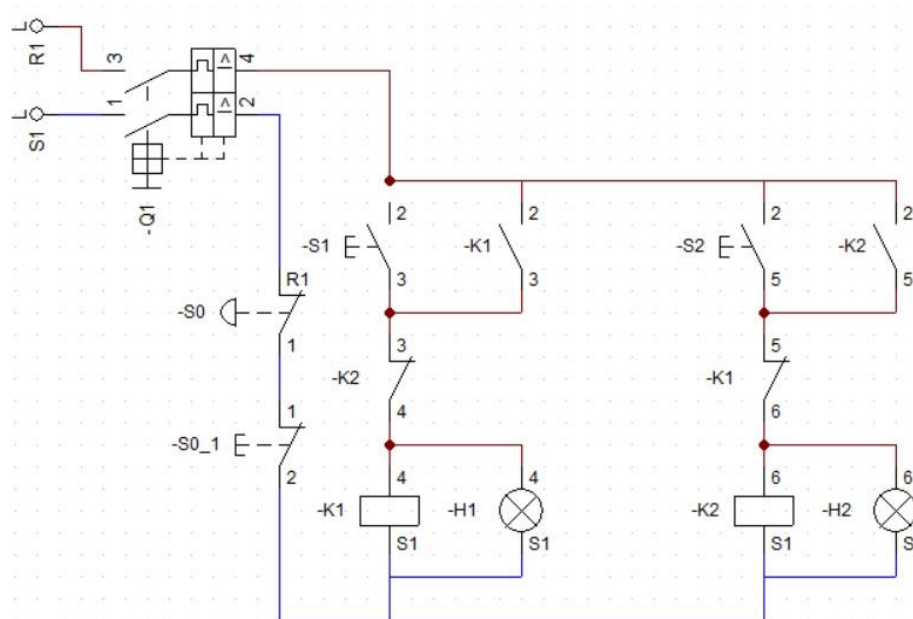
**Tabla 5-3:** Materiales y Herramientas

Materiales	Herramientas
Cable calibre 14 AWG THHN	Destornillador
Cable 18 AWG TEFF	Estilete
Terminal calibre 14 AWG terminal tipo FERRUL azul	Alicate
Terminal calibre 14 AWG terminal tipo FERRUL amarillo	Cortadora
Terminal tipo U color azul	Machinadora terminales
Terminal tipo U color rojo	Crimpadoras terminales

Realizado por: Ojeda, M; Olmedo, H. 2021

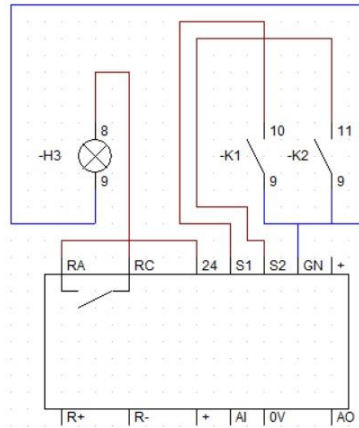
### 3.2.4 Diseño del circuito de mando

Para el diseño del diagrama de mando se utilizó el software CadeSimu, logrando entender cómo funciona el circuito para su posterior diseño en físico.



**Figura 14-3:** Diagrama de mando.

Realizado por: Ojeda, M; Olmedo, H. 2021

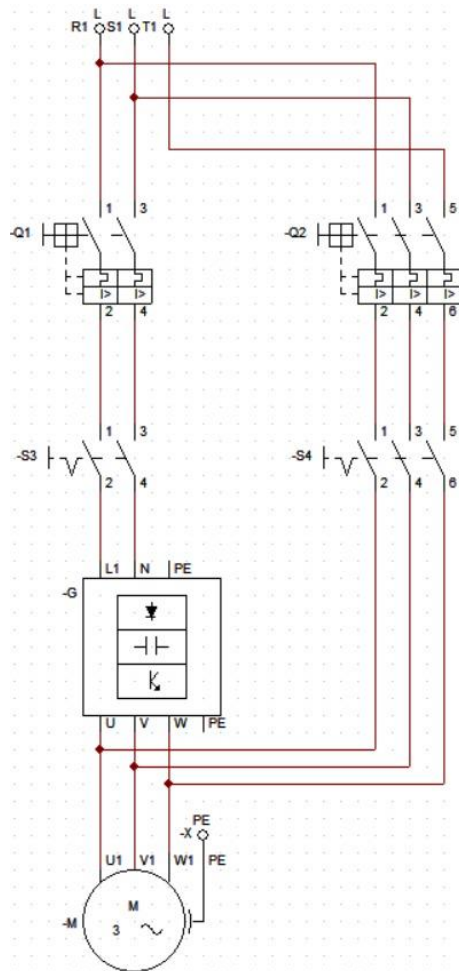


**Figura 15-3:** Conexión del Variador de frecuencia.

Realizado por: Ojeda, M; Olmedo, H. 2021

### 3.2.5 Diseño del circuito de potencia

Para el diseño del diagrama de mando se utilizó el software CadeSimu.



**Figura 16-3:** Diagrama de potencia.

Realizado por: Ojeda, M; Olmedo, H. 2021

### 3.2.6 Procedimiento para el cableado eléctrico

Por medio del cálculo de calibre de conductores expuesto anteriormente se ocupa el cable 14 AWG THHN y el cable 18 AWG TEFF, tanto para las conexiones desde la fuente al sistema como para las conexiones internas respectivamente. A continuación, se presenta el procedimiento del cableado eléctrico para el tablero de control, mismo que hará funcionar a un motor de inducción.

1. Siguiendo el circuito de mando se comienza a conectar desde la fuente de alimentación hacia la entrada de la sección de borneras, manteniendo una correcta distribución entre la canaleta y el cableado. Luego, se procede a realizar el etiquetado en cada conexión que se realiza, con el fin de identificar los nodos o puntos comunes en el diseño y un seguimiento de cómo está distribuida la conexión eléctrica.
2. A continuación, se conecta desde el grupo uno de borneras, la salida R1 hacia la entrada 1 del breaker y siguiendo la salida del mismo, al inicio del relé encapsulado 1. Después desde el mismo grupo uno de borneras, se conecta la salida S1 hacia la entrada 2 del breaker distribuyendo las conexiones correctamente por la canaleta.



**Figura 17-3:** Conexión, ajuste y etiquetado del circuito

Realizado por: Ojeda, M; Olmedo, H. 2021

3. Existe un punto común o nodos entre las salidas de S2, la bobina del relé K1 y la luz piloto H1 paralela a la bobina de K1. De igual forma entre las salidas de S2, la bobina del relé K2 y la luz piloto H2 paralela a la bobina de K2. Se realiza la conexión entre estos puntos.

Montar la conexión de una manera uniforme y ordenada, impidiendo que los cables conductores se amontonen, identificando los puntos comunes en el diagrama de control para facilitar su conexión eléctrica.

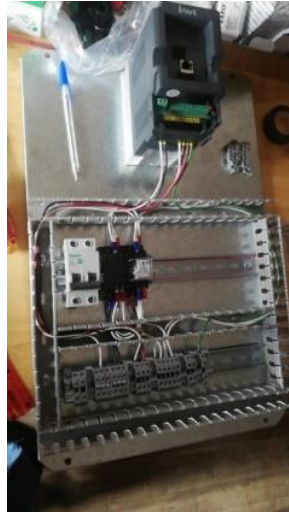


**Figura 18-3:** Puntos comunes en las conexiones.

**Realizado por:** Ojeda, M; Olmedo, H. 2021

4. Conexión del variador de frecuencia

Para este paso se realiza la conexión siguiendo el diagrama y la señalética que el variador ya brinda en su equipo. La sección de borneras se divide por grupos, siendo los dos primeros la línea 1 y línea 2 o R1 y S1, desde estas salidas se conecta al variador en las entradas L1 y N. Aquí se realizará la configuración de una luz piloto que determine el encendido de la misma cuando el sistema presente fallas internas. Siguiendo la conexión desde la entrada de H3 hacia RDC del variador de frecuencia y la salida de H3 hacia un punto común de tierra (GND) incorporada en el mismo variador.



**Figura 19-3:** Conexión del variador de frecuencia.

**Realizado por:** Ojeda, M; Olmedo, H. 2021

5. Colocación de pulsadores, luces piloto y la pantalla del variador de frecuencia sobre el tablero de control.



**Figura 20-3:** Distribución final de implementos y conexión.

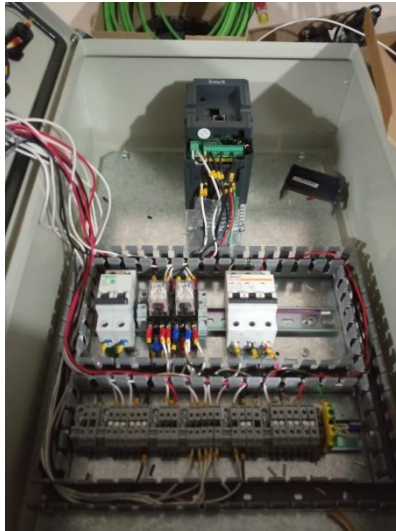
**Realizado por:** Ojeda, M; Olmedo, H. 2021

Se realiza la conexión final de los pulsadores, identificando los puntos comunes en el circuito. Para el pulsador de paro de emergencia tipo hongo y el paro de emergencia normal se procede a conectar de la siguiente manera.

La salida de S0-1 hacia la entrada de S0-2 y de la salida del mismo pulsador de paro hacia los puntos comunes al inicio del circuito previamente conectados. Por último, se coloca la pantalla del variador de frecuencia sobre la caja de soporte integrada y se finaliza la conexión.



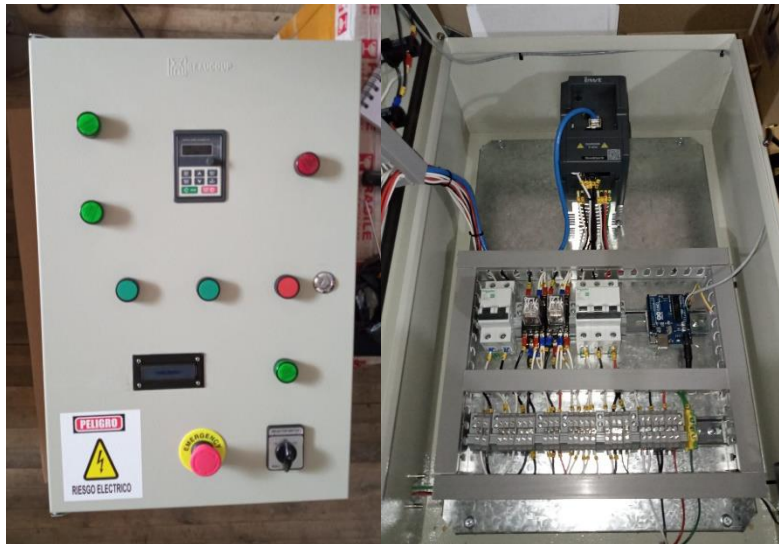
6. Tablero de control con la conexión y etiquetado finalizado.



**Figura 21-3:** Tablero de control.

Realizado por: Ojeda, M; Olmedo, H. 2021

7. Distribución final del tablero de control y colocación de la tapa de las canaletas sobre las conexiones eléctricas, con el fin de tener una mejor presentación del circuito.



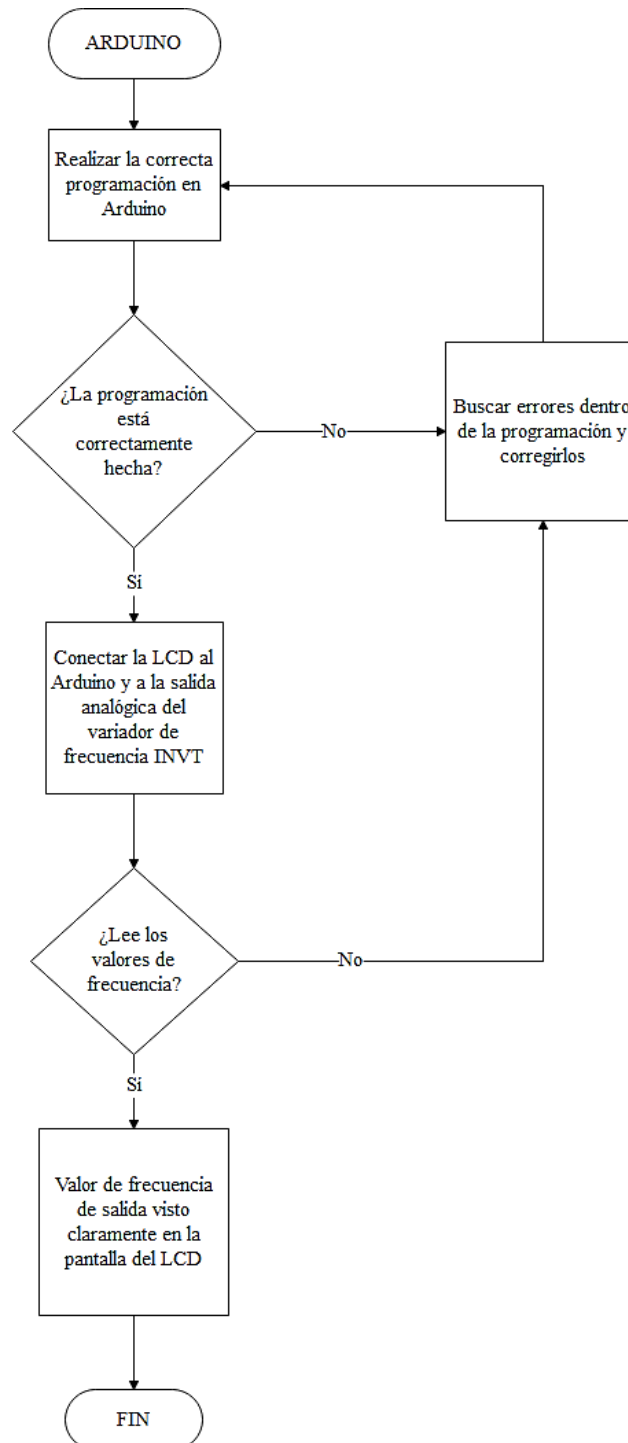
**Figura 22-3:** Tablero finalizado y colocación de las tapas de las canaletas.

Realizado por: Ojeda, M; Olmedo, H. 2021

### 3.3 Sistema de automatización

Se implementó la tarjeta de desarrollo denominada Arduino UNO debido a su alta disponibilidad y su facilidad para leer datos transmitidos desde la señal analógica de un variador de frecuencia (INVT). Con el fin de lograr captar señales y mediante la programación previamente hecha se

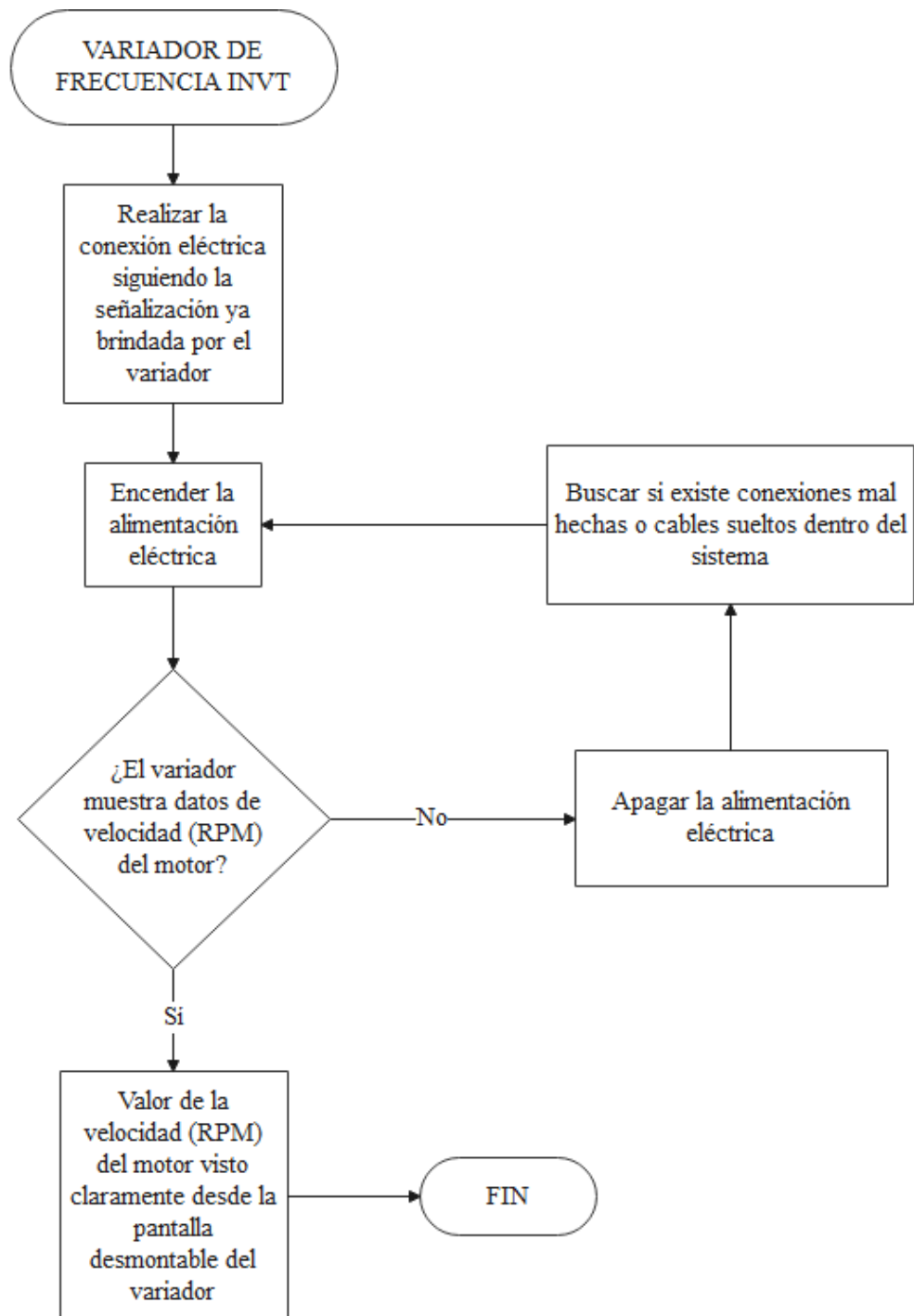
logra identificar mediante la pantalla LED los valores de frecuencia de salida de un motor de corriente alterna. A continuación, se presenta el diagrama de flujo de cómo se comporta la programación.



**Gráfico 1-3:** Diagrama de flujo del Arduino.

Realizado por: Ojeda, M; Olmedo, H. 2021

De igual forma para este apartado se implementó el variador de frecuencia INVT debido a su alta accesibilidad y su diseño didáctico, capaz de poder desmontar su pantalla de lectura y poder transportarla a lugares de difícil acceso mediante el uso de un cable de red conectado a la pantalla y al variador. Se presenta el diagrama de flujo de su funcionamiento.



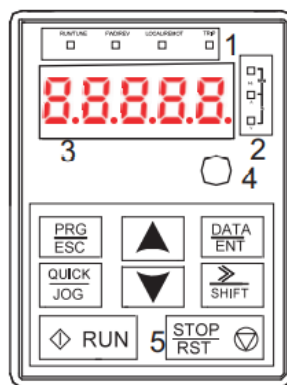
**Gráfico 2-3:** Diagrama de flujo del variador.

Realizado por: Ojeda, M; Olmedo, H. 2021

### 3.3.1 Programación del variador de frecuencia

Para realizar la programación con el fin de controlar un motor de inducción trifásico se utiliza un variador de frecuencia, el mismo que controlará las acciones dadas por los pulsadores de arranque, paro y el pulsador de emergencia.

La programación de este equipo es de gran importancia debido a que interviene directamente con pulsadores y relés encapsulados logrando de esta manera controlar el motor del módulo de rotor kit. Se procede a detallar la configuración precisa que se introducirá en el variador teniendo en cuenta también los parámetros utilizados.



**Figura 23-3:** Teclado del variador de frecuencia INVT.





Fuente: (INVT 2019)

**Tabla 6-3:** Botones

Botones		Botón para programar	Entrada o salida del menú de programación.
		Entrada de datos	Entrar en el menú y digitar parámetros.
		Botón hacia arriba	Aumentar los datos o el código de función de manera progresiva.
		Botón hacia abajo	Disminuir los datos o el código de función de manera progresiva.
		Botón hacia la derecha	Visualización de diferentes parámetros en la pantalla.
		Botón de arranque	Operar el VDF en modo operación.
		Botón de paro/reseteo	Parar todo el sistema o reseteo de todos los modos de control.

Realizado por: Ojeda, M; Olmedo, H. 2021

## Datos del motor

Para este apartado se detalla los pasos para introducir los datos de placa del motor eléctrico en el variador de frecuencia. Se empieza presionando el botón  y se busca el parámetro que se requiera mediante estos botones   , para ingresar se presiona  y se comienza a digitar los datos de placa del motor.

**Tabla 7-3:** Datos de placa del motor

Grupo	Parámetro	Función
Grupo P00 Funciones Básicas	P00.01	Colocamos en 1 para que el mando sea por medio de las terminales.
	P00.03	Está en 50 Hz, lo cambiamos a 60 Hz por datos de placa.
	P00.04	Está en 50 Hz, lo cambiamos a 60 Hz por datos de placa.
	P00.06	Ponemos en 1 para poder controlar la velocidad por medio del potenciómetro.
	P00.11	El tiempo de aceleración se lo varía dependiendo la aplicación, se recomienda dejar en 5 segundos.
	P00.12	El tiempo de frenado se recomienda dejar en 5 segundos.
Grupo P02 Parámetros del motor	P02.1	Potencia nominal del motor 0.5 HP por dato de placa.
	P02.2	Frecuencia nominal 60 Hz por dato de placa.
	P02.3	Velocidad nominal 1680 RPM por datos de placa.
	P02.4	Voltaje nominal 220 V por datos de placa.
	P02.5	Corriente nominal 2.1 A por datos de placa.

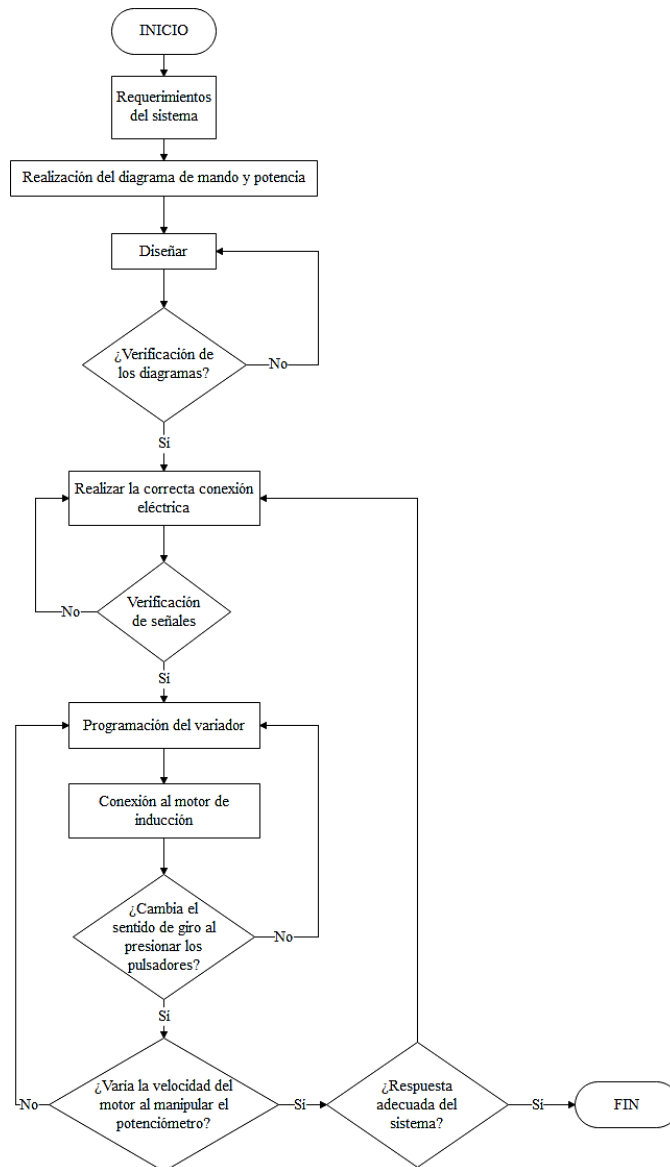
Realizado por: Ojeda, M; Olmedo, H. 2021

## CAPÍTULO IV

### 4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

#### 4.1 Pruebas de funcionamiento del sistema

Se empieza con el análisis de que el tablero construido es un sistema que adopta la electrónica de potencia dentro de los variadores de frecuencia para controlar un motor de inducción, mediante el mando de pulsadores que son los que coordinan el funcionamiento del sistema, es esencial realizar pruebas de funcionamiento de las conexiones eléctricas dentro del mismo.



**Gráfico 1-4:** Diagrama de flujo del sistema.

Realizado por: Ojeda, M; Olmedo, H. 2021

#### 4.1.1 Pruebas generales eléctricas

Al ya tener el tablero de control correctamente conectado se procedió a conectarlo a la fuente de alimentación trifásica, la misma que abastece al interruptor de arranque directo y a todo el sistema. Se realizó las mediciones de la alimentación principal, de los interruptores para comprobar los voltajes.

**Tabla 1-4:** Pruebas de voltaje.

Instalación	Voltaje fases R-S (V)	Voltaje fases R-T (V)	Voltaje fases S-T (V)
Alimentación Principal	217,61	216,45	218,30
Interruptor (Arranque directo)	219,40	218,36	219,10
Interruptor Variador de frecuencia	218,61	218,38	217,61

Realizado por: Ojeda, M; Olmedo, H. 2021



**Figura 1-4:** Pruebas generales eléctricas.

Realizado por: Ojeda, M; Olmedo, H. 2021

Se verifica el encendido normal del variador de frecuencia y el encendido en arranque directo del sistema.

De igual forma se comprobó que la distancia del cable conductor usado para la conexión del variador hacia el motor trifásico se encuentre dentro del rango determinado para la operación sin

reactancia de salida, que va desde cero a cincuenta metros, la longitud que se ocupó en el tablero de control es menor a dos m, la distancia del cable conductor se lo puede observar en la siguiente tabla.

**Tabla 2-4:** Calibre y longitud (Conexión variador-motor)

	<b>U</b>	<b>V</b>	<b>W</b>
Calibre	18 (AWG)	18 (AWG)	18 (AWG)
Longitud	1,25 (m)	1,25 (m)	1,25 (m)

**Realizado por:** Ojeda, M; Olmedo, H. 2021

Posteriormente se procedió a verificar el estado de los interruptores de protección, como se muestra en la tabla, se logró comprobar su continuidad cuando se activa el interruptor y de igual forma cuando el interruptor está cerrado, logrando comprobar el funcionamiento de ambos breakers de protección.

**Tabla 3-4:** Revisión de los elementos de protección

<b>Breaker</b>	<b>Existe continuidad</b>	<b>No existe continuidad</b>
CAMSCO 3 polos 10 A	✓	
Schneider 2 polos 10 A	✓	

**Realizado por:** Ojeda, M; Olmedo, H. 2021

Mediante el uso del variador de frecuencia INVT se empezó digitando y verificando los datos de placa del motor en la pantalla del variador de frecuencia, programando uno por uno mediante la pulsación de sus botones y configuraciones. Se empieza haciéndolo girar a una frecuencia mínima para lograr verificar que el sentido de giro sea el adecuado.

**Tabla 4-4:** Parámetros del motor

<b>Parámetro</b>	<b>Denominación</b>	<b>Valor</b>
P02.1	Potencia nominal	0.5 HP
P02.2	Frecuencia nominal	60 Hz
P02.3	Velocidad nominal	1680 RPM
P02.4	Voltaje nominal	220 V
P02.5	Corriente nominal	2.1 A

**Realizado por:** Ojeda, M; Olmedo, H. 2021



Se hizo una nueva revisión del estado de los cables conductores, las interconexiones dentro del tablero y las respuestas tanto de las entradas y salidas digitales y analógicas del variador de frecuencia con la ayuda del multímetro.

**Tabla 5-4:** Entradas digitales del variador de frecuencia

<b>Entradas digitales del Variador de frecuencia INVT</b>		
	<b>Existe respuesta</b>	<b>No hay respuesta</b>
Marcha	✓	

Realizado por: Ojeda, M; Olmedo, H. 2021

**Tabla 6-4:** Entradas analógicas del variador de frecuencia

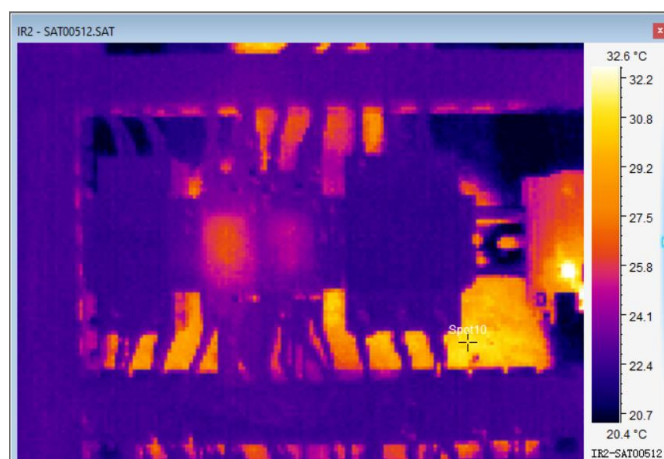
<b>Entradas analógicas del Variador de frecuencia INVT</b>		
	<b>Existe respuesta</b>	<b>No hay respuesta</b>
Velocidad	✓	

Realizado por: Ojeda, M; Olmedo, H. 2021

Como resultado de las pruebas generales eléctricas se puede notar que el tablero se encuentra en condiciones óptimas de funcionamiento, al operar tanto en arranque directo y junto con el variador de frecuencia.

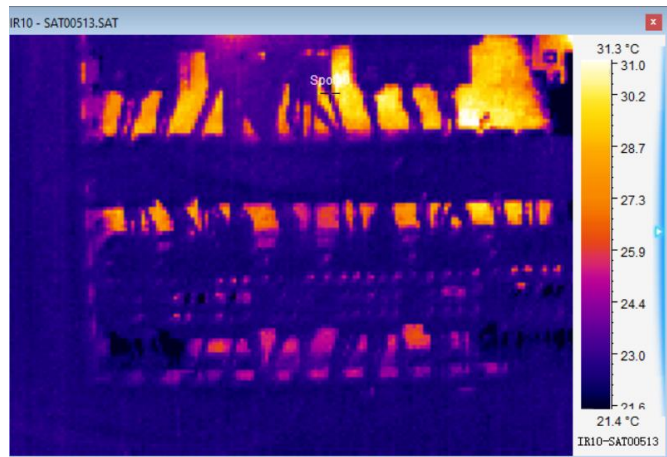
## 4.2 Termografía

Mediante el uso de termografía se logra constatar el correcto ajuste de las conexiones eléctricas, notando en el tablero si existen puntos calientes al realizar arranque directo del motor trifásico y a su vez arranque por variador de frecuencia.



**Figura 2-4:** Termografía infrarroja

Realizado por: Ojeda, M; Olmedo, H. 2021



**Figura 3-4:** Termografía infrarroja

Realizado por: Ojeda, M; Olmedo, H. 2021



**Figura 4-4:** Termografía

Realizado por: Ojeda, M; Olmedo, H. 2021

#### 4.3 Verificación de la correcta variación de velocidad y frecuencia del sistema

A través de la manipulación del potenciómetro de precisión del variador de frecuencia INVT la velocidad (RPM) del motor eléctrico trifásico varía y por ende su frecuencia, logrando de esta manera mandar datos de ambas magnitudes para lograr receptorlos, permitiendo que los que trabajan con módulos de rotor kit los visualicen y saquen sus conclusiones sobre si su módulo se comporta de las maneras esperadas.

## **CONCLUSIONES**

Mediante el diseño y construcción de los tableros de control para el rotor kit, se logró monitorear en las dos condiciones, tales como, arranque directo y arranque con variador de frecuencia obteniendo como resultados aproximados de voltaje y revoluciones por minuto.

Los valores de frecuencia son señalados en la pantalla LCD la cual está conectada a la tarjeta de desarrollo en caso contrario que no se llegue a observar dichos valores se debe de realizar un reinicio de dicha tarjeta por medio de una pulsación del botón rojo del lado inferior de la tarjeta.

Los valores de revoluciones por minuto brindados por el panel del variador de frecuencia son datos que se generan mediante cálculos de voltaje y corriente, no son valores exactos, pero sí muy acercados a la realidad, comparándolos con sensores de velocidad que brindan valores mucho más precisos.

Por medio de la verificación de la continuidad en las conexiones eléctricas y puntos calientes con una cámara termográfica se constató que el sistema funciona en condiciones óptimas dando paso a poder establecer parámetros necesarios para la elaboración de su manual de operación y mantenimiento del tablero de control, a fin de mantener un correcto funcionamiento y no tener errores al momento de operar los módulos.

## **RECOMENDACIONES**

Identificar previamente los implementos necesarios que se vayan a utilizar para el diseño y la construcción de los tableros de control debido a que existen elementos con las mismas funciones y características, pero no están destinados para trabajar con módulos didácticos.

Seguir el manual de operación para la correcta manipulación de los tableros de control para un correcto monitoreo de la variación de velocidad en los motores de corriente alterna.

Incentivar a los estudiantes de futuras generaciones a aportar nuevas ideas a los módulos de control que se encuentran en el laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética, con el fin de añadir o mejorar el funcionamiento de los mismos.

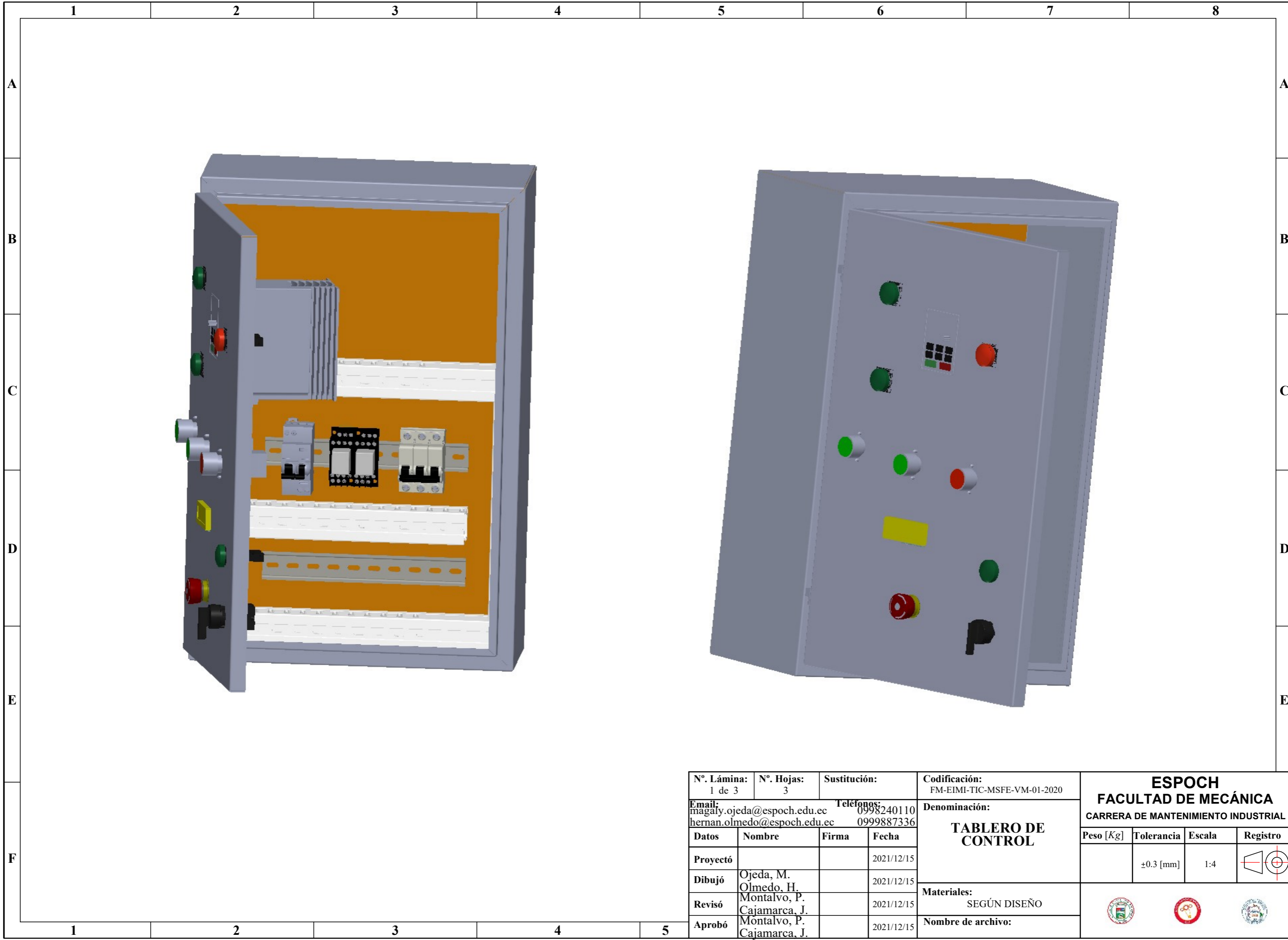
## BIBLIOGRAFÍA

- ABB**, "Ahorro y eficiencia energética con variadores de frecuencia". [en línea], 2016, [Consulta: 30 junio 2021]. Disponible en: <https://new.abb.com/drives/es/eficiencia-energetica>.
- Ahorro de Energía usando Variadores de Frecuencia**. [en línea], 2016. [Consulta: 30 junio 2021]. Disponible en: [http://www.webddigital.com/articulos\\_variadores.aspx#mas\\_alla](http://www.webddigital.com/articulos_variadores.aspx#mas_alla).
- CAMPOS, G.**, 2019. *SELECCIÓN Y DIMENSIONAMIENTO DE VARIADORES*. S.l.: s.n.
- CARRILLO CALDERÓN, Dayana Belén., & CUSHQUICULLMA COLCHA, Andrés Fabían**. Implementación De Un Sistema Automatizado Con Control De Arranque Y Eficiencia Energética En La Etapa "Acabado En Húmedo " Para El Laboratorio De Curtiembre Ciencias Pecuarias. (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba - Ecuador. 2019. pp. 180.
- CENTElsa.**, *Manual del Electricista*. , 2017, pp. 160.
- CONCEPCIÓN, R.**, "Tarjetas de Desarrollo". [en línea], 2019. [Consulta: 1 julio 2021]. Disponible en: <https://www.rjconcepcion.com/podcast/tarjetas-de-desarrollo-episodio-8/>.
- CORONA RAMÍREZ, L. G. Y ABARCA JIMÉNEZ, G.S.**, *Sensores y actuadores: aplicaciones con Arduino (2a. ed.)*, 2019. Grupo Edit. S.l.: s.n. ISBN 978-607-550-122-2.
- DUQUE, J.R.**, *Componentes de los sistemas electroneumáticos y electrohidráulicos*. 2021, pp. 170
- ELECTRICIDAD SERRANO**, "Variador de Frecuencia Sinamics V20". [en línea], 2019. [Consulta: 3 agosto 2021]. Disponible en: <https://www.electricidadserrano.com.ar/detalle.php?a=variador-de-frecuencia-sinamics-v20&t=33&d=135>.
- FANDOS, M.**, *Formación basada en las Tecnologías de la Información y Comunicación: Análisis didáctico del proceso de enseñanza-aprendizaje*. 2003, Universitat Rovira I Virgili, pp. 341.
- GARCÍA, R.**, "Electricidad(II). Elementos de Control y Maniobra". [en línea], 2019. [Consulta: 3 agosto 2021]. Disponible en: <https://ingenieromarino.com/electricidad-elementos-de-control-y-maniobra/>.
- GARCÍA, R.**, *Electricidad(II).Elementos de Control y Maniobra*. 2019, pp. 180.
- GASTELLOU, E.**, *Qué es una fuente de voltaje*. 2020, pp. 50.
- IGUREN**, "Variador de Frecuencia Schneider Electric". [en línea], 2020. [Consulta: 4 agosto 2021]. Disponible en: <https://iguren.es/variadores-de-frecuencia/1232-atv320u04m2c-variador-de-frecuencia-monofasico-atv320c-037kw.html>.
- INVT**, "Operation Manual" GD10 VFD. 2019.
- INVT**, Variador de Frecuencia. [en línea], 2021. [Consulta: 3 agosto 2021]. Disponible en: <https://www.invt.com/es/variable-frequency-drive>.

- LEMUS, I.**, *¿Qué es una tarjeta de desarrollo microcontrolador para IOT?* [en línea], 2019. pp. 2019-2022. Disponible en: <https://conocimientolibre.mx/microcontrolador/>.
- VILLAJULCA, J.C.**, "Etapa de control en variadores de velocidad de motores AC". [en línea], 2010. [Consulta: 3 agosto 2021]. Disponible en: <https://instrumentacionycontrol.net/etapa-de-control-en-variadores-de-velocidad-de-motores-ac/>.
- MEDINA, J.**, *Aparatos de mando, regulación y control. Relés*. 2016. pp. 85-114.
- MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINERÍA PRESIDENCIA DE LA NACIÓN**, *Guía de Eficiencia Energética para Motores Eléctricos*. [en línea], 2017. pp. 36. Disponible en: [http://www.minem.gob.ar/eeTwitter:ArgentinaEficiente@Eficiencia\\_ArImpresoenNoviembrede2017](http://www.minem.gob.ar/eeTwitter:ArgentinaEficiente@Eficiencia_ArImpresoenNoviembrede2017).
- PÉREZ, J. y RIVERA, A.**, 2019. Análisis de la eficiencia energética en un sistema de bombeo accionado de manera directa y controlado por un sistema de variación de frecuencia. (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba - Ecuador. 2019. pp. 45.
- PHONESTORM**, "Fuente de Alimentación". [en línea], 2021. [Consulta: 5 agosto 2021]. Disponible en: <https://www.phonestorm.net/producto/fuente-de-alimentacionsunshinep-3005d/>.
- WHITE, G.**, *Introducción al Análisis de Vibraciones*. 2010.
- POSADA, P.**, *Simbología y aparatos para automatismos*. 2017.
- ROMO, D.P.D.X.M.**, *Energy efficiency in Catholic University Azogues Campus , a technical-economical implementation approach based on solar energy Eficiencia Energética en la Universidad Católica sede Azogues un enfoque de implementación técnico – económico basado en energía*, 2021.
- SARMIENTO, R.** *Variadores de frecuencia. Sistemas de Regulacion y Control Automaticos*, 2019. pp. 143-152.
- SCHNEIDER ELECTRIC**, *Manual electrotécnico Telesquemario Tecnologías de control Industrial. Schneider Electric*, 2016. pp. 281.
- SOUSA SANTOS, V., CABELLO ERAS, J.J., SAGASTUME GUTIÉRREZ, A. y CABELLO ULLOA, M.J.**, *Data to support the assessment of the energy efficiency estimation methods on induction motors considering real-time monitoring. Data in Brief*, vol. 30, 2020.

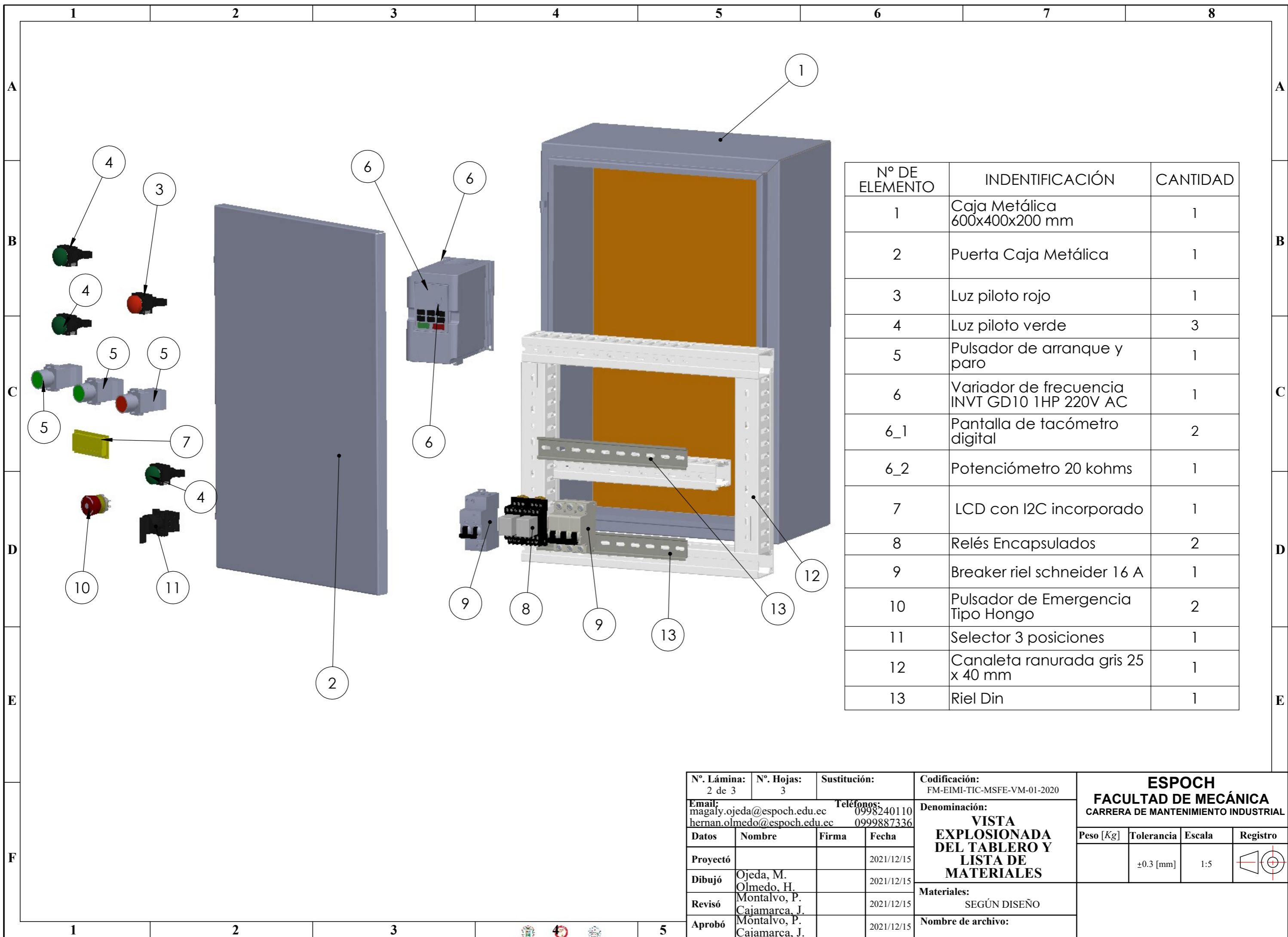
## **ANEXOS**

### **ANEXO A: DISEÑO DEL TABLERO DE CONTROL EN SOLIDWORKS**



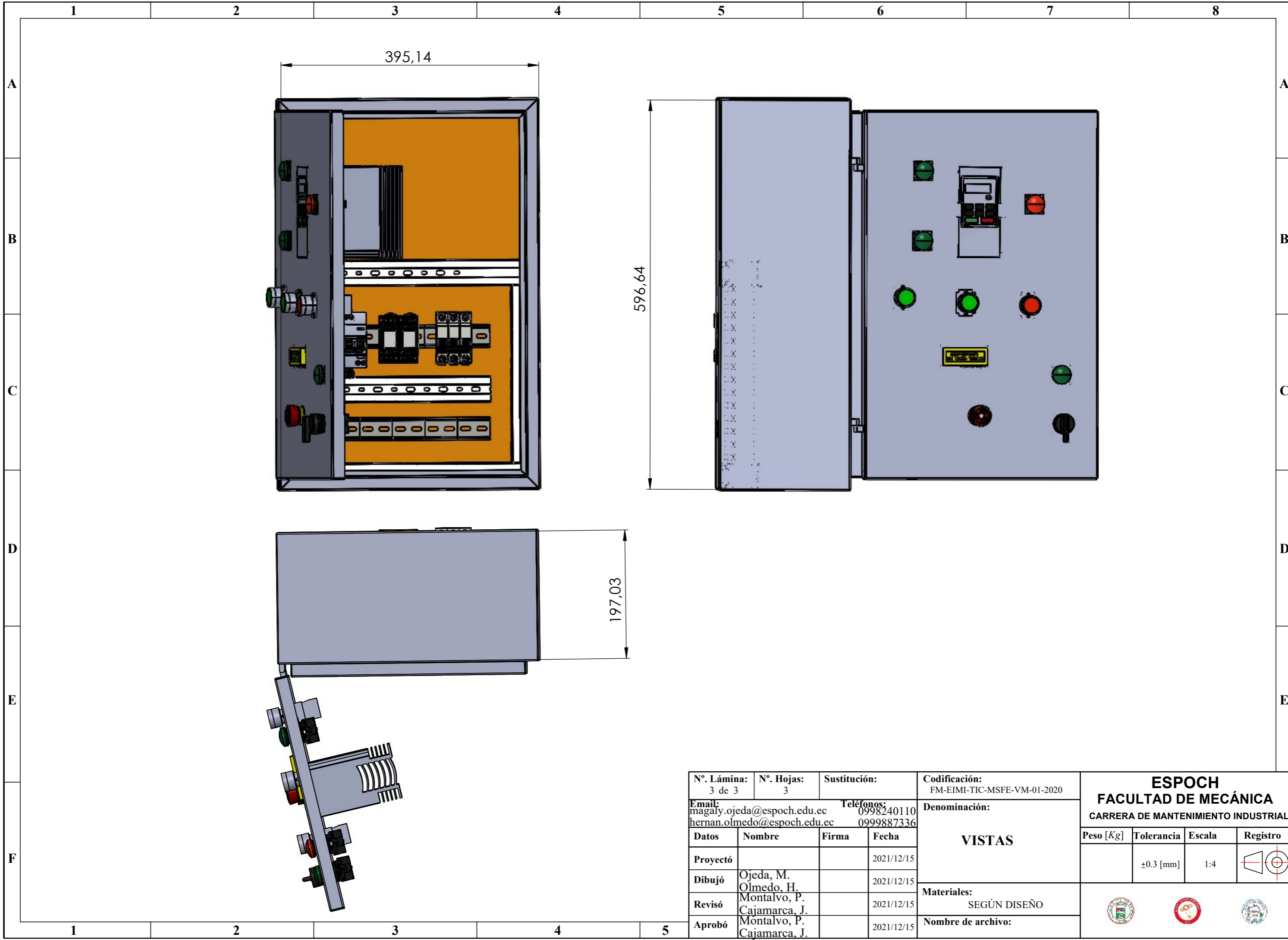
N°. Lámina: 1 de 3		N°. Hojas: 3		Sustitución:		Codificación: FM-EIMI-TIC-MSFE-VM-01-2020		<b>ESPOCH</b> <b>FACULTAD DE MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL</b>					
Email: magaly.ojeda@esPOCH.edu.ec hernan.olmedo@esPOCH.edu.ec		Teléfonos: 0998240110 0999887336		Denominación: <b>TABLERO DE CONTROL</b>		Peso [Kg]						Tolerancia	
Datos		Nombre		Firma		Fecha		±0.3 [mm]		1:4			
Proyectó						2021/12/15							
Dibujó		Ojeda, M. Olmedo, H.				2021/12/15							
Revisó		Montalvo, P. Cajamarca, J.				2021/12/15							
Aprobó		Montalvo, P. Cajamarca, J.				2021/12/15		Materiales: SEGÚN DISEÑO					
								Nombre de archivo:					





N° DE ELEMENTO	IDENTIFICACIÓN	CANTIDAD
1	Caja Metálica 600x400x200 mm	1
2	Puerta Caja Metálica	1
3	Luz piloto rojo	1
4	Luz piloto verde	3
5	Pulsador de arranque y paro	1
6	Variador de frecuencia INVT GD10 1HP 220V AC	1
6_1	Pantalla de tacómetro digital	2
6_2	Potenciómetro 20 kohms	1
7	LCD con I2C incorporado	1
8	Relés Encapsulados	2
9	Breaker riel schneider 16 A	1
10	Pulsador de Emergencia Tipo Hongo	2
11	Selector 3 posiciones	1
12	Canaleta ranurada gris 25 x 40 mm	1
13	Riel Din	1

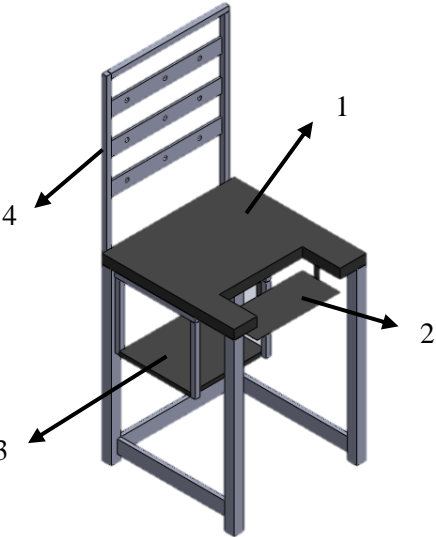
N°. Lámina: 2 de 3		N°. Hojas: 3		Sustitución:		Codificación: FM-EIMI-TIC-MSFE-VM-01-2020		<b>ESPOCH</b> <b>FACULTAD DE MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL</b>			
Email: magaly.ojeda@esPOCH.edu.ec		Teléfonos: 0998240110		hernan.olmedo@esPOCH.edu.ec		0999887336					
Datos	Nombre	Firma	Fecha	<b>Materiales:</b> SEGÚN DISEÑO		Peso [Kg]	Tolerancia	Escala	Registro		
Proyectó			2021/12/15				±0.3 [mm]	1:5			
Dibujó	Ojeda, M. Olmedo, H.		2021/12/15								
Revisó	Montalvo, P. Cajamarca, J.		2021/12/15								
Aprobó	Montalvo, P. Cajamarca, J.		2021/12/15	Nombre de archivo:							



N°. Lámina: 3 de 3		N°. Hojas: 3		Sustitución:		Codificación: FM-EIMI-TIC-MSFE-VM-01-2020		<b>ESPOCH</b> <b>FACULTAD DE MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL</b>					
Email: magaly.ojeda@esPOCH.edu.ec hernan.olmedo@esPOCH.edu.ec		Teléfonos: 0998240110 0999887336		Denominación:  <b>VISTAS</b>		Peso [Kg]						Tolerancia	
Datos		Nombre		Firma		Fecha		±0.3 [mm]		1:4			
Proyectó		Ojeda, M.				2021/12/15							
Dibujó		Olmedo, H.				2021/12/15							
Revisó		Montalvo, P.				2021/12/15							
Aprobó		Cajamarca, J.				2021/12/15							
								Materiales: SEGÚN DISEÑO					
								Nombre de archivo:					


**ANEXO B: MANUAL DE PROCEDIMIENTOS Y PLAN DE MANTENIMIENTO DEL  
“LABORATORIO DE DIAGNÓSTICO TÉCNICO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA”**

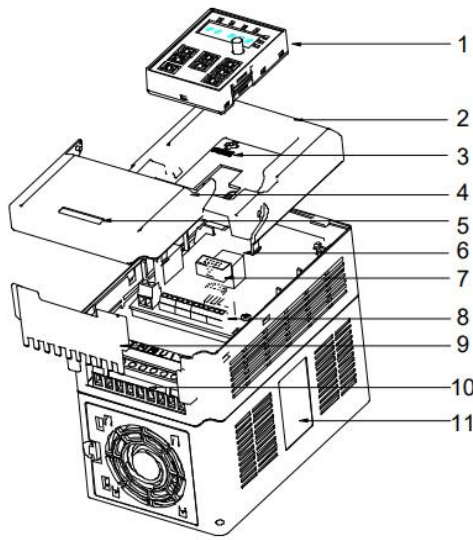
 		<b>Estación de trabajo</b>	
Versión: 2021		Datos técnicos – Componentes Principales	Ficha: 1 - 1
		Laboratorio Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética	Ubicación: Carrera Ing. de Mantenimiento
#	Nombre	Características o Componentes	Equipo
01	Mesa de Soporte	<p>Cuatro soportes de goma permiten que la estación permanezca estática en la ubicación que se requiera dentro del laboratorio.</p> <p>Cuenta con una mesa de soporte para las diferentes herramientas que se requieran poner por encima.</p> <p>La parte superior de la estación consta de acero cuadrado que sirve de soporte para el tablero de control incorporado.</p>	
		Inventario:	
		Código:	

	<p><b>Partes Principales:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mesa de soporte para herramientas que se requieran utilizar en la práctica.</li> <li>2. Soporte de teclado</li> <li>3. Soporte del CPU de una computadora.</li> <li>4. Soporte para el tablero de control.</li> </ol>
---	---

 	<b>Variador de frecuencia</b>	
	Datos técnicos – Componentes Principales	Ficha: 1 - 1
Versión: 2021	Laboratorio Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética	Ubicación: Carrera Ing. de Mantenimiento

#	Nombre	Características o Componentes	Equipo
---	--------	-------------------------------	--------

01	Variador de frecuencia	<b>Marca:</b> INVT	<b>Modelo:</b> GD10	
		<b>Tensión de salida:</b> 0-1200V	<b>Factor de Potencia:</b> 1	
		<b>Voltaje BUS DC:</b> 0-200V	<b>Año de fabricación:</b>	
		<b>Corriente:</b> 0 - 5000 A	<b>Año de adquisición:</b> 2021	
		<b>Potencia:</b> 1 HP	<b>Número de fases:</b> 3	
	<b>Frecuencia de entrada nominal:</b> 60 Hz	<b>Tipo:</b> Industrial		
	<b>Frecuencia de salida máxima:</b> 400 Hz	<b>Masa:</b>		
	<b>Velocidad:</b> 65535 RPM	<b>Torque de salida:</b> 3000Nm		
	<b>Inventario:</b>			
	<b>Código:</b>			




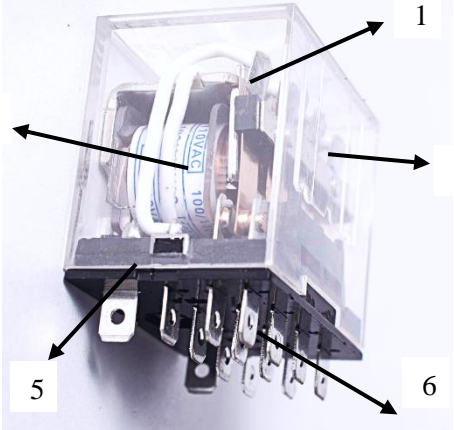
### Partes Principales:

1. Teclado.
2. Caja de la pantalla.
3. Indicador de poder.
4. Cubierta lateral.
5. Placa de identificación simple.
6. Puerto de teclado.
7. Instalación externa.
8. Terminales del circuito de control.
9. Cubierta del devanado
10. Terminales del circuito principal.
11. Placas de identificación.


	<b>Relé Encapsulado</b>	
	Datos técnicos – Componentes Principales	Ficha: 1 - 1
Versión: 2021	Laboratorio Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética	Ubicación: Carrera Ing. de Mantenimiento

#	Nombre	Características o Componentes	Equipo
---	--------	----------------------------------	--------


01	Relé Encapsulado	<b>Marca:</b> CAMSCO	<b>Modelo:</b> MY-4	
		Voltaje de la bobina: DC (6,12,24,36,48,110) V / AC (6,12,24,36,48,110,220) V		
		Corriente: 3 <sup>a</sup>		
		Capacidad de contacto: 28V DC / 220V AC 3A		
		Resistencia de contacto: ≤50 mΩ		
		Dimensión: 27,6 x 21,5 x 34 mm		
		Año de fabricación: Año de adquisición: 2021		
Tipo:				
Masa:				
Inventario:				
Código:				


	<b>Partes Principales:</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Núcleo.</li> <li>2. Armadura.</li> <li>3. Contactos.</li> <li>4. Bobina.</li> <li>5. Base.</li> <li>6. Terminales.</li> </ol>
---	---




 	<b>Elementos Varios</b>	
	Datos técnicos – Componentes Principales	Ficha: 1 - 1
Versión: 2021	Laboratorio Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética	Ubicación: Carrera Ing. de Mantenimiento


#	Nombre	Características o Componentes	Equipo
---	--------	-------------------------------	--------


01	LUCES PILOTO	<b>Marca:</b> CAMSCO	<b>Modelo:</b> 2BE-101	
		Voltaje: 220 VAC		
		Corriente:		
		Tipo: MP1-11R / MP1-11G		
		Peso: 0.016kg		
		Inventario:		
Código:				


02	PULSADOR PARO DE EMERGENCIA	<b>Marca:</b> CAMSCO	<b>Modelo:</b> LMB-ES5	
		Voltaje: 240 VAC		
		Corriente: 3A		
		Dimensiones: 20mm		
		Tipo: Hongo		
		Peso: 0.018kg		
Inventario:				
Código:				


03	PULSADOR	<b>Marca:</b> CAMSCO	<b>Modelo:</b> FPB-BA2	
		Voltaje: 220 VAC		
		Dimensiones: 22 mm		
		Tipo: MP1-10R		
		Peso: 0.018kg		
		Inventario:		
Código:				





04	SELECTOR 3 POSICIONES	<b>Marca:</b> CAMSCO	<b>Modelo:</b> C32	
		Voltaje: 220 VAC Corriente: 32 A Dimensiones: 22 mm Tipo: MP1-10R Peso: 0.018kg		
		Inventario:		
		Código:		


05	TERMINALES U	<b>Marca:</b> CAMSCO	
		Tipo: U	
		Apertura de la U: 5.3 mm	
		Inventario:	
Código:			


06	TERMINALES FERRUL	<b>Marca:</b> CAMSCO	
		Tipo: Ferrul	
		Diámetro: 1,7 mm	
		Inventario:	
Código:			


07	CABLES	<b>Número:</b> #14 AWG	
		Voltaje: 600 V	
		Corriente: 35	
		Tipo: THHN	
		Peso: 1,46 kg	
		Inventario:	
Código:			

08	CABLES	<b>Número:</b> #18 AWG	
		Voltaje: 600 V	
		Corriente: 6A	
		Tipo: TEFF	
		Inventario:	
Código:			

09	Bornes de Riel	<b>Marca:</b> Leipold	
		Aislación: 800 V	
		Corriente: 24 A	
		Norma: IEC60947-7-1	
		Conexión por tornillo 6mm	
		Inventario:	
Código:			

10	Canaleta	<b>Marca:</b> Dexson	
		Característica: Tramo 2 m	
		Color: Gris	
		Tipo: Canaleta Ranurada	
		Inventario:	
		Código:	

11	Caja metálica	<b>Marca:</b> Beaucoup	
		Tamaño: 600x400x200 mm	
		Tipo: Industrial	
		Peso: 8 kg	
		Inventario:	
		Código:	

	<p><b>Partes Principales:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Puerta de la caja metálica.</li> <li>2. Cerradura de la puerta.</li> <li>3. Parte interna del tablero donde se pueden montar los componentes.</li> <li>4. Estructura metálica.</li> </ol>
---	---



# Proceso conexión del tablero de control

Datos técnicos –  
Componentes Principales

Ficha: 1 - 2

Versión: 2021

Laboratorio Diagnóstico  
Técnico y Eficiencia  
Energética

Ubicación: Carrera Ing. de  
Mantenimiento

Función	Proceso	Descripción
El análisis de circuitos se lo realiza en función de la corriente a ser usado con los elementos.	Abrir	Abrir la tapa del tablero de control.
	Reconocer	Realizar un reconocimiento de los elementos que se encuentran en el tablero.
<b>Seguridad</b>	Presionar	Monitorear el pulsador de arranque VDF.
1. Observar con detenimiento cada tarea a realizar	Verificar	Mantener una conexión correcta de los elementos del tablero.
2. Si observa que algún tablero presenta condiciones inseguras, contacte con el encargado del laboratorio	Seleccionar	Dependiendo de la práctica que se vaya a realizar se accionará el interruptor de arranque VDF o el interruptor por arranque Directo.
3. Verificar el estado de los cables conductores antes de encender el tablero de control	Conectar	Se procede a conectar la toma de corriente que trabajan a 220v y 110v respectivamente.
4. Antes de realizar la actividad se debe conocer la forma de proceder en caso de algún accidente eléctrico.	Encender	Ubicar el interruptor principal en la posición de encendido.
	Presionar	Monitorear el pulsador de giro horario y antihorario.
	[Icono de toma de datos]	Realizar la toma de datos que nos indicará en el panel VDF.
	Apagar	Ubicar el interruptor principal en la posición de apagado.
	Desconectar	Desconectar la fuente de alimentación.
	Fin	Verificar que todas las tomas de corriente estén desconectadas, cerrar el tablero con su respectiva llave.

## **ANEXO C: PREVISIONES TAREAS DE MANTENIMIENTO**

Antes de realizar las tareas de mantenimiento se deberá constatar la existencia de los materiales, herramientas y equipos necesarios para el desarrollo de cada una.

Los materiales básicos son:

- **Cera o líquido limpiador para pintura:** existe una variedad ilimitada de productos que tienen las mismas características y el mismo funcionamiento por ende se requiere escoger un buen líquido verificando que no sea tan contaminado para el medio ambiente.
- **Agua:** el agua es muy esencial casi en todos los aspectos, pero se debe tomar en cuenta que si el agua se encuentra con un contenido mayor de cloro es recomendable usar agua embotellada para evitar daños las superficies metálicas.
- **Limpiador de contactos:** en el mercado existe un sin número de presentaciones en aerosol lo cual permite limpiar y remover, de manera eficaz la grasa siliconas polvo entre otras partículas contaminantes desde equipos eléctricos y electrónicos incluyendo conectores de circuitos.
- **Pulimento de metales:** en forma de pasta ayuda a la limpieza y mantenimiento de metales ya que su fórmula con agentes activos que actúan química y mecánicamente en las piezas a tratar ofrece excelentes resultados de limpieza y de protección de piezas metálicas en una sola operación, con su mezcla de base acuosa con hidrogenocarbonatos y agentes de pulimento (óxido de aluminio). No es tóxico ni inflamable. Puede ser aplicado manualmente o con un sistema de limpieza y pulido. Elevada resistencia térmica. No perjudica la piel del usuario, aunque conviene lavarse después de su utilización.

Las herramientas básicas son:

- **Lija:** Consiste en un soporte de papel lo cual se adhiere a un material abrasivo como puede ser esmeril la lija se usa para quitar pequeños fragmentos de material de las superficies obteniendo como objetivo una superficie más lisa.
- **Franela:** Es de un material suave que está constituido de varias clases de algodón o fibras sintéticas nos sirve para limpiar ciertas áreas.
- **Guantes de látex:** Parte del equipo de protección personal específicamente de las manos, en los trabajos relacionados con elementos químicos y/o que requieren limpieza.

- **Guantes aislantes de la electricidad:** Los guantes aislantes protegen del paso de corriente eléctrica a través del cuerpo humano (choque eléctrico), producido por el contacto físico con un elemento conductor a diferente tensión.
- **Mascarilla:** Las mascarillas deben utilizarse como parte de una estrategia integral de medidas para suprimir la transmisión y salvar vidas.
- **Caja de herramientas:** Se entiende por todas las herramientas básicas para desarmar una máquina, como, por ejemplo, desarmadores tipo estrella y plano, juego de llaves hexagonales, dados mecánicos (llaves de caja), alicates, metro, calibrador pie de rey, llaves inglesas.

Equipos recomendados:

- **Soplador:** Este elemento ayuda a la limpieza de los componentes mediante aire a presión, se debe tener en cuenta la presión de salida, dependiendo del elemento a ser limpiado.
- **Aspirador:** Este elemento ayuda a recolectar partículas de polvo o suciedad de lugares que son de difícil acceso.
- **Multímetro:** Este equipo sirve para poder ver mediciones, tanto de corriente, voltaje, resistencia, etc. Sirviendo también para ver la continuidad dentro de un circuito eléctrico.
- **Computador:** Es una máquina electrónica que recibe y procesa datos, debe estar instalado previamente un software para los respectivos análisis de datos que se requieran en la aplicación.

# TAREAS DE MANTENIMIENTO

	<h1>Tareas de Mantenimiento</h1>
<p>Versión 2021</p>	<p>Laboratorio de Diagnostico Técnico y Eficiencia Energética</p>

#	Tarea	Ide.	Superficie
01	Limpieza Externa	a	Pintura y Base.

#	Tarea	Ide.	Superficie
02	Limpieza Interna	a	Metálica.
		b	Circuito.

#	Tarea	Ide.	Superficie
03	Inspección	a	Externa.
		b	Interna.

#	Tarea	Ide.	Superficie
04	Ajustes	a	Internos.
		b	Externos.


#	Tarea	Ide.	Superficie
05	Condiciones Ambientales	a	Opera.
		b	Almacena.

#	Tarea	Ide.	Superficie
06	Pruebas Funcionales	a	Opera.
		b	Almacena.



#	Tarea	Ide.	Superficie
08	Corrección de Superficie	a	Pintura.
		b	Mecánica.

#	Tarea	Ide.	Superficie	
09	Mantenimiento Correctivo	a	Eléctricas.	
		b	Mecánicas.	
			1.	Acoples.
			2.	Conductores.
			3.	Ajuste.

 	<b>Limpieza externa de superficies</b>	Tarea 01-a	
		Frecuencia	
Versión: 2021	Tareas de Mantenimiento	Ejecutada práctica	X
	Laboratorio Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética	Mensual	X
		Semestral	X

		<b>Máquina</b>	
		Apagada	<b>x</b>
		Encendida	
<b>Tiempo de ejecución:</b> 45 min/módulo			
<b>Aplica a:</b> Estación de trabajo			
<b>Herramientas:</b> Brocha, cepillo, franela	<b>Materiales:</b> Cera o limpiador para pintura.	<b>Equipo:</b> Ninguno	
<b>Procedimiento:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Retirar el tablero de control, desmontando cuidadosamente de la estación de trabajo.</li> <li>- Usar una brocha o cepillo para limpiar las áreas que tienen polvo.</li> <li>- Con la franela levemente humedecida limpiar todas las partes del equipo, recogiendo en la franela todos los restos de polvo desplazados con las herramientas anteriormente detalladas.</li> <li>- Utilizar líquido limpiador para una limpieza más profunda y secarlo con una franela totalmente seca.</li> <li>- Repetir los pasos anteriores hasta que la estación de trabajo esté completamente limpia.</li> <li>- Lavar y secar las franelas para un próximo uso.</li> <li>- Ubicar las franelas en un lugar de fácil acceso.</li> </ul>			
<b>Observaciones</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Limpiar el área del laboratorio antes de la estación de trabajo debido a que se puede ensuciar nuevamente.</li> <li>- Tener en cuenta no estar cerca de algún equipo energizado, la recomendación sería desenergizar todo antes de operar con franelas húmedas.</li> <li>- Ocupar las cantidades necesarias de líquido limpiador para no provocar que el líquido sea difícil de remover.</li> </ul>			

 	<b>Limpieza interna de superficies metálicas</b>	Tarea 02-a	
		Frecuencia	
		Ejecutada práctica	
	Tareas de Mantenimiento	Mensual	
Versión: 2021	Laboratorio Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética	Semestral	X

		<b>Máquina</b>	
		Apagada	<b>x</b>
		Encendida	
<b>Tiempo de ejecución:</b> 20 min/módulo			
<b>Aplica a:</b> Estación de trabajo			
<b>Herramientas:</b> Brocha, cepillo, franela	<b>Materiales:</b> Líquido limpiador de pintura.	<b>Equipo:</b> Ninguno	
<b>Procedimiento:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Retirar los módulos de la estación de trabajo.</li> <li>- Usar una brocha o cepillo para limpiar las áreas que tienen polvo.</li> <li>- Con la franela levemente humedecida limpiar todas las partes del equipo, recogiendo en la franela todos los restos de polvo desplazados con las herramientas anteriormente detalladas.</li> <li>- Utilizar líquido limpiador para una limpieza más profunda y secarlo con una franela totalmente seca.</li> <li>- Repetir los pasos anteriores hasta que la estación de trabajo esté completamente limpia.</li> <li>- Lavar y secar las franelas para un próximo uso.</li> <li>- Ubicar las franelas en un lugar de fácil acceso.</li> </ul>			
<b>Observaciones</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ocupar las cantidades necesarias de líquido limpiador para no provocar que el líquido sea difícil de remover.</li> </ul>			

 	<b>Limpieza interna de superficies con circuitos</b>	Tarea 02-b	
		Frecuencia	
		Ejecutada práctica	
	Tareas de Mantenimiento	Mensual	
Versión: 2021	Laboratorio Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética	Semestral	X

		<b>Máquina</b>	
		Apagada	<b>x</b>
		Encendida	
<b>Tiempo de ejecución:</b> 30 min/módulo			
<b>Aplica a todos los módulos:</b>			
Variador de frecuencia Regulador de voltaje Relés encapsulados Breaker 2 y 3 polos			
<b>Herramientas:</b> Brocha, cepillo, franela	<b>Materiales:</b> Limpiador de contactos, agua.	<b>Equipo:</b> Soplador	
<b>Procedimiento:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ubicarse de una forma adecuada al frente del componente.</li> <li>- Encender el soplador y con el cepillo remover las partículas de suciedad que haya dentro del componente.</li> <li>- Si existen partes donde no pueda alcanzar con el cepillo usar solamente el soplador, pero tener en cuenta que el polvo que sale disparado puede ir hacia otros equipos, tener en cuenta esto.</li> <li>- Con la franela levemente humedecida limpiar todas las partes del equipo, recogiendo en la franela todos los restos de polvo desplazados con las herramientas anteriormente detalladas.</li> <li>- Limpiar con cepillo la parte de los contactos de los equipos y si se requiere usar un soplador de igual forma.</li> </ul>			
<b>Observaciones</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tener en cuenta la presión de aire de salida del soplador, no debe superar una presión de 30 psi.</li> <li>- Tener en cuenta no dejar caer agua en los contactos de los equipos ya que podrían dañarlos.</li> </ul>			