



DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO DE AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL CON INTERFAZ HOMBRE MÁQUINA HMI, VARIADOR DE FRECUENCIA Y CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE PLC PARA EL CONTROL DE VELOCIDAD Y PAR DE ARRANQUE DE UN MOTOR AC

JUAN GABRIEL FERREIRA VILLABONA – 13570461  
FREDY ALEXANDER HERNANDEZ BERNAL – 80058554  
YOJHAN MIGUEL JAIMES SUAREZ-1096230659

UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER UTS  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERÍA  
PROGRAMA INGENIERIA ELECTROMECHANICA  
Fecha de Presentación: (21-08-2020)



**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO DE AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL CON INTERFAZ HOMBRE MÁQUINA HMI, VARIADOR DE FRECUENCIA Y CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE PLC PARA EL CONTROL DE VELOCIDAD Y PAR DE ARRANQUE DE UN MOTOR AC**

JUAN GABRIEL FERREIRA VILLABONA – 13570461  
FREDY ALEXANDER HERNANDEZ BERNAL – 80058554  
YOJHAN MIGUEL JAIMES SUAREZ -1096230659

**Trabajo de Grado para optar al título de**  
Ingeniero electromecánico

**DIRECTOR**

FREDY ALBERTO ROJAS ESPINOZA

**CODIRECTOR**

LUIS OMAR SARMIENTO ÁLVAREZ

Grupo de investigación – DIANOIA

UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERÍA  
PROGRAMA INGENIERIA ELECTROMECHANICA  
Fecha de Presentación: (21-08-2020)

F-DC-125

Diseño e Implementación de un módulo didáctico de automatización industrial con  
Interfaz Hombre Máquina HMI, Variador de Frecuencia y Controlador Lógico  
Programable PLC para el control de velocidad y par de arranque de un motor AC

VERSIÓN: 01

Nota de Aceptación

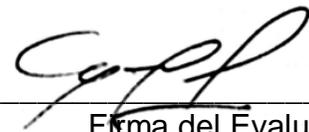
APROBADO

---

---

---

---



Firma del Evaluador



Firma del Director

## DEDICATORIA

A Dios por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor. A mi madre, padre, hermano, tía y demás familiares cercanos por ser mi principal motivación y haberme apoyado en todo momento, por sus consejos y valores. A mis amigos y compañeros de trabajo por aportar de sus conocimientos, paciencia y consejos los cuales permitieron culminar de la mejor forma el desarrollo de este proyecto investigativo.

**JUAN GABRIEL FERREIRA VILLABONA**

Agradezco primeramente a Dios que siempre está a mi lado, por permitirme superar cada obstáculo a lo largo de mi carrera, llenarme día a día de sus grandes bendiciones, a mis familiares, en especial a mis padres que gracias a su apoyo, consejos y confianza pude culminar esta etapa de mi vida.

**FREDY ALEXANDER HERNANDEZ BERNAL**

Dedico este logro primeramente a Dios, a mis padres por haberme enseñado que con esfuerzo, trabajo y constancia todo es posible, de igual modo a mis hermanos, amigos y compañeros de estudio que siempre estuvieron para brindarme su apoyo en los momentos más difíciles.

**YOJHAN MIGUEL JAIMES SUAREZ**

## AGRADECIMIENTOS

Inicialmente agradecemos a Dios por bendecirnos y darnos fuerzas para llegar hasta donde hemos llegado, porque hiciste realidad este sueño anhelado. Agradecemos a nuestras familias quienes siempre han estado en nuestros logros, lo cual las convierte en un papel importante en la toma de nuestras decisiones, su apoyo incondicional, las palabras de superación y esfuerzo que son día a día de suma importancia en el proceso de aprendizaje.

Agradecemos a la institución por brindarnos la gran oportunidad de formarnos tanto académicamente como personalmente, por proyectarnos hacia un mejor futuro lleno de triunfos, también agradecer a los profesores que con su inmensa paciencia y enseñanza nos guiaron en todo momento para que nuestras metas se hicieran realidad.

Gracias a nuestro director por su apoyo incondicional, por su tiempo, conocimientos y experiencias que nos transmitió que fueron de mucha ayuda en todo momento de nuestra carrera, ya que siempre estuvo para orientarnos en las dificultades que se nos fueron presentando en el trayecto del desarrollo de este proyecto.

## TABLA DE CONTENIDO

	<b>pág.</b>
RESUMEN EJECUTIVO .....	14
INTRODUCCIÓN .....	15
1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.....	16
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	16
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	17
1.3. OBJETIVOS.....	18
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	18
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	18
1.4. ESTADO DEL ARTE.....	19
2. MARCO REFERENCIAL.....	23
2.1. MARCO TEORICO .....	23
2.2. MARCO CONCEPTUAL .....	25
2.3. MARCO LEGAL .....	27
2.3.1. Norma IEC – 61131.....	27
2.3.2. Ley 1014 del 26 de enero de 2006 o ley de fomento a la cultura del emprendimiento.....	27
2.3.3. Normativa en Seguridad y Salud en el trabajo en Colombia.....	28
2.3.4. Ley 1273 de 2009.....	28
2.3.5. Decreto 2521 de 2011, por lo cual se adiciona el artículo 1 del decreto 260 de 2001 .....	28
3. DISEÑO DE LA INVESTIGACION.....	30
3.1.1. Instrumentos y técnicas de recolección de datos .....	30
4. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO.....	33
4.1. DISEÑO DEL MÓDULO DIDÁCTICO DE AUTOMATIZACIÓN PLC, HMI Y VARIADOR DE VELOCIDAD.....	33

4.1.1 Listado de los materiales que se deben utilizar para el diseño y funcionamiento del Maletín Automatización Industrial.....	33
4.1.2 Diseño de estrategias para la operación interna del módulo .....	39
4.2. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA SCADA MEDIANTE LA PANTALLA HMI. .	
.....	45
4.2.1. Sistema de control y adquisición de datos SCADA .....	45
4.2.2. Circuito eléctrico del módulo didáctico.....	51
4.2.3. Conexión de circuito electrico mando y control del modulo .....	63
4.3. GUÍAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO DEL MÓDULO DE AUTOMATIZACIÓN .....	65
4.4. INFORME EJECUTIVO CON LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN CON FINES DE CONSULTORÍA .....	66
4.4.1 Especificaciones, características, peso y precios de componentes. ....	67
5. RESULTADOS.....	71
6. CONCLUSIONES .....	86
7. RECOMENDACIONES .....	88
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	89

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.Maletas de aluminio .....	37
Figura 2. Disyuntor .....	38
Figura 3.Plano eléctrico modulo didáctico .....	40
Figura 4.Modulo didáctico de automatización industrial .....	41
Figura 5.dimensión de la Estructura base del módulo didáctico de automatización .....	41
Figura 6.Soporte.....	42
Figura 7.Dimensiones del soporte base de equipos.....	43
Figura 8.Identificación de equipos de control .....	43
Figura 9.Dimensión del tablero de control .....	44
Figura 10.Distribución de los elementos del tablero de control .....	45
Figura11. Simulación scada .....	46
Figura 12.Programación scada .....	47
Figura 13. Configuración .....	48
Figura 14. Valores actuales del software.....	49
Figura 15. Parámetros del software .....	50
Figura 16.Información de las graficas .....	50
Figura 17. Componentes del maletín parte inferior .....	51
Figura 18. Circuito del maletín parte superior.....	52
Figura 19. Breackets. ....	53
Figura 20. Conexión de la fuente. ....	54
Figura 21. Variador de frecuencia. ....	54
Figura 22. Conexión del PLC. ....	55
Figura 23. Conexión del switche de comunicación.....	57
Figura 24. Conexión de los relés.....	58
Figura 25. Conexión de los bombillos .....	58

F-DC-125

Diseño e Implementación de un módulo didáctico de automatización industrial con Interfaz Hombre Máquina HMI, Variador de Frecuencia y Controlador Lógico Programable PLC para el control de velocidad y par de arranque de un motor AC

VERSIÓN: 01

Figura 26. conexión de los pulsadores.....	59
Figura 27. Conexión del regulador con el potenciómetro. ....	59
Figura 28. Diagrama electrico .....	60
Figura29. Búsqueda de componentes.....	61
Figura 30.Distribución de componentes .....	62
Figura 31.Instalación de pulsadores en panel frontal .....	62
Figura 32.Conexionado de panel frontal.....	63
Figura 33. Conexionando panel frontal.....	64
Figura 34.Módulo de automatización terminado.....	64
Figura 35. Maletas de aluminio .....	75
Figura 36. Disyuntor .....	76
Figura 37.Diagrama eléctrico .....	78
Figura 38. Búsqueda de componentes.....	79
Figura 39.Distribución de componentes .....	79
Figura 40. Conexionado de panel frontal.....	80
Figura 41. Conexionando panel frontal.....	81
Figura 42. Módulo de automatización terminado.....	81
Figura 43. Prototipo Modular .....	84
Figura 44. Consultoría.....	85
Figura 40. Maletas de aluminio .....	10
Figura 41. Disyuntor .....	11
Figura 42. Plano eléctrico modulo didáctico.....	13
Figura 43. Modulo didáctico de automatización industrial .....	14
Figura 44. Dimensión de la Estructura base del módulo didáctico de automatización .....	14
Figura 45. Soporte.....	15
Figura 46. Dimensiones del soporte base de equipos.....	16
Figura 47.Identificación de equipos de control .....	16
Figura 48.Dimensión del tablero de control.....	17

F-DC-125

Diseño e Implementación de un módulo didáctico de automatización industrial con Interfaz Hombre Máquina HMI, Variador de Frecuencia y Controlador Lógico Programable PLC para el control de velocidad y par de arranque de un motor AC

VERSIÓN: 01

Figura 49. Distribución de los elementos del tablero de control .....	17
Figura 50. Simulación scada .....	19
Figura 51. Programación scada .....	20
Figura 52. Configuración .....	21
Figura 53. Valores actuales del software.....	22
Figura 54. Parámetros del software .....	23
Figura 55. Información de las graficas.....	23
Figura 56. Componentes del maletín parte inferior .....	24
Figura 57. Circuito del maletín parte superior.....	25
Figura 58. Breackets. ....	26
Figura 59. Conexión de la fuente. ....	27
Figura 60. Variador de frecuencia. ....	27
Figura 61. Conexión del PLC. ....	28
Figura 62. Conexión del switch de comunicación.....	30
Figura 63. Conexión de los relés.....	31
Figura 64. Conexión de los bombillos .....	31
Figura 65. conexión de los pulsadores.....	32
Figura 66. Conexión del regulador con el potenciómetro. ....	32
Figura 67. Superficie total y distancia COPOWER LTDA.....	33
Figura 68. Empresa COPOWER LTDA.....	34
Figura 69. Diagrama electrico .....	42
Figura 70. Búsqueda de componentes.....	43
Figura 71. Distribución de componentes .....	43
Figura 72. Instalación de pulsadores en panel frontal .....	44
Figura 73. Conexionado de panel frontal.....	45
Figura 74. Conexionando panel frontal.....	45
Figura 75. Módulo de automatización terminado.....	46
Figura 76. Maletín didáctico para automatización .....	48
Figura 77. Control de operación motor electrico.....	49

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1.Elementos que conforman el módulo didáctico .....	33
Tabla 2. Características del PLC S7-1200 .....	34
Tabla 3.Características del HMI .....	35
Tabla 4. Precios de componentes .....	67
Tabla 5. Precio total con AIU.....	69
Tabla 6. Características de los precios de los materiales y mano de obra en la construcción del modulo.....	69
Tabla 7. Elementos que conforman el módulo didáctico .....	71
Tabla 8. Características del PLC S7-1200 .....	72
Tabla 9.Características del HMI .....	73
Tabla 10. Características del variador de velocidad.....	74
Tabla 11.Elementos que conforman el módulo didáctico .....	5
Tabla 12. Características del PLC S7-1200 .....	6
Tabla 13.Características del HMI .....	7
Tabla 14. Precios de componentes .....	36
Tabla 15. Precio total con AIU.....	37
Tabla 16. Características de los precios de los materiales y mano de obra en la construcción del modulo.....	38

## RESUMEN EJECUTIVO

El módulo didáctico de Automatización Industrial nació debido a que se busca crear un controlador lógico programable, que ejecute funciones como tiempo, conteo, almacenamiento de memoria, lógica de relé y cálculo aritmético, en donde incluya un PLC para el control procesos complejos.

Por lo tanto, se determinaron los principales componentes que debe llevar un maletín portátil el cual servirá para realizar prácticas de automatización, y así cumplir con todas las necesidades que se requieren en un aula de clase para realizar simulaciones con componentes reales.

Inicialmente, se desarrolla el controlador lógico programable, su funcionamiento, estructura, aplicación y uso. La operación interna del módulo se basa en unas conexiones a pulsadores donde se pueden simular diferentes tipos de entradas conectadas al PLC y las salidas se conectan a indicadores luminosos donde cada indicador enciende como respuesta a una orden previa ya programada y ejecutada.

Al final de la investigación se espera como resultado un módulo didáctico de automatización portátil, para entrenamiento en áreas de formación relacionadas con la automatización de procesos, instrumentación industrial y sistemas de control automático. Así mismo, se pretende realizar una implementación del módulo de automatización dotado de PLC, Variador de Velocidad y pantalla HMI con versatilidad portable y un manual de prácticas de laboratorio del módulo relacionadas con el control de nivel, arranque de motores.

## INTRODUCCIÓN

En el presente documento se sustentan los fundamentos teóricos que orientan la investigación, junto a los aspectos metodológicos en donde se establece efectuar en un primer momento el diseño de un módulo didáctico de automatización en donde se logre implementar un prototipo de entrenamiento de control de velocidad y par de arranque de motores AC basado en PLC, pantalla HMI y variador de velocidad. Mediante la construcción de un listado detallado sobre los materiales que se deben utilizar para el diseño y funcionamiento del Maletín Automatización Industrial, junto a las estrategias para la operación interna del módulo.

De igual forma se llevó a cabo la implementación de sistemas de control, supervisión y adquisición de datos Scada por medio de una pantalla HMI (Interfaz Hombre Máquina), esto teniendo en cuenta la necesidad de llegar a visualizar las variables de control de velocidad y par de arranque del motor AC. Todos estos resultados permiten llevar a cabo mediante la plataforma PORTAL (TotallyIntegratedAutomation Portal) la simulación de cada uno de los componentes sin tenerlos físicamente.

Por otra parte, en el documento se sustentan el desarrollo detallado de cada una de las cuatro fases planteadas referente a los objetivos específicos, mediante los resultados numéricos y descriptivos que se recolectaron, junto a sus evidencias que llevan al análisis sobre la ejecución de una consultoría e innovación de nuevos productos con la empresa Clyde Bergemann bajo las cláusulas reguladas por el código civil y de comercio.

## 1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

### 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La globalización ha permitido la expansión en conocimiento y tecnología en los últimos años, a tal punto de que, así como las máquinas han ido reemplazando la mano de obra en su mayoría no es eficiente en ciertas labores que requieren de un sistema automatizado. En la actualidad las Unidades Tecnológicas de Santander, seccional Barrancabermeja, en la Facultad de Ciencias Naturales e Ingenierías, no cuenta con un módulo didáctico de automatización con PLC (Controlador Lógico Programable) y de SCADA (Control de Supervisión y Adquisición de Datos), obstruyendo el desarrollo de diversas teorías en los ambientes de aprendizaje de sistemas de control e instrumentación industrial generando en lo particular, un desacuerdo en la formación de los estudiantes, puesto que la carencia de una intervención de prácticas, es un desafío de impacto negativo para el desarrollo de los conocimientos, habilidades y destrezas como parte funcional en las buenas prácticas industriales.

Teniendo en cuenta que la automatización en los procesos industriales es vital para el incremento de la productividad y garantizar el mejoramiento de la calidad de los productos, pues en la mayoría de los casos se realizan procesos manuales que no generan la seguridad del operador y así mismo generan pérdidas de los recursos y aumento de los costos de producción.

Por esta razón, se propone resolver la siguiente pregunta: ¿Cómo diseñar e implementar un módulo didáctico de automatización industrial mediante Interfaz Hombre Máquina HMI, PLC y Variador de Frecuencia que permita el desarrollo de prácticas de laboratorio para el aprendizaje del estudiante del área electromecánica?

## 1.2. JUSTIFICACIÓN

El avance tecnológico en el sector industrial cada vez se hace más necesario para el mejoramiento de la funcionalidad de los procesos y operaciones, desarrollando con esto enfoques de mejora e incremento de la producción, pues al contar con procesos de automatización se simplificaría la necesidad de estar ubicado al lado de una máquina, eliminando tareas que son complejas, facilitando el control por medio PLC (controladores lógicos programables).

Con el objetivo de visionar al estudiante del área de electromecánica de las Unidades Tecnológicas de Santander sede Barrancabermeja hacia un entorno en el que conozca inicialmente los procesos industriales encontrados actualmente en el campo, se establece que al diseñar e implementar un módulo didáctico de automatización de procesos acoplándolos a controladores lógicos programables (PLC) y Variador de Frecuencia para medición de variables control de velocidad y par de arranque de motor AC, se mejorará el sistema de enseñanza, lo cual llevará a tener profesionales más preparadas en el área técnica, para desarrollar distintos proyectos que lleven un sistema de automatización, de acuerdo a las necesidades de las empresas, mejorando así niveles de producción, optimización de procesos, tendente a satisfacer la creciente demanda de bienes, en intervalos de tiempo cada vez más reducidos y por parte de los operadores la reducción de siniestralidad laboral.

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

Diseñar e Implementar un módulo didáctico de automatización industrial mediante Interfaz Hombre Máquina HMI, Variador de Frecuencia y Controlador Lógico Programable PLC para el desarrollo de prácticas de laboratorio de control de velocidad y par de arranque de un motor AC.

#### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Diseñar el módulo didáctico de automatización con el fin de implementar un prototipo de entrenamiento de control de velocidad y par de arranque de un motor AC basado en PLC, pantalla HMI y variador de velocidad.
- Implementar un sistema de control, supervisión y adquisición de datos SCADA por medio de una pantalla HMI (Interfaz Hombre Máquina) con el fin de visualizar las variables de control de velocidad y par de arranque del motor AC.
- Realizar un manual de prácticas de laboratorio basado en el módulo didáctico de automatización con el fin de desarrollar habilidades y destrezas en programación de aplicaciones orientadas al control de velocidad y par de arranque de un motor AC.
- Elaborar un informe ejecutivo donde se muestren los resultados obtenidos basados en el desarrollo de las prácticas del módulo con el fin de lograr un acuerdo para la ejecución de una consultoría e innovación en desarrollo de nuevos productos con el sector empresarial las cláusulas reguladas por el código civil y de comercio.

## 1.4. ESTADO DEL ARTE

### 1.4.1 Referencias Internacionales

José Manuel Piñero (2015) de la Universidad de Sevilla plantea en su tesis de grado titulada: “Control de un motor de inducción usando un variador de frecuencia” (pág. 1) como controlar un motor asíncrono usando un variador de frecuencia controlado mediante un PLC, para esto se usaron los siguientes equipos PLC S7-300 de Siemens y variador de frecuencia Micromaster 420 de Siemens.

“La conclusión del proyecto realizado es la forma de crear una red de comunicaciones industrial usando el bus Profibus, incorporando en ella un equipo de control como es el PLC y un esclavo, en este caso el variador de frecuencia”(Rueda, 2015, pág. 85) Así mismo para crear esta red se tienen en cuenta las diferentes tecnologías que se usan para el bus y los equipos que pueden componer la red, “la interfaz del software es sencilla y su información de ayuda es muy extensa y útil, hacer una ampliación en la red incorporando variadores de frecuencia para el control de motores, o el control de otras máquinas como ventiladores o bombas”(Rueda, 2015, pág. 86).

Fabián Guerrero (2016) de la Universidad de San Buenaventura expone en su tesis de grado titulada: “control de velocidad, usando la plataforma LABVIEW, de un motor trifásico de jaula de ardilla de potencia fraccionaria” (pag. 1) con el fin de favorecer el proceso de formación del Ingeniero Electrónico de la Universidad de San Buenaventura Cali.

Es así como se logra concluir que “El sistema implementado funciona correctamente para computadores portátiles y computadores de escritorio, instalando en estos el software LabVIEW y el driver de la tarjeta de adquisición Arduino, dando mayor flexibilidad y versatilidad al uso de la banda” (Guerrero,

2016, pág. 121). Logrando con esto la facilidad y control al momento de realizar la ejecución del motor.

De acuerdo al trabajo de investigación realizado por Daniel Cevallos (2018), titulado “Diseño e implementación de un sistema para el monitoreo, información de fallas y control de una máquina elaboradora de tabacos controlada por dos PLC’s, a través de un panel táctil” (pág. 4), se realiza debido a que en la máquina elaboradora de tabacos, se detectó un problema al tener un panel táctil para el monitoreo del sistema que no disponía de una conexión eficaz hacia los dos PLC’s que controlan la máquina.

Al tratarse de equipos de distintas marcas que manejan protocolos de comunicación diferentes, el HMI solamente podía comunicarse solo con uno de ellos, mientras que el otro no tenía una conexión directa al HMI. Además, no se disponía del programa editable del HMI, por lo que, resultaba imposible agregar nuevos mensajes de información en la pantalla o modificar los existentes. Para solucionar el problema de comunicación en la máquina, se “instaló un nuevo panel táctil que implementa el protocolo de comunicación Ethernet/IP, por lo que se añade una nueva red al sistema haciendo que ambos PLC’s estén directamente conectados al panel táctil, el uno mediante MPI y el otro mediante Ethernet/IP” (Cevallos, 2018, pág. 14). Además, se hizo una depuración de los nombres de los sensores para que coincidan tanto en los planos eléctricos de la máquina como en los programas de los PLC’s y en el HMI.

Aníbal Pérez (2017) expone en su trabajo de grado titulado: “Diseño e Implementación del sistema automatizado con interfaz HMI (Interfaz Hombre Maquina) para para la máquina termo-selladora de envases de pintura controlada por el PLC SIMATIC S7-1212C y supervisada por el panel táctil KTP400PN, de la Industria Envatanqs Yánez S.A” (pág. 2), con el desarrollo de este proyecto se pretende incrementar la productividad de la industria, de igual forma a través de la automatización se mejorará el proceso industrial cíclico de sellado plástico para

los envases de un cuarto y un octavo de galón de pintura esmalte y disminuir el tiempo del proceso aumentando así la producción.

Con este diseño e implementación se determinó la mejora del sistema, la seguridad del operador puesto que ahora el encendido de la maquina es automático, mediante encendedores eléctricos, así se evitó la manipulación directa del operador con el fuego al encender el túnel de calor (Perez, 2017, pág. 90).

### 1.4.2 Referencias Nacionales

De acuerdo al proyecto de grado realizado por Gabriel Martinez(2016), de la Universidad Autónoma del Caribe titulado: “Diseño de un sistema automatizado para selección de Café por medio de Flotes” (pág. 1), es importante que las empresas opten por nuevos modelos de producción para el desarrollo más eficiente de las actividades realizadas, a nivel del campo colombiano no se evidencia la búsqueda de la tecnificación de los procesos a pesar de que sectores como el cafetero otorgan productos claves para la economía del país. Esto significa que mientras los demás países tecnifican el sector del agro para mejorar su competitividad, en Colombia se evidencia una falta de interés por automatizar los procesos de recolección y primeras fases del procesado de sus recursos naturales.

Se plantea un sistema que realice de manera automatizada dicha tarea y solo requiera de la supervisión del campesino para que dicha labor se cumpla en menor tiempo y con mayor eficiencia que usando las técnicas convencionales. De esta manera se pretende demostrar los beneficios de iniciar la automatización de los procesos del sector del campo e incitar a que otras entidades consideren en invertir en el agro como un sector con mucho más potencial de producción que el que actualmente posee (Martinez, 2016, pág. 15).

Es así, como Gabriel Martínez (2016) concluye que: El sistema automatizado para la eliminación de granos defectuosos es un ejemplo claro de un sistema mecatrónica que otorga beneficios al sector productivo. En este caso en particular se trata de una mejora significativa en el procesado del café ya que la detección de defectos en los granos es una de las etapas más demoradas del proceso, y por medio de esta propuesta se obtienen reducciones significativas de tiempo en dicha etapa.

Miguel Palacio (2017) de la Universidad de la Salle, realiza un “diseño de un módulo de entrenamiento en sistemas de automatización industrial, interfaz hombre máquina y sistema SCADA con SIMATIC S7-1200 aplicado al control y monitoreo de un ascensor de tres niveles a escala” (pág. 1), el propósito de la automatización ha cambiado desde el incremento de la productividad y reducción de costos, con miras a incrementar la calidad y la flexibilidad en los procesos industriales.

“Con la distribución adecuada de los equipos, dispositivos y cableado del sistema en el módulo de entrenamiento se logró interpretar de una manera sencilla los sistemas de alimentación, mando, potencia y seguridad, para el módulo de entrenamiento” (Palacio, 2017, pág. 121).

De acuerdo con la investigación realizada por Andrés Segovia (2017) de la Universidad Católica de Colombia titulada: “diseño e implementación de prototipo para sistema automatizado de recolección y extracción de codornaza en módulos de explotación de codorniz” (pág. 1), con el fin del uso de máquinas que cumplan con las labores del hombre con la menor intervención de este, cumpliendo con el proceso a una frecuencia que determinará el coturnicultor mediante una interface HMI (Human Machine Interface) o cuando el nivel de gas amoníaco sobrepase el valor máximo admitido. Con el objetivo de garantizar que ambiente sea adecuado para la explotación de la codorniz se miden y controla la variable de temperatura.

## 2. MARCO REFERENCIAL

### 2.1. MARCO TEORICO

El sistema operativo de automatización.

Se trata de un programa o conjunto de ellos que, para un determinado sistema informático, gestiona los recursos hardware y provee servicios a los programas de aplicación. En el caso de los controladores lógicos programables, las principales funciones del sistema operativo son (UNED, 2011, pág. 54):

- Inicialización de los PLC;
- Escaneo (lectura) de las entradas digitales y actualización de las tablas PII (ver Tarea 1 para las tablas PII y PIO);
- Escaneo de las entradas y salidas analógicas;
- Ejecución del programa del usuario;
- Mantenimiento de los temporizadores, contadores, etc.;
- Actualización de las salidas de control por medio de las tablas PIO;
- Mantenimiento de los programas en caso de que se encienda;
- Auto-diagnóstico del sistema;
- Comunicación en el entorno de red;
- Gestión de las tareas cuando los PLC se controlan por multitareas del OS en tiempo real.

Un programa es una secuencia de instrucciones, que terminan con una orden de finalización del proceso, devolviendo así el control al operador o al monitor del OS. El programa se puede ejecutar de manera asíncrona, si se producen ciertos eventos; o síncrona, si la CPU ejecuta de forma secuencial todas las instrucciones desde la primera hasta la última y vuelve de nuevo a la primera. El

ciclo operativo de un PLC está compuesto de dos fases: una fase entrada-salida y una fase de usuario, relacionada con el procesamiento de los datos (UNED, 2011, pág. 61).

“La duración de ambas fases depende del número de entradas y salidas, la extensión del programa y de la velocidad de operación del PLC. Además, la estructura del ciclo, se define por la forma en la que direcciona las entradas y salidas, el número de transferencias incondicionales y la duración de los cálculos” (UNED, 2011, pág. 62).

### **Teoría de la automatización**

Es el reemplazo o la sustitución del esfuerzo y el trabajo generado por el hombre, las rutinas y las respectivas decisiones por una serie de implementaciones tecnológicas automáticas, las cuales cumplirán un modelo de instrucciones y secuencias. La función específica de la teoría de la automatización es el estudio y el análisis de los diferentes procesos realizados por las implementaciones tecnológicas en busca de reemplazar el esfuerzo del hombre (Castro, 2016, pág. 24).

La programación de diagramas lógicos, que deriva de la representación por logograma habitual entre los técnicos en electrónica digital, incluye como bloques normalizados algunas funciones secuenciales típicas en automatización, como temporizadores y contadores, e incluso algunos bloques combinaciones y de tratamientos numéricos, como multiplexores, sumadores, y multiplicadores (Amstadter, 1976).

La interfaz debe permitir deshacer acciones. Las unidades reversibles pueden ser una acción simple, una entrada de un dato o un grupo de acciones completo. Por ejemplo, cuando se borra un elemento por confusión se debe poder anular la acción, recuperando el elemento eliminado (Aedo, Díaz, & Sicilia, 2009, pág.

176). Asimismo, se debe diseñar de manera que el control de la interacción lo tenga el usuario, debido a que así se sentirá más cómodo con el sistema. La interfaz debe dar acceso a la implementación de fórmulas con sintaxis ya construida, abreviaciones, códigos y otros tipos de información, de forma que el usuario pueda recordarlas fácilmente.

## 2.2. MARCO CONCEPTUAL

Según José Torres (2019) el objetivo de “**la automatización** es generar la mayor cantidad de producto en el menor tiempo posible, con la finalidad de reducir los costos y garantizar una uniformidad en la calidad del producto, así como un rápido retorno de inversión” (pág. 42).

Se puede afirmar que cuando el industrial implementa la automatización de un proceso frente al trabajo manual del mismo, puede obtener ventajas y beneficios de orden económico, social y tecnológico, que permitirán a la empresa desarrollarse en el mercado y contar con sistemas de la hagan más competitiva (Torres, 2019, pág. 43).

Según Manuel Ramírez (2018) **los dispositivos HMI** permiten establecer vínculos comunicativos con los PLC y con sus sensores de entrada y salida. Esto permite que el usuario pueda obtener y mostrar información de forma gráfica permiten: visualización de datos, análisis de KPIs, monitorización de inputs (ingreso de datos) y outputs (información resultante) y configuración de alarmas.

**Los variadores o convertidores de frecuencia** según Ricardo Robles (2019) “son sistemas que se encuentran entre la fuente de alimentación eléctrica y los motores eléctricos. Sirven para regular la velocidad de giro de los motores de corriente alterna (AC)” (pág. 22).

Según Ricardo Rueda (2015) un **PLC** “es una computadora digital de nivel industrial diseñada para realizar funciones de control, especialmente para

aplicaciones industriales, que permite a los usuarios la implementación de algunas funciones como” (pág. 62):

- El Control discreto
- Control analógico
- El Control PID
- Control de posición
- Control de motor
- Comunicación en serie y redes de alta velocidad

**La automatización** Es un proceso donde se transfieren las tareas de producción realizadas generalmente por operadores humanos a un conjunto de elementos y herramientas tecnológicos. La realización de este sistema tiene como propósito mejorar la calidad del trabajo del operador y con esto la calidad de los productos, bajar los costos de producción por medio de la racionalización eficiente de la energía, tiempo y materia prima y el aumento en la seguridad de las instalaciones y protección a los trabajadores generando un ambiente de seguridad para el personal y el medio en el que se desenvuelven(UNED, 2011). Un sistema de automatización automático o semiautomático se compone de transductores, sistema de control y actuadores.

**Sistema de control** Es aquel sistema en el cual el efecto deseado es logrado operando sobre una o más variables de entrada, hasta que la salida, la cual es una medida del efecto deseado, cae dentro de un rango de valores aceptables(Granda & Mediavilla, 2015). Los instrumentos de medición son parte integral de un sistema de control, por lo que al conjunto se le suele llamar sistema de medición y control.

**Traductores** Son sistemas o dispositivos que realizan la conversión de una magnitud física cualquiera a una magnitud eléctrica, generalmente intensidad. Voltaje o impedancia, de forma que esta última constituya una réplica tan perfecta

como sea posible, de aquélla, en este componente se puede diferenciar entre el sensor, que es el elemento sensible primario que responde a las variaciones de la magnitud que se mide, y el transductor que es el que lleva a cabo la conversión energética de la magnitud de entrada para dar como salida una señal eléctrica(Granda & Mediavilla, 2015)

## **2.3. MARCO LEGAL**

### **2.3.1. Norma IEC – 61131.**

Definir e identificar las características principales que se refieren a la selección y aplicación de los PLC´ y sus periféricos. Asimismo, especificar los requisitos mínimos para las características funcionales, las condiciones de servicio, los aspectos constructivos, la seguridad general y los ensayos aplicables a los PLC´; definiendo los lenguajes de programación de uso más corriente, las reglas sintácticas y semánticas, el juego de instrucciones fundamental, los ensayos y los medios de ampliación y adaptación de los equipos, las comunicaciones entre los PLC´ y otros sistemas autómatas programables correspondientes (Mateos, 2006, pág. 14), tales como:

- Los equipos de programación y depuración (Programming And DebuggingTool)
- Los equipos de ensayo (Test Equipment)
- Los interfaces hombre-máquina (Man-Machine Interface).

### **2.3.2. Ley 1014 del 26 de enero de 2006 o ley de fomento a la cultura del emprendimiento.**

“La educación debe incorporar, en su formación teórica y práctica, lo más avanzado de la ciencia y de la técnica, para que el estudiante esté en capacidad de crear su propia empresa, adaptarse a las nuevas tecnologías y al avance de la ciencia, de igual manera debe actuar como emprendedor desde su puesto de trabajo” (Ley 1014, 2006, pág. 6)

### **2.3.3. Normativa en Seguridad y Salud en el trabajo en Colombia**

“Así pues, todas las disposiciones existentes en relación a la seguridad y salud ocupacional, relacionadas con la prevención y mejora de las condiciones de trabajo se integran en dicho Sistema General de Riesgos Laborales (Ley 1562, 2012, pág. 8)”.

### **2.3.4. Ley 1273 de 2009**

Por medio de la cual se modifica el Código Penal, se crea un nuevo bien jurídico tutelado - denominado "de la protección de la información y de los datos"- y se preservan integralmente los sistemas que utilicen las tecnologías de la información y las comunicaciones, entre otras disposiciones.

Ley 1273 (2009) Señala el uso de software malicioso. El que, sin estar facultado para ello, produzca, trafique, adquiera, distribuya, venda, envíe, introduzca o extraiga del territorio nacional software malicioso u otros programas de computación de efectos dañinos, incurrirá en pena de prisión de cuarenta y ocho (48) a noventa y seis (96) meses y en multa de 100 a 1.000 salarios mínimos legales mensuales vigentes.

### **2.3.5. Decreto 2521 de 2011, por lo cual se adiciona el artículo 1 del decreto 260 de 2001**

Decreto 2521 (2011) Considera que con el propósito de promover el desarrollo y utilización general de software como herramienta transversal que coadyuva al desarrollo integral de la competitividad del país, y considerando que el software es el conjunto de los programas de cómputo en sus distintos estados, de acuerdo con la regulación existente sobre la materia, es necesario reducir la tarifa de retención en la fuente a título del impuesto sobre la renta sobre pagos o abonos

F-DC-125

Diseño e Implementación de un módulo didáctico de automatización industrial con Interfaz Hombre Máquina HMI, Variador de Frecuencia y Controlador Lógico Programable PLC para el control de velocidad y par de arranque de un motor AC

VERSIÓN: 01

en cuenta que se realicen a contribuyentes obligados a presentar declaración del impuesto sobre renta y complementarios, por concepto de servicio de licenciamiento o uso de software.

### 3. DISEÑO DE LA INVESTIGACION

El tipo de investigación es aplicada porque se centra en la solución de un problema práctico y, según su profundidad es de tipo descriptiva y enfoque cualitativo, donde se tienen en cuenta las características formalmente del Software de SCADA (Control de Supervisión y Adquisición de Datos) y las especificaciones técnicas de desempeño en la gama media del PLC (Controlador Lógico Programable), con entradas y salidas digitales.

#### 3.1.1. Instrumentos y técnicas de recolección de datos

**3.1.1.1 Fuente de Información primaria.** Según Briones, (FERNÁNDEZ, 2001) este instrumento tiene como objetivos: “1) describir la distribución de una o más variables en el total colectivo del objeto de estudio; 2) Realizar la misma operación en subgrupos significativos de ese colectivo o en su muestra; 3) Calcular medidas de tendencia central y de dispersión de esas variables en un colectivo total o en sus subgrupos”Cumpliendo estos objetivos se pueden hacer comparaciones entre las formas de distribución y los valores que toma cada variable, lo cual resulta sumamente importante para la investigación que se quiere realizar.

**3.1.1.2 . Fuente de Información secundaria.** Las fuentes secundarias se basan en la información primaria, sintetizada y reorganizada, con el fin de establecer los escenarios necesarios para la selección y estipulación de controles que cumplan con los estándares de calidad pertinentes garantizando la satisfacción del cliente. Además, La recolección de la información se hace a través de fuentes secundarias como Internet, donde se hará un análisis documental y se precisará la información correspondiente principalmente en páginas especializadas en los temas estudiados, en las cuales su información deberá ser verídica; además de bibliografía relacionada y entidades relacionadas el servicio a ofrecer.

Para el desarrollo de los objetivos se tendrán en cuenta las siguientes actividades:

**FASE 1: Diseñar el módulo didáctico de automatización con el fin de implementar un prototipo de entrenamiento de control de velocidad y par de arranque de motores AC basado en PLC, pantalla HMI y variador de velocidad.**

**Actividad 1.** Listado de los materiales que se deben utilizar para el diseño y funcionamiento del Maletín Automatización Industrial.

**Actividad 2.** Diseño de estrategias para la operación interna del módulo.

**FASE 2: Implementar un sistema de control, supervisión y adquisición de datos Scada por medio de una pantalla HMI (Interfaz Hombre Máquina) con el fin de visualizar las variables de control de velocidad y par de arranque del motor AC.**

**Actividad 1.** Consulta de manuales en donde se especifica el uso y las especificaciones de los materiales que se utilizarán para la elaboración del maletín.

**Actividad 2.** Diseñar de acuerdo a su instalación, dimensiones, condiciones de operación.

**FASE 3: Realizar un manual de prácticas de laboratorio basado en el módulo didáctico de automatización con el fin de desarrollar habilidades y destrezas en programación de aplicaciones orientadas al control de velocidad y par de arranque de un motor AC.**

**Actividad 1.** Uso de la plataforma PORTAL por sus siglas en inglés (TotallyIntegratedAutomation Portal) con el fin de iniciar las simulaciones de cada uno de los componentes sin tenerlos físicamente.

**FASE 4: Elaborar un informe ejecutivo donde se muestren los resultados obtenidos basado en el desarrollo de las prácticas del módulo con el fin de lograr un acuerdo para la ejecución de una consultoría e innovación en desarrollo de nuevos productos con la empresa COPOWER LIMITADA bajo las cláusulas reguladas por el código civil y de comercio.**

**Actividad 1.** Buscar la información necesaria de otros diseños que integran un maletín portátil para pruebas de automatización.

**Actividad 2.** Ajustar a las necesidades en cuanto a rigidez y trabajo pesado para el entorno industrial.

**Actividad 3.** Implementación y uso de los componentes.

**Actividad 4.** Diseño de ocho Pruebas piloto

## 4. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO

### 4.1. DISEÑO DEL MÓDULO DIDÁCTICO DE AUTOMATIZACIÓN PLC, HMI Y VARIADOR DE VELOCIDAD.

Mediante la herramienta SolidWorks se realizó el diseño del módulo didáctico, donde se definieron las diferentes partes y dimensiones del equipo. Se Determinaron los parámetros y requerimientos necesarios para la implementación de un prototipo de automatización. Permittiendo así, optimizar conocimientos previos con respecto a la integración de varios procesos industriales. Se diseñaron los circuitos de mando y protección distribuidos en el tablero de control. A continuación, se procedió a ejecutar una serie de actividades que permiten el cumplimiento del objetivo mencionado.

**4.1.1 Listado de los materiales que se deben utilizar para el diseño y funcionamiento del Maletín Automatización Industrial.** En la presente actividad se identificaron los accesorios y elementos seleccionados para la estructuración del módulo. Así mismo se realiza una descripción de los parámetros de funcionamiento mediante fichas técnicas.

**Tabla 1.** Elementos que conforman el módulo didáctico

ITEMS	DESCRIPCIÓN
1	PLC
2	Pantalla HMI
3	Variador de velocidad
4	Maletín
5	Disyuntor
6	Borneras
7	Selectores
8	Pilotos
9	Pulsadores
10	Parada de emergencia
11	Fuente DC

Fuente: Autor

- **CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE PLC**

La S7-1200 ofrece diversos módulos y placas de conexión para ampliar las capacidades de la CPU con E/S adicionales y otros protocolos de comunicación.

La CPU soporta una placa de ampliación tipo plug-in:

- A. Una placa de comunicación (CB) permite agregar un puerto de comunicación adicional a la CPU.
- B. Una placa de batería (BB) ofrece respaldo a largo plazo del reloj en tiempo real (Arango & Salazar, 2017).

**Tabla 2.** Características del PLC S7-1200

Ítem	Especificaciones	
1	Temperatura de funcionamiento mínimo	-20 °C
2	Temperatura de funcionamiento	60 °C
3	Categoría de tensión:	20,4-28,08 V dc (24 v dc nominal) u85-264 V AC (115 O 230V AC nominal)
4	Tipo de entrada:	Analógico, digital
5	Tipo de salida:	Relé o transistor
6	Tipo de red:	Ethernet
7	Tipo de puerto de comunicación:	Thernet,Profinet,UDP
8	Interfaz de programación:	Profinet
9	Entradas/Salidas máximas	14/10
10	Montaje:	Pared/Carril DIN
11	Lenguaje de programación:	FBD, LAD, SCL

**Fuente:** SIEMENS. Controlador programable S7-1200. SIMATIC,2015.

• **PANTALLA SIMATIC HMI**

Ofrece visualización de alta calidad incluso en máquinas e instalaciones de pequeñas dimensiones. Con la segunda generación de SIMATIC HMI Basic Panels, dos de los aspectos decisivos a este respecto son la alta resolución y la intensidad de 65.500 colores. También la conectividad, para la que puede elegirse una interfaz PROFINET o PROFIBUS más conexión USB (Fernandez, 2019).

**Tabla 3. Características del HMI**

Item	Especificaciones	
	<p>① Conexión para la fuente de alimentación      ⑥ Junta de montaje                  ② Puerto USB      ⑦ Teclas de función                  ③ Interfaz PROFINET      ⑧ Placa de características                  ④ Escotaduras para tensionador      ⑨ Conexión para tierra funcional                  ⑤ Pantalla/pantalla táctil      ⑩ Guía para tiras rotulables</p>	
1	Conexión de la fuente de alimentación.	24 V DC de suficiente intensidad cables con una sección mínima de 1,5 mm <sup>2</sup> .
2	Puertos USB	puertos USB tipo A para conectar ratón, teclado, memoria lápiz USB, etc
4	Convertidor, adaptador y conector	Convertidor de RS 422 a RS 232
5	Láminas de protección	Lámina de protección de 4" 7" 9" 12"
6	Junta de montaje	: ≤ 120 μm (Rz 120)
7	Teclas de función	Pantalla táctil analógica resistiva 4 y 8
8	Paquetes de servicio	Juego de 20 tensionadores, y juego de 10 conectores de red

**Fuente:** SIMATIC. HMI Paneles de operador Basic Panels 2nd Generación

• **Variador de velocidad**

Los convertidores SINAMICS G110 son convertidores de frecuencia para regular la velocidad en motores trifásicos. Los diferentes modelos que se suministran cubren un margen de potencia de 120 W a 3,0 kW en redes monofásicas. Los convertidores están controlados por microprocesador y utilizan tecnología IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) de última generación. El SINAMICS G110 puede utilizarse tanto en aplicaciones donde se encuentre aislado como integrado en sistemas de automatización. (couedic, 1997).

**Tabla 4.** Características del variador de velocidad

Ítem	Especificaciones	
1	Los convertidores SINAMICS G110	cubren un margen de potencia de 120 W a 3,0 kW en redes monofásicas
2	Temperatura -10	ura -10 °C hasta +50 °C
3	Humedad	Humedad relativa d 95 % sin condensación
4	Altitud S	Si el convertidor debe instalarse a una altitud > 1000 m o a partir de 2000 m sobre el nivel del mar
5	Choques y Vibraciones	Movimiento de adaptación: 0,075 mm (10 Hz a 58 Hz) ¾ Aceleración: 10 m/s <sup>2</sup> (58 Hz a 200 Hz)
7	Contaminación atmosférica	No instalar el convertidor en un entorno que contenga contaminantes atmosféricos tales como polvo, gases corrosivos, etc.
8	Terminación de bus en la variante USS	a variante USS del SINAMICS G110 utiliza protocolo RS485 para la comunicación entre el control y el (los) convertidor(es) en el bus.
9	frecuencia nominal del motor en el parámetro P0100	P0100 = 0 (kW, 50 Hz) ajuste de fábrica ¾ P0100 = 1 (hp, 60 Hz) ¾ P0100 = 2 (kW, 60 Hz)
10	Reposición al ajuste de fábrica	Ajuste P0010 = 30 2. Ajuste P0970 = 1
11	Ajuste de fábrica: variante analógica	2, borne 9, (AIN, 0...10 V).
12	Entrada analógica (variante analógica)	1, para consigna (0 V a 10 V, escalable o usable como cuarta entrada digital)
13	Tensión de red y márgenes de frecuencia	200 V a 240 V (±10%) 1AC
14	Frecuencia de red	47 a 63 Hz

**Fuente:** SIEMENS. Sinamics G110

- **Maletas de aluminio**

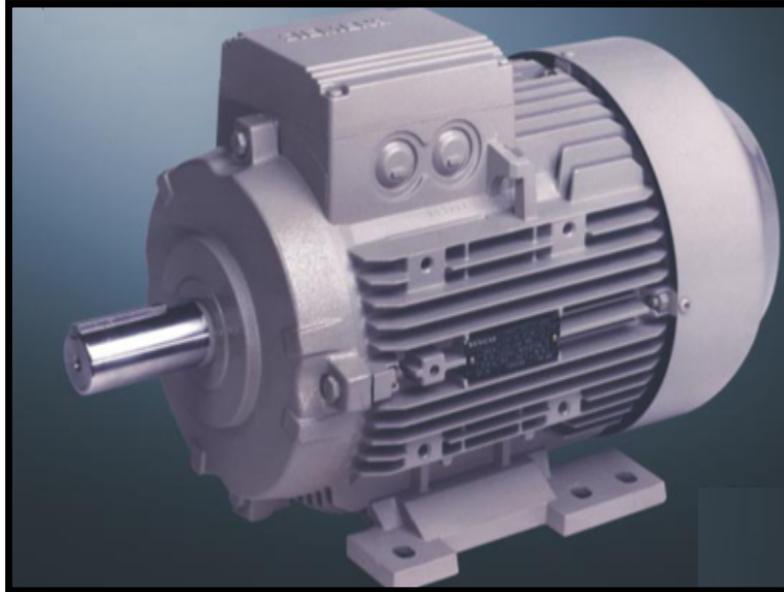
Las maletas de aluminio son ideales para el transporte de su equipo de trabajo. Son fabricadas en aluminio, su ligereza facilita el transporte sus dimensiones permiten alojar equipos y herramientas de gran longitud como niveles, arco de sierra. Incluye dos separadores, uno fijado a la maleta y el otro independiente con posibilidad de fijación para un perfecto orden de las herramientas sus medidas son 0,51 m de largo 0,53 m de ancho y 0,15 m alto.

**Figura 1.** Maletas de aluminio



**Fuente:** EGA MASTER ART INNOVATION. Maletas de aluminio

- **Motor eléctrico trifásico marca SIEMENS**



**Fuente:** Siemens. Motor electrico.

El módulo didáctico requiere de un motor eléctricotrifásico en corriente alterna marca SIEMENS con el fin de realizar prácticas de arranque y cambios de sentido de giro mediante el panel BOP, la ficha técnica del equipo se evidencia del anexo 1 al 6.

- **Disyuntor**

**Figura 2.** Disyuntor

CARACTERÍSTICAS		
1	Tipo de voltaje	AC/DC
2	Corriente	16 A
3	Voltaje	400 V
4	Numero de polos	2

**Fuente:** Siemens. Disyuntor

Este dispositivo actúa como una protección ante sobrecargas por errores sufridos en el circuito eléctrico del módulo didáctico. Los parámetros técnicos del disyuntor instalado en el sistema se logran observar en el anexo 7.

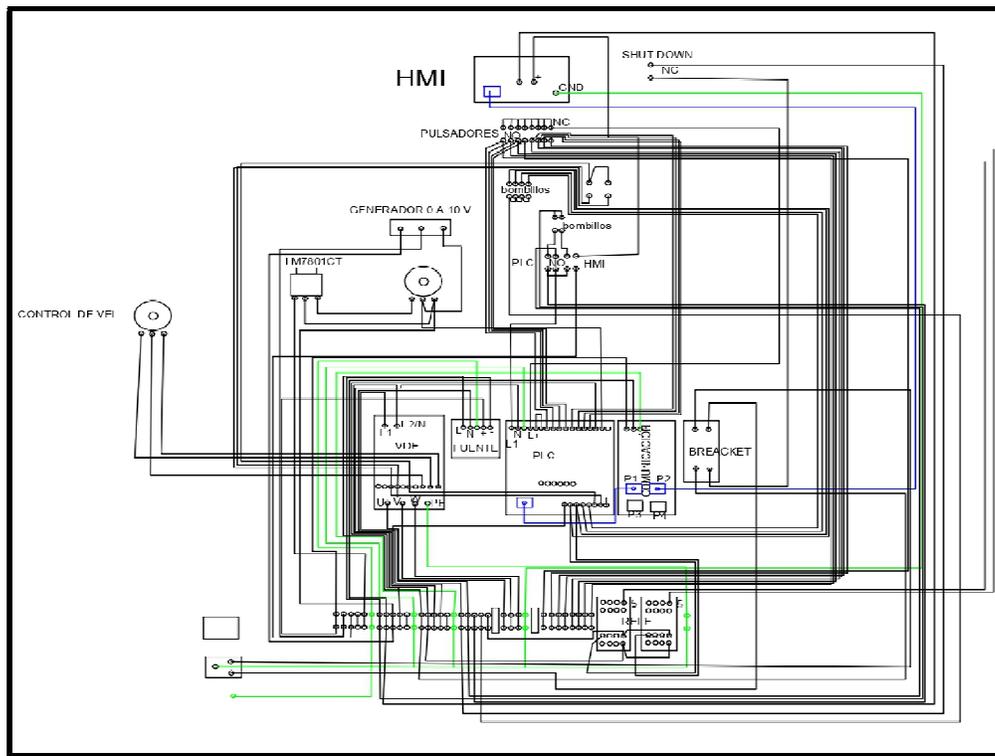
**4.1.2 Diseño de estrategias para la operación interna del módulo.** Para el cumplimiento del objetivo, y de acuerdo al banco de pruebas diseñado se procede a elaborar los planos que establece la realización del diseño estructurado con las respectivas dimensiones y geometría de cada equipo. De igual forma, la representación gráfica del sistema brinda una herramienta la cual permite identificar los diferentes instrumentos y conexiones eléctricas.

El modelo esquemático se realiza en el software SolidWorks con base a diagramas y planos recopilados de la investigación previa, los cuales permiten tener una guía de referencia para las dimensiones proporcionadas a cada pieza dentro del ensamble final realizado. Consecutivamente se detallan las piezas y medidas nominales, como aporte relevante para el proyecto, presentando un documento con el diseño estructurado de un módulo para el desarrollo de pruebas.

- **Plano eléctrico modulo didáctico**

La figura 3, permite evidenciar el circuito eléctrico que compone el sistema del módulo didáctico, elaborado a través del software CADESIMU el cual es un programa para el desarrollo de esquemas. El circuito esta direccionado para el accionamiento del motor, el cual cuenta con un Switch, quien acciona el sistema para la respectiva apertura o cierre del circuito con relación a los parámetros fijados. El plano de conexiones del circuito es construido como propósito para facilitar la comprensión de los elementos interconectados, permitiendo de una manera sencilla analizar el funcionamiento interno de cada uno de los equipos que componen el sistema.

**Figura 3.**Plano eléctrico modulo didáctico



Fuente: Autor

### • Planos mecánicos del módulo didáctico

Para el cumplimiento del objetivo, y de acuerdo al banco de pruebas que se seleccionó tipo se procede a elaborar los planos que establece la realización de un diseño estructurado con la modelación de un sistema de pruebas con la función de ejecutar el proceso de control. De igual forma, la representación gráfica brinda una herramienta la cual permite identificar los diferentes instrumentos y conexiones que interfieren en el equipo.

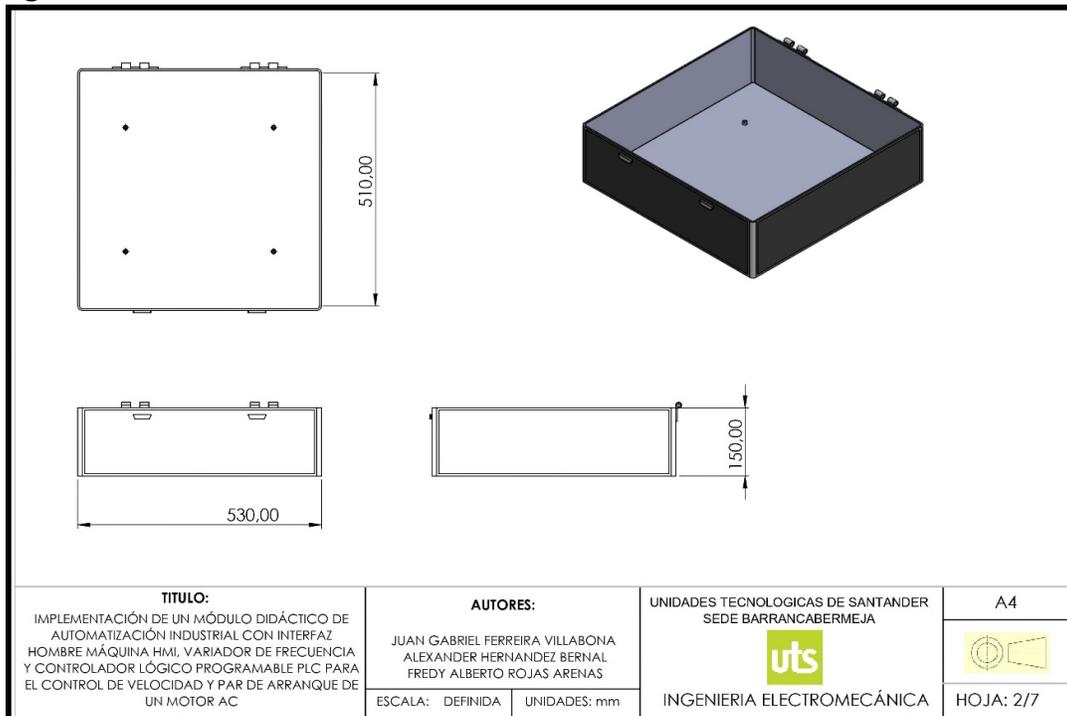
El modelo esquemático se realiza en el software SolidWorks con base a diagramas y planos recopilados de la investigación previa, los cuales permiten tener una guía de referencia para las dimensiones proporcionadas a cada pieza dentro del ensamble final realizado. Consecutivamente se detallan las piezas y medidas nominales, como aporte relevante para el proyecto.

**Figura 4. Modulo didáctico de automatización industrial**



Fuente: Autor

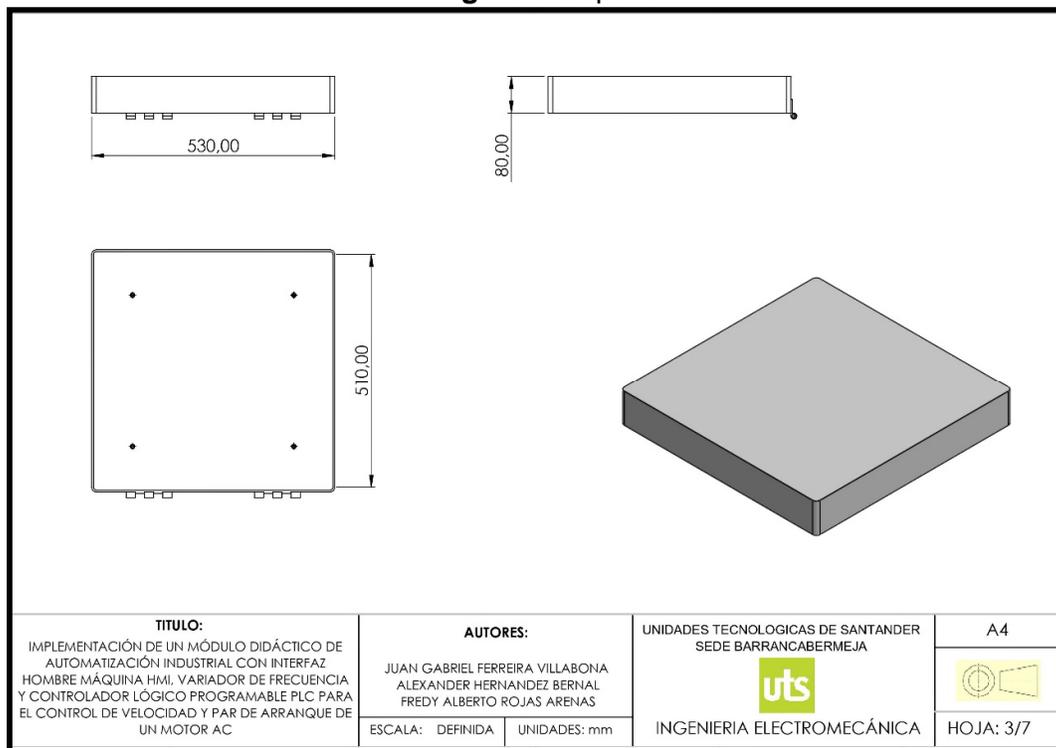
**Figura 5. dimensión de la Estructura base del módulo didáctico de automatización**



Fuente: Autor

En la figura 4 se observa el diseño del módulo didáctico finalizado. Por otro lado, en la Figura 5 se logra evidenciar la dimensión de la estructura del módulo didáctico que está construido en aluminio en lo cual van los elementos de control que son el PLC, pantalla HMI, variador de velocidad, maletín, disyuntor, borneras, pulsadores etc. para hacerlos de fácil uso y de manipulación en los procesos de automatización industrial.

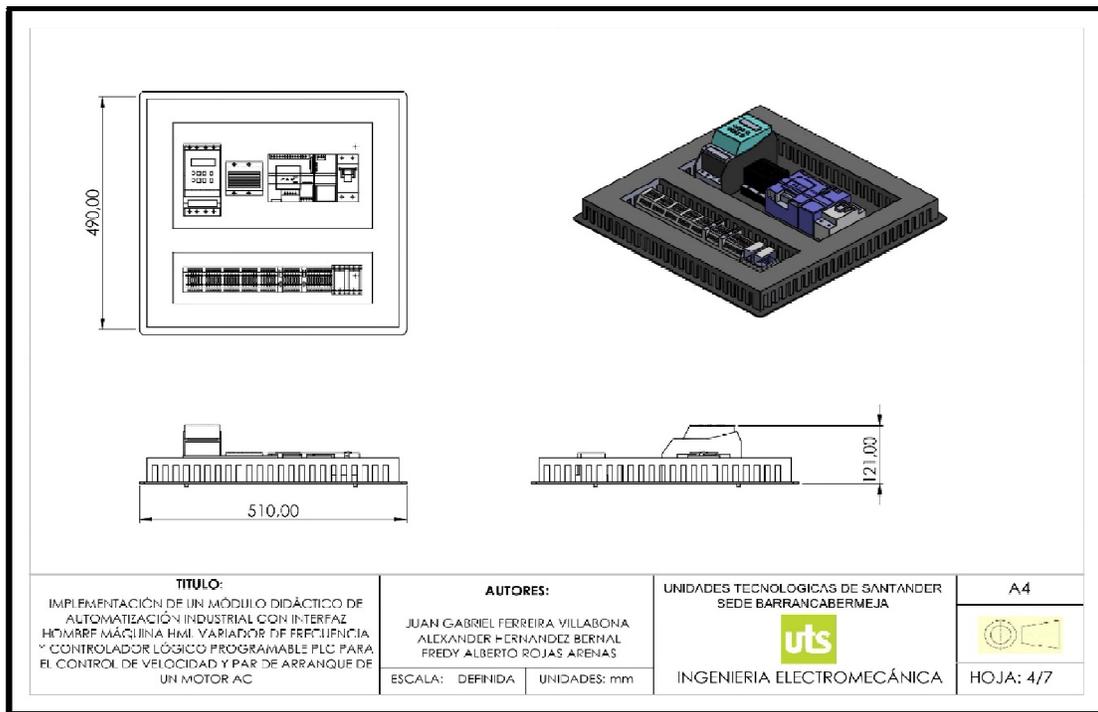
**Figura 6. Soporte**



**Fuente:** Autor

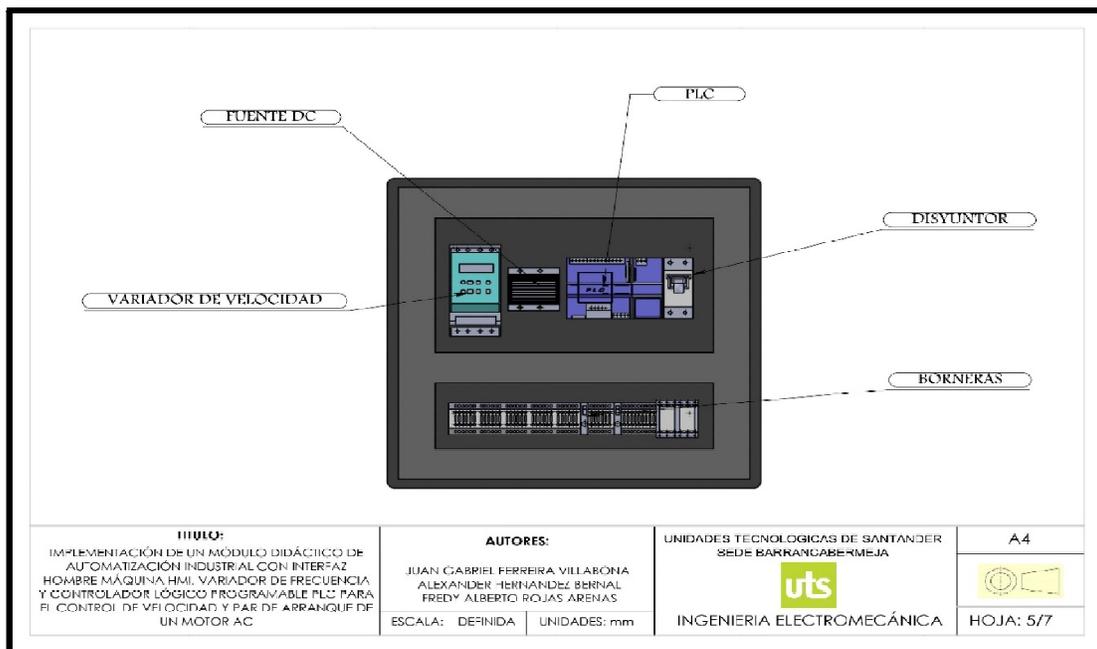
La figura 6 representa la lámina utilizada como base para la fijación de los elementos de control y accesorios eléctricos del módulo. De igual forma se observa las dimensiones de la pieza caracterizada por 0.51 m de largo, 0.53 m de ancho y un alto de 0,8 m.

Figura 7. Dimensiones del soporte base de equipos



Fuente: Autor

Figura 8. Identificación de equipos de control

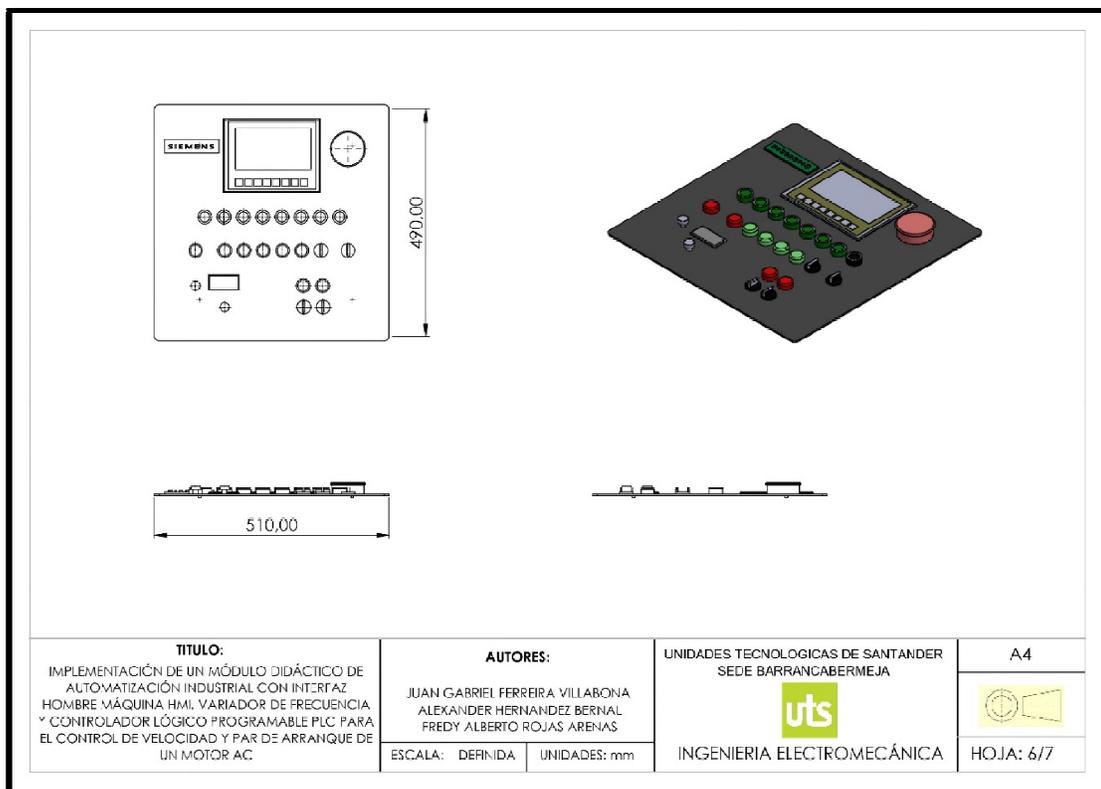


Fuente: Autor

Se puede observar en la imagen 7 las dimensiones del soporte para la base de equipos de automatización que son necesarias para el manejo de procesos industriales y el correcto funcionamiento.

También en la Figura 8, se identifican los elementos que conforma el equipo de control que son el PLC, Disyuntor, borneras, variador de velocidad etc.

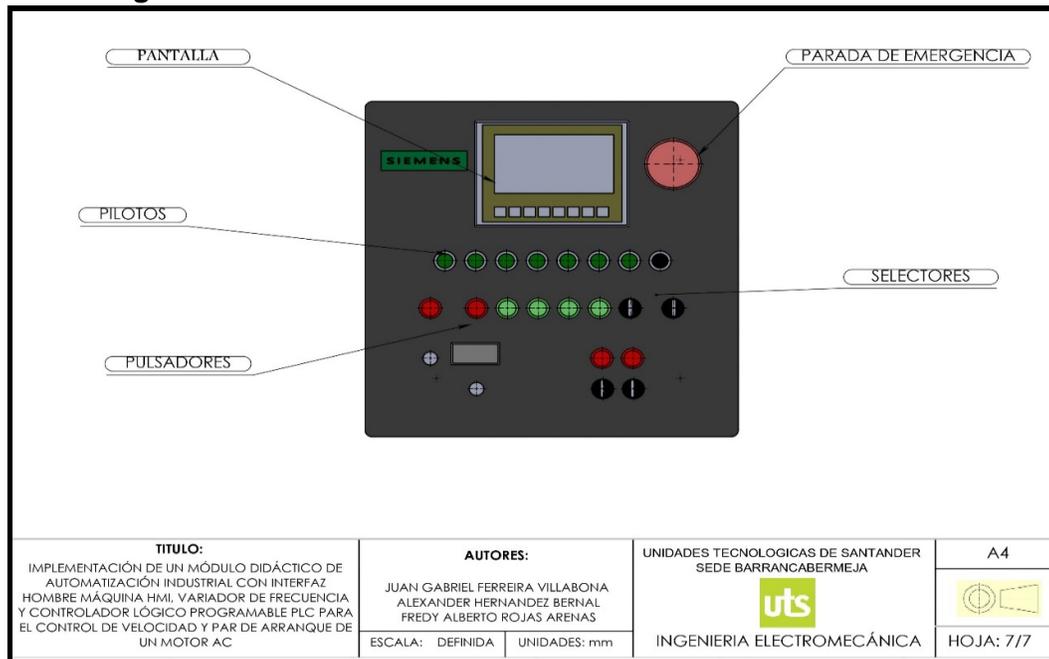
**Figura 9.** Dimensión del tablero de control



Fuente: Autor

La Figura 9 ilustra las dimensiones del tablero de control caracterizadas con un ancho de 0.51 m y un largo de 0.49 m.

**Figura 10.** Distribución de los elementos del tablero de control



Fuente: Autor

La Figura 10 señala los elementos que conforman el tablero de control del módulo didáctico, que se conforma con 1 parada de emergencia, selectores, pulsadores, pilotos, pantalla HMI etc.

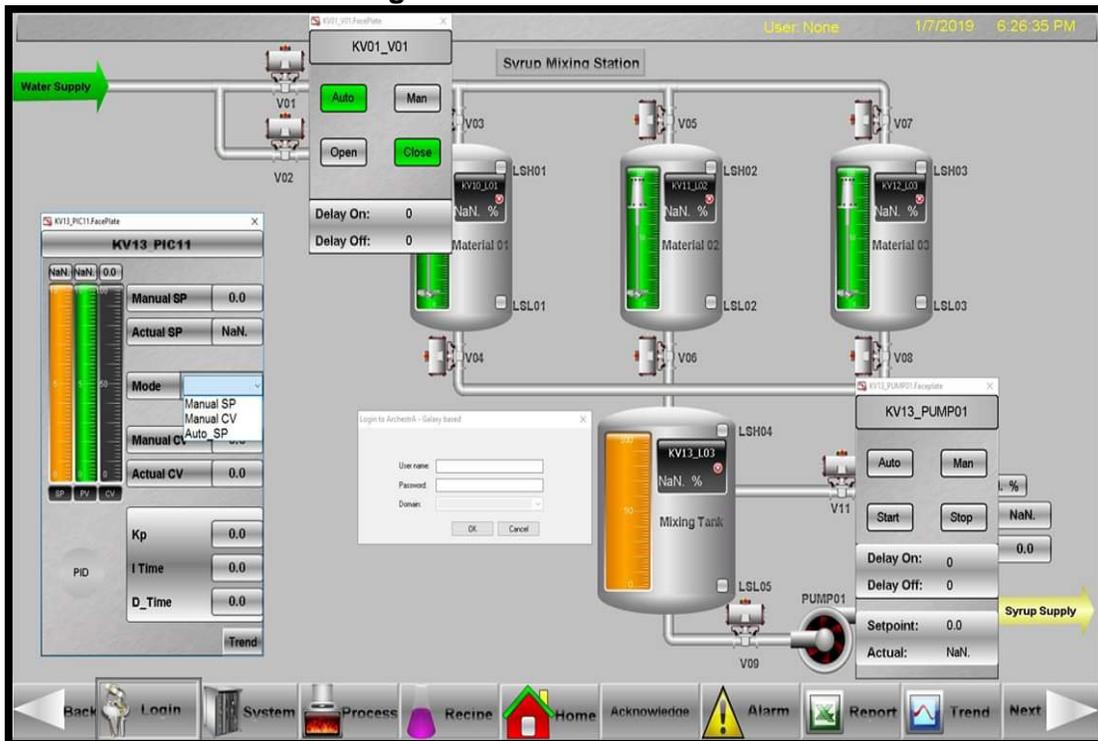
## 4.2. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA SCADA MEDIANTE LA PANTALLA HMI.

### 4.2.1. Sistema de control y adquisición de datos SCADA

El software SCADA(2007) está constituido por dos programas el primero es el de diseño donde se va aplicar todo un entorno visual para el operador, ingeniero tendremos el modo de arranque el cual ejecutará el sistema creado. El software está diseñado para funcionar sobre ordenadores de producción, que permite la comunicación con los dispositivos como son los controladores autónomos, autómatas programables y controla el proceso de forma automática desde la pantalla de un ordenador.

Además, proporciona de toda la información que se genera en el proceso productivo a diversos usuarios: control de calidad, supervisión, mantenimiento, etc.

**Figura11. Simulación scada**



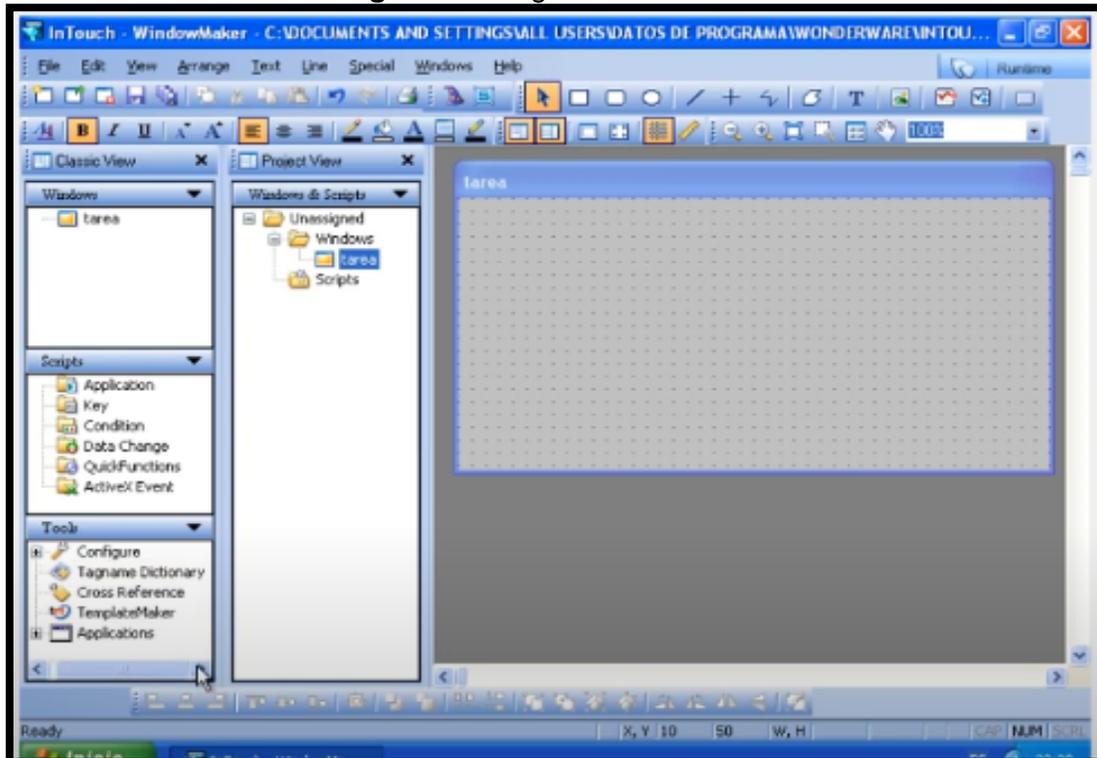
**Fuente:** SCADA. Edición del programa. [sitio web]. Consultado: 2 julio 2020. Disponible en: [www.scadalia.com](http://www.scadalia.com)

El software SCADA contiene una ventana de edición, en el cual se va realizar la programación de todas las ventanas de la aplicación con sus características, y del programa de RUNTIME que hace arrancar la aplicación comunicando con los distintos dispositivos de campo.

En la ventana que aparece de edición, se accederá a todas las opciones de configuración mediante menús desplegables o con los botones de acceso directo. La ventana estará distribuida en varias partes: que son Barra de menús desplegables: que Contiene todos los menús habituales de sistema más algunos específicos de cada fabricante. Contiene la Barrageneral de herramientas, Barras

de iconos de formato, Barra de herramientas de dibujo Zona del explorador de la aplicación, Pantalla de dibujo y animación, Barra de tratamiento de objetos agrupados, Barra de estado(Penin, 2007).

**Figura 12.**Programación scada

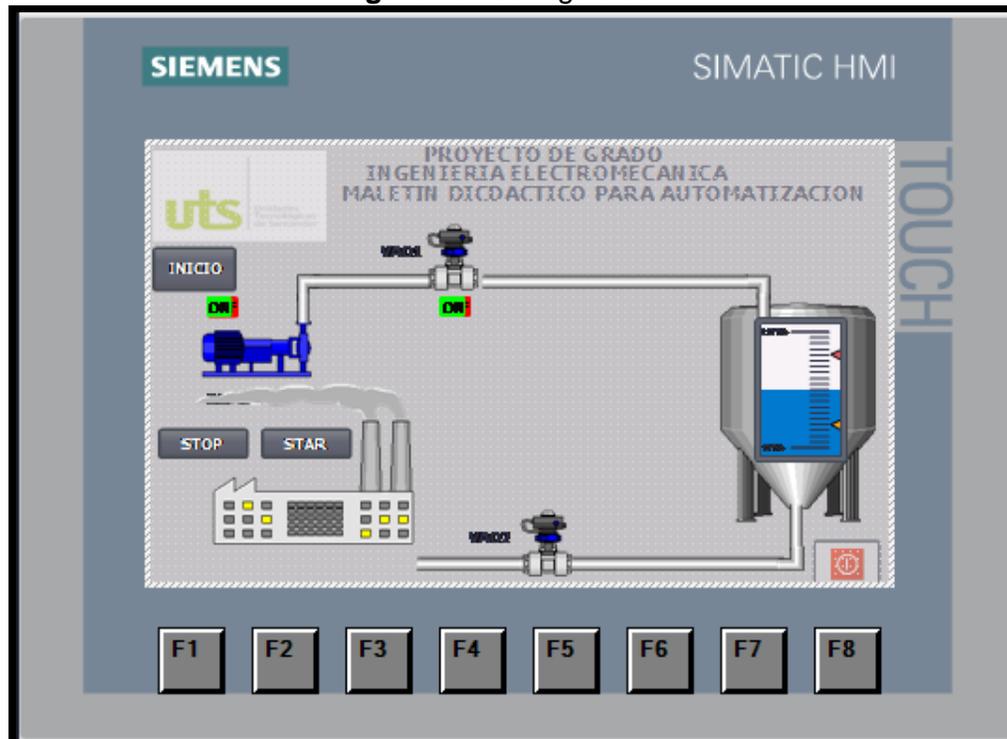


**Fuente:** SCADA. Edición del programa. [sitio web]. Consultado: 2 julio 2020. Disponible en: [www.scadalia.com](http://www.scadalia.com)

Se ilustra en la siguiente figura 12 de scada que en la barra de menú se agrega una herramienta de dibujo, mediante la cual se puede dibujar cualquier tipo de objeto. Estos objetos, con las barras de herramientas, se podrán crear o cambiar el tamaño que se desee también el color y el grosor de las líneas, aplicando los textos deseados que se quiera cambiar. Se podrá agrupar, alinear, colocar delante, etc., y también se puede configurar y dibujar para poder guardarlos para utilizarse más adelante para lo que se desee(Penin, 2007).

También dispone de objetos complejos ya dibujados, tales como botones, diferentes gráficas, alarmas, incluso de la opción de insertar las imágenes de un archivo ya creado. Cuando el objeto se ha dibujado, hay que animarlo. Losscada contienen una serie de objetos de uso más frecuente ya dibujados y editados de forma que simplemente configurando un número mínimo de parámetros se consigue su funcionamiento.

**Figura 13. Configuración**

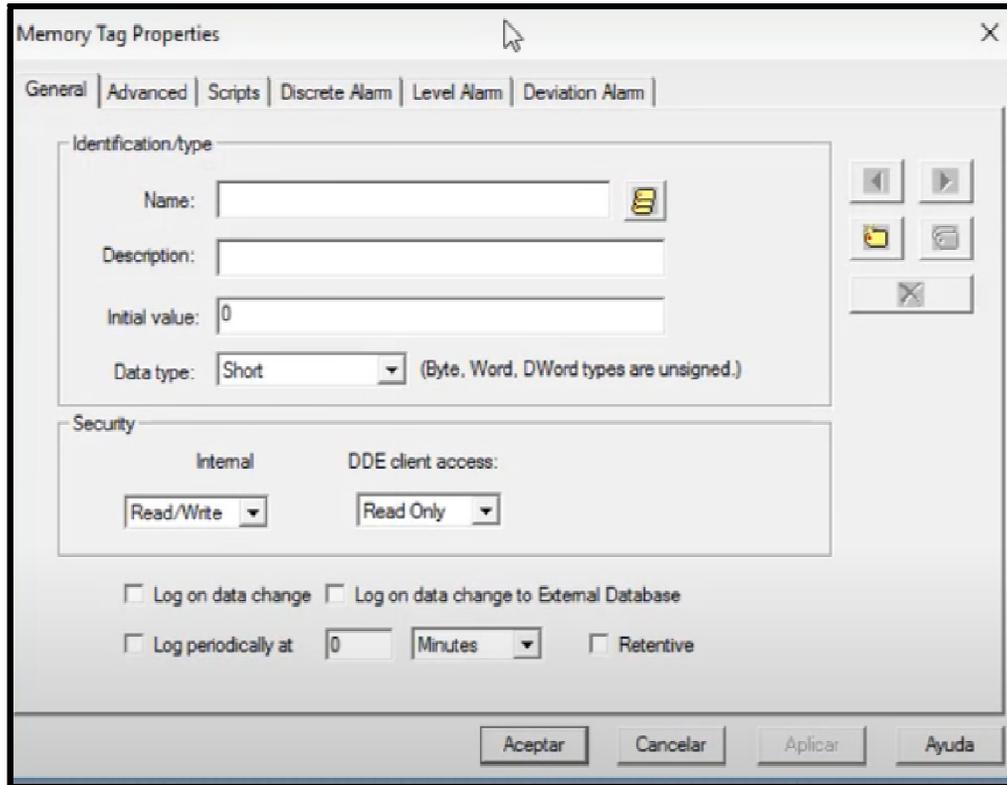


Fuente: Autor

Como se observa en la figura 13 contiene valores actuales de los elementos de dicha base denominados etiquetas. Estas etiquetas aportan una variable que puede ser de muchos tipos: Tanto interna, que es la más utilizada para el software del scada. Y externa, que es la variable que se utiliza como conexión entre el scada y el PLC. grupos de alarmas asociados a gráficos históricos binaria, el estado de la variable es un cero o un uno número entero, número real, alfanumérico, la variable contiene una cadena de texto del propio sistema.

VARIABLES YA CONFIGURADAS Y UTILIZADAS POR EL SISTEMA (POR EJEMPLO, LA FECHA Y LA HORA DEL PC).(Penin, 2007)

**Figura 14.** Valores actuales del software



**Fuente:** SCADA. Edición del programa. [sitio web]. Consultado: 2 julio 2020. Disponible en: [www.scadalia.com](http://www.scadalia.com)

Se evidencia en la Figura 14 los Enlaces de animación donde Hay dos tipos de enlace Contactode Visualización que son los enlaces de contacto que permiten al operario realizar entradas de datos en el sistema. Y los enlaces de visualización, se utilizan para informar al operador del estado de los distintos parámetros del sistema(Penin, 2007).

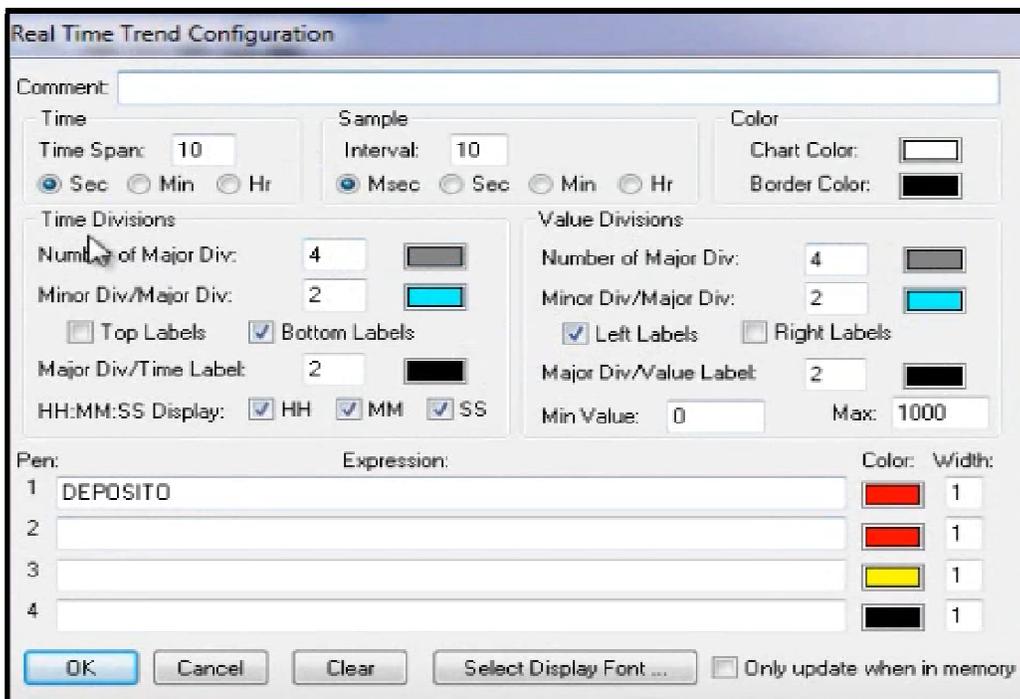
En la Figura 15 se evidencia la ventana para la visualización y caracterización de los parámetros. Una vez realizados los cambios, estos son guardados en un fichero.

**Figura 15.** Parámetros del software



Fuente: SCADA. Edición del programa. [sitio web]. Consultado: 2 julio 2020. Disponible en: [www.scadalia.com](http://www.scadalia.com)

**Figura 16.** Información de las graficas



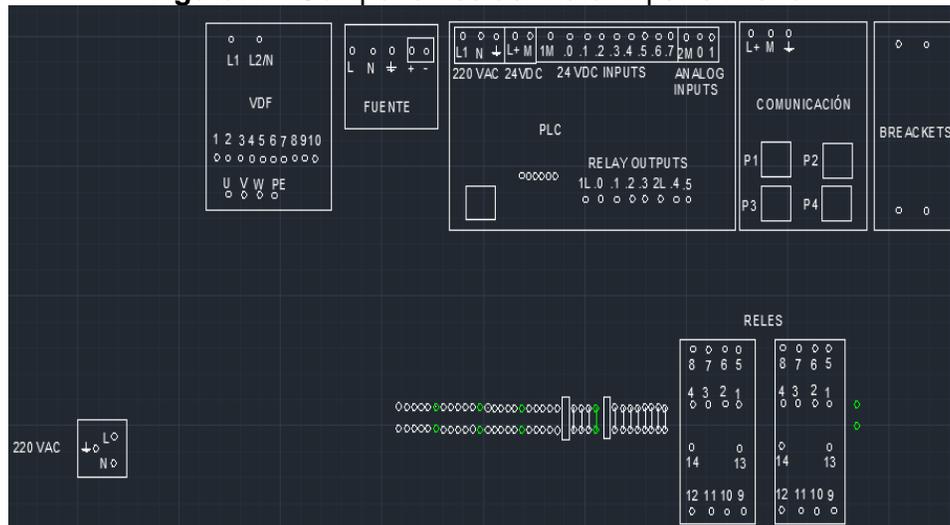
Fuente: SCADA. Edición del programa. [sitio web]. Consultado: 2 julio 2020. Disponible en: [www.scadalia.com](http://www.scadalia.com)

Las gráficas posibilitarán la visión de varias curvas asociadas a puntos) simultáneamente. La ventana generada en la Figura 16 brinda información del valor y de la fecha en cada momento. Para su creación se dispone de herramientas especiales, bien en la caja de herramientas(Penin, 2007).

#### 4.2.2. Circuito eléctrico del módulo didáctico

Se detalla a continuación los componentes que conforman el maletín didáctico para las pruebas de automatización, los diagramas evidenciados fueron realizados mediante la herramienta AutoCAD lo cual es un software de diseño asistido por computadora y que también incluye características específicas de la industria y objetos inteligentes para arquitectura, también Permite automatizar secciones y elevaciones.(Penin, 2007)

**Figura 17. Componentes del maletín parte inferior**



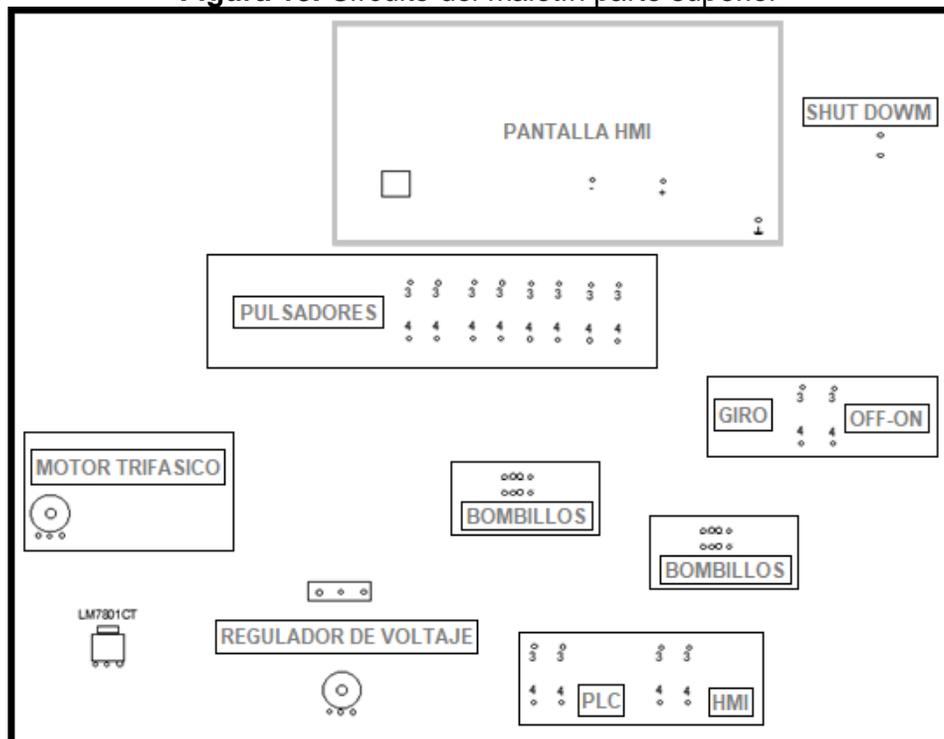
Fuente: Elaboración propia. Software AutoCAD

De acuerdo a la información recopilada por los autores, en la figura 17 se observa el diagrama de puntos de conexión de los componentes presentes en el maletín didáctico de pruebas de automatización, los cuales está compuesto por:

- Entrada 220 VAC.
- Borneras de conexión.
- Relés.
- Variador de frecuencia.
- Fuente.
- PLC marca siemens.
- Switch de comunicación.
- Breackets.

Estos componentes se encuentran en la parte inferior del maletín que es donde se harán la mayor parte de la conexión para su correcto funcionamiento.

**Figura 18.** Circuito del maletín parte superior



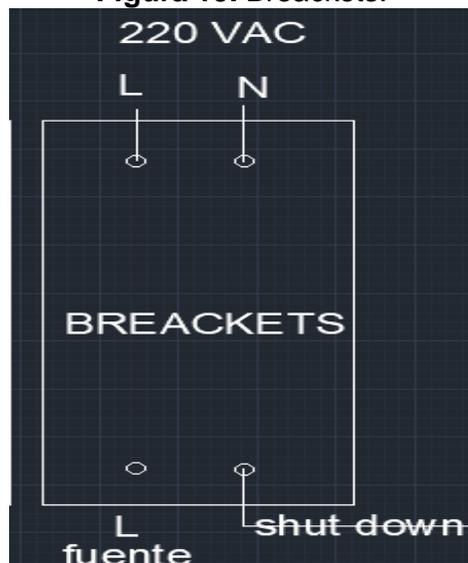
**Fuente:** Elaboración propia. Software AutoCAD

En la figura 18 se visualizalos puntos de conexión de los elementos presentes en el maletín didáctico, compuesto por:

- Regulador de voltaje (0 a 10V).
- Regulador LM7801.
- Pulsadores.
- Potenciómetros.
- Bombillos.
- Pantalla HMI.
- SHUT DOWN.

Estos componentes se encuentran en la parte superior del maletín que es donde se controlara y visualizara el maletín para su funcionamiento.

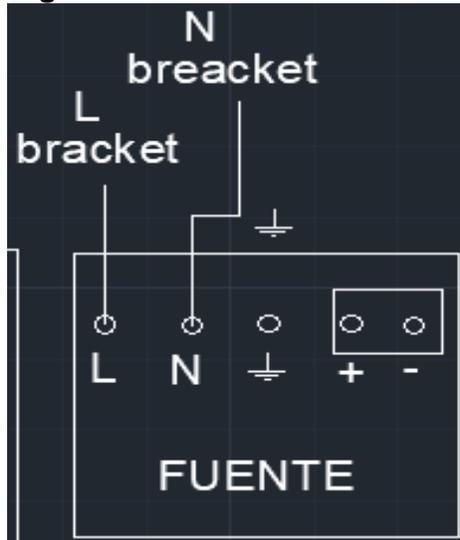
**Figura 19. Breackets.**



Fuente: Elaboración propia. Software AutoCAD

En la figura 19 se visualiza el breackets, el cual es alimentado a 220 VAC, la fase de la entrada de 220 alimenta a la fase de la fuente (L). en el neutro que sale del bracket, llega al shut Down y este pasa a él neutro de la fuente (N).

**Figura 20.** Conexión de la fuente.



Fuente: Elaboración propia. Software AutoCAD

En la figura 20 se visualiza la fuente, en la cual entran de 120 a 240 VAC por el neutro y fase que proviene del bracket. En la salida de la fuente salen 24 VDC, el positivo alimenta al switch de comunicación, y el negativo alimenta a los bombillos que se encuentran encima de el interruptor de del PLC y el HMI.

**Figura 21.** Variador de frecuencia.

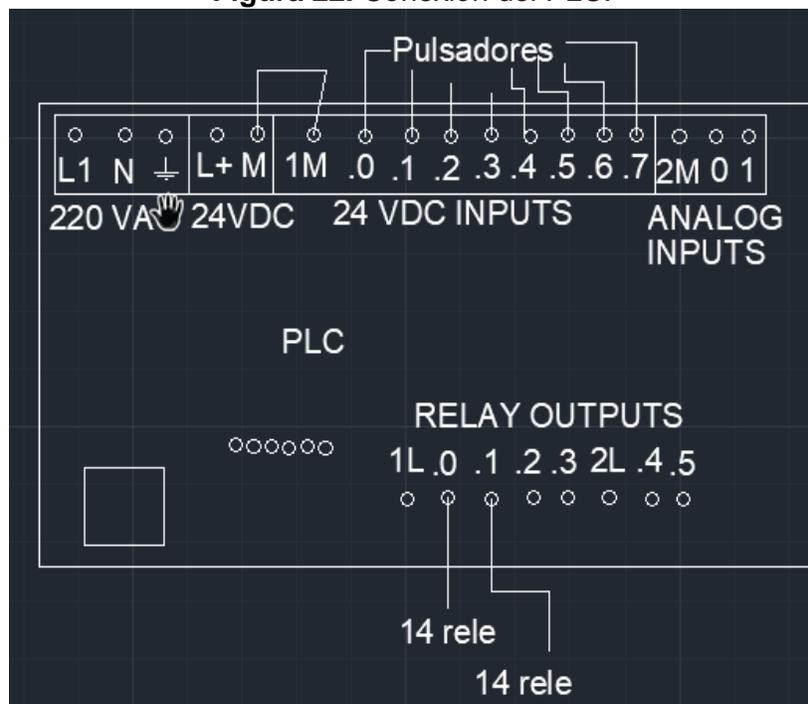


Fuente: Elaboración propia. Software AutoCAD

En la figura 21 se visualiza el variador de frecuencia el cual es alimentado por 220 VAC (L1) por el neutro que proviene del shutdown el cual está conectado desde el breacket. La fase (L2/N) está conectado al pin número 9 del rele. Estos están conectados al neutro (N) de entrada del plc y al pin 1L del RELAY DE SALIDA del plc.

- Los pines U, V y W son para la salida del motor.
- El pin 8, 9 y 10 van conectados al potenciómetro del control de la velocidad del motor.
- Los pines 6, 4 y 10 van conectados al interruptor de selección del inversor de giro y encendido y apagado del motor.

**Figura 22.** Conexión del PLC.



Fuente: Elaboración propia. Software AutoCAD

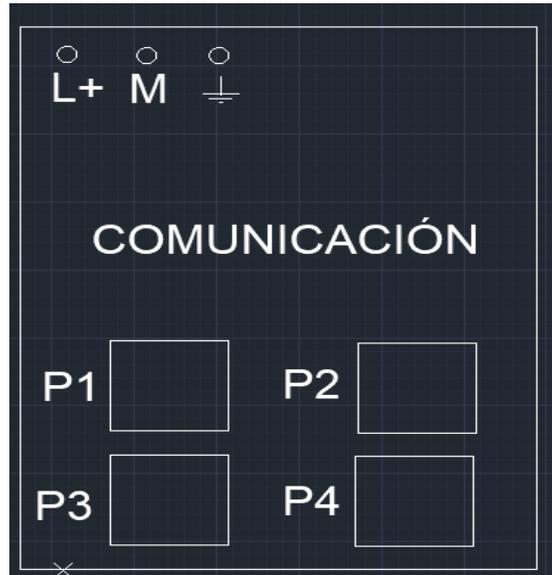
En la figura 22 se evidencia el plc marca siemens el cual el pin L1 está conectado al pin del interruptor del selector del plc, el pin N está conectado el pin de la fuente L2/N del variador de frecuencia y conectado a tierra. En el pin L+ salen 24

VDC que va conectado a los pulsadores, y el pin M alimenta al pin M el cual alimenta a los pulsadores que se encuentran en la parte superior del maletín. El pin 2M recibe las señales del regulador de voltaje y del pin negativo de la fuente y del pin M del switch de comunicación.

Los pines del RELAY OUTPUTS del PLC van conectado de la siguiente manera:

- El pin 1L van conectados al pin (L2/n) del variador de frecuencia, a la fase de la fuente (L), al neutro (N) del PLC, al pin 9 del relé y a la fase que sale del brackets.
- El pin .0 va conectado al pin 14 del relé y alimenta al 4 bombillo que se encuentra en la parte superior del maletín
- El pin .1 va conectado al pin 14 del segundo relé y alimenta al 3 bombillo que se encuentra en la parte superior del maletín.
- El pin .2 va conectado al segundo bombillo que se encuentra en la parte superior del maletín.
- El pin .3 va conectado al primer bombillo que se encuentra en la parte superior del maletín.
- El pin 2L va conectado al pin 6 del variador de frecuencia.
- El pin .4 va conectado al pin 3 del variador de frecuencia.
- El pin .5 va conectado al pin 4 del variador de frecuencia.

**Figura 23.** Conexión del switch de comunicación.

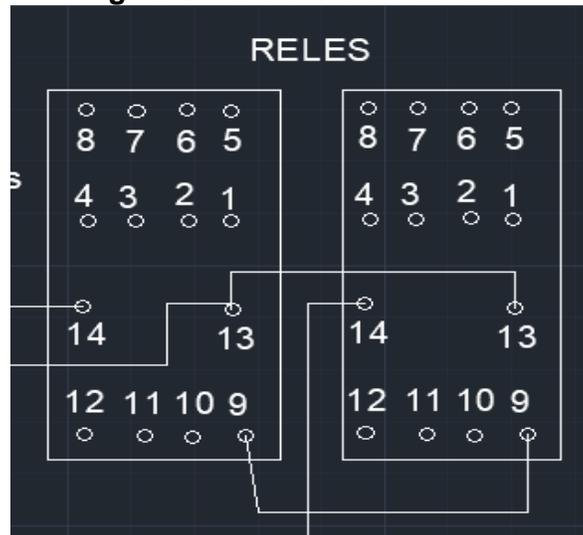


Fuente: Elaboración propia. Software AutoCAD

En la figura 23 se observa el switch de comunicación, el cual está conectado de la siguiente forma:

- El pin L+ es alimentado por el pin + de la fuente, al generador de voltaje, al interruptor de encendido del HMI y a la entrada el regulador LM7801.
- El pin M va conectado el negativo del HMI, al pin - de la fuente, a la tercera pata del potenciómetro, al pin 2M de la parte superior del PLC y alimenta a los bombillos que se encuentran encima de los interruptores de encendido del PLC y el HMI.
- El pin P1 está conectado al pin LAN del PLC.
- El pin P2 está conectado al pin LAN del HMI.

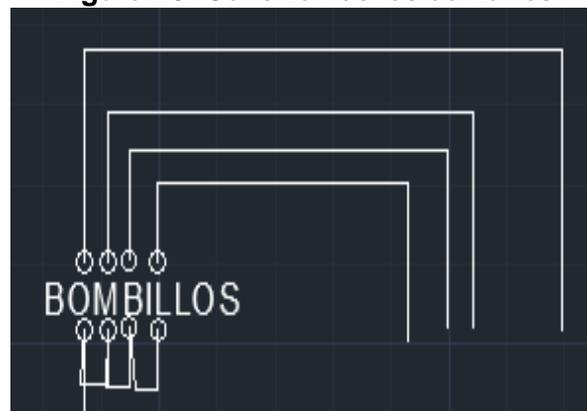
**Figura 24. Conexión de los relés**



Fuente: Elaboración propia. Software AutoCAD

En la figura 24 se observa los relés que se encuentran en el maletín, estos se encuentran en la parte inferior. Están conectados de la siguiente manera: Los pines 13 y 9 están puenteados

**Figura 25. Conexión de los bombillos**



Fuente: Elaboración propia. Software AutoCAD

En la figura 25 se visualizan los bombillos que se encuentran al lado de los interruptores para el encendido-apago del motor y el inversor de giro. Los cuales están conectados de la siguiente forma: La parte de debajo de los bombillos por están conectados en serie, el cual los alimenta el pin N de la fuente y los pines del PLC RELAY OUTPUTS (.0, .1, .2 y .3 respectivamente).

**Figura 26.** conexión de los pulsadores

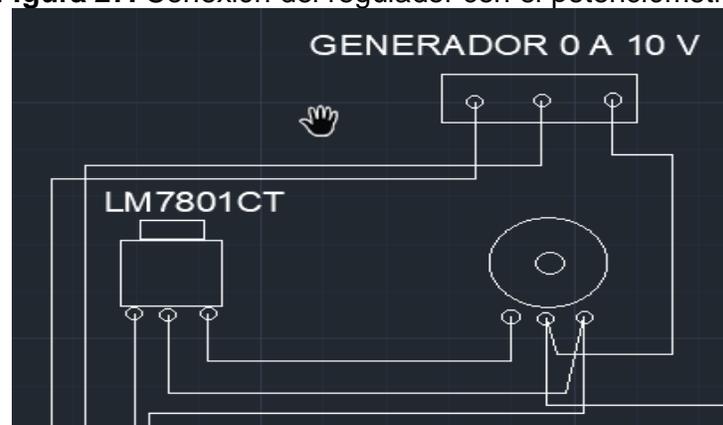


Fuente: Elaboración propia. Software AutoCAD

En la figura 26 se observa los pulsadores que están conectados en serie, estos pulsadores envían señales a la parte superior del PLC, los cuales están conectados de la siguiente manera:

- El primer bombillo va conectado al pin .7 del PLC, el segundo bombillo va conectado al pin .6 y así sucesivamente.
- Estos bombillos todos están conectados al pin L+ del PLC.

**Figura 27.** Conexión del regulador con el potenciómetro.

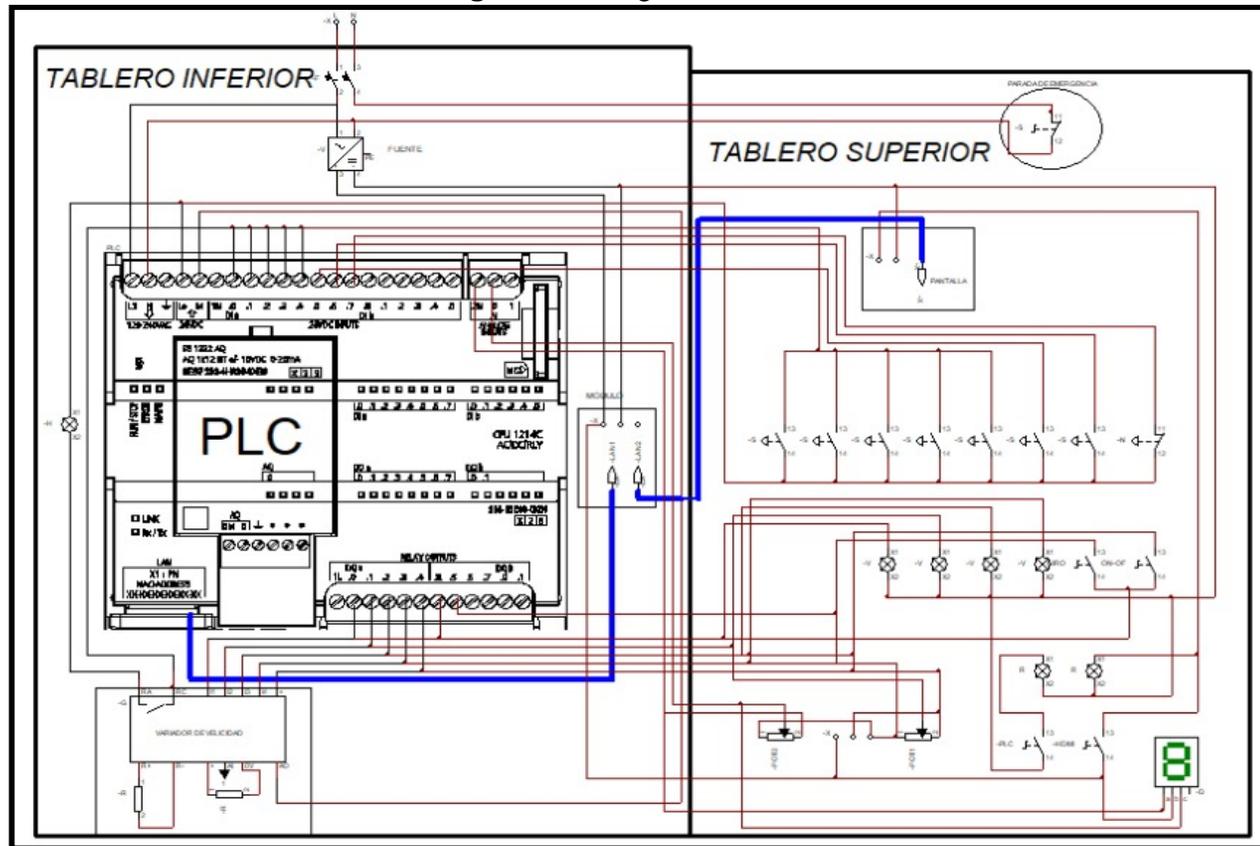


Fuente: Elaboración propia. Software AutoCAD

En la figura 27 se observa la conexión del regulador LM7801CT con el potenciómetro y la pantalla LCD del maletín, el cual visualiza los voltajes que se requieren.

### 4.2.3. Diagrama eléctrico tablero superior e inferior

Figura 28. Diagrama eléctrico



Fuente: Autor

La Figura 28 representa el diagrama eléctrico de las conexiones entre el tablero superior e inferior del módulo. Se identifica la simbología y líneas que interconectan el sistema de mando y control conformado por pilotos, bombillos, pantalla HMI, variador de velocidad, fuente y parada de emergencia.

**Figura29.** Búsqueda de componentes



**Fuente:** Autor

En la figura 29 se observa los materiales que se van a utilizar para hacer el maletín de automatización industrial en lo cual se hace uso de un variador de frecuencia, que brinde la opción de seleccionar los datos señalados por el equipo y permita modificar e ingresar diversos valores acordes a las características establecidas en la placa del motor, como lo es la tensión, frecuencia, corriente y variar la velocidad rotacional de operación del equipo.

**Figura 30.**Distribución de componentes



Fuente: Autor

La estructura interna del módulo está conformada por el PLC, fuente dc, pantalla HMI, motor eléctrico, borneras entre otros como se identifica en la Figura 30.

**Figura 31.**Instalación de pulsadores en panel frontal



Fuente: Autor

En la figura 31 se visualiza la distribución que tendrán los pilotos, pulsadores, perillas y paradas de emergencia para el control y mandos de accionamiento en el modulo

### 4.2.3. Conexión de circuito eléctrico comando y control del modulo

Con base al circuito eléctrico evidenciado en la Figura 28, se procede a la conexión de los elementos que lo conforman, como se observa a continuación donde se ejecuta el proceso de distribución, acople y empalme del cableado.

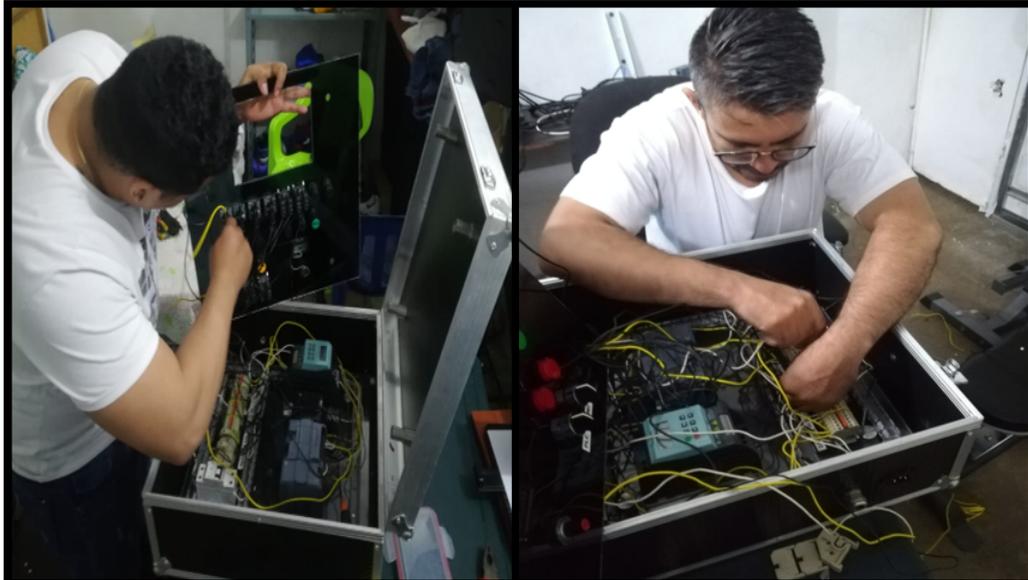
**Figura 32.**Conexionado de panel frontal



**Fuente:** Autor

En la Figura 32 se observa cómo se interconectan los cables para la conexión del panel frontal lo cual está compuesto por pulsadores e indicadores que tendrá el maletín conexionando parte de control se utilizó materiales como el cautín utilizando la punta se calienta, lo que la mantiene a una temperatura constante, para fijar la conexión del cableado en los puntos definidos mediante el plano de distribución eléctrica.

**Figura 33.** Conexionando panel frontal



**Fuente:** Autor

En la figura 33 se evidencia la instalación del panel frontal en el maletín, esto se realiza después de la montura y conexión de los cables y ajustes de los componentes que lleva el maletín.

**Figura 34.** Módulo de automatización terminado



**Fuente:** Autor

En la figura 34 se ilustra el maletín en funcionamiento y cumpliendo con los objetivos expuestos por los autores del mismo. De igual forma el módulo tiene un peso de 13.3 kg esto permite caracterizar al equipo como un elemento de fácil desplazamiento.

### **4.3. GUÍAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO DEL MÓDULO DE AUTOMATIZACIÓN**

El desarrollo del módulo didáctico se llevó a cabo en dos partes: El hardware y los componentes físicos. y las guías metodológicas de laboratorio presentadas a continuación. Se inició con una especificación de las temáticas vistas en el proceso formativo como ingenieros electromecánicos las cuales requerían el apoyo pedagógico practico a partir de estos temas se procedió a la selección e implementación de los circuitos, así como de la interfaz que permitiera un fácil acceso y medición de variables del circuito.

Con el propósito de dar cumplimiento al enfoque principal del proyecto investigación, el cual consiste en la implementación de un módulo didáctico de automatización con el fin de mejorar las habilidades y destrezas en programación de aplicaciones orientadas al control de velocidad y par de arranque de un motor AC para los estudiantes de ingeniería electromecánica de las Unidades Tecnológicas de Santander sede Barrancabermeja, se expone a continuación la elaboración de un manual el cual fue desarrollo a partir de unas serie de prácticas a través de equipos e interconexiones, que permitieron concluir que el módulo está conformado con una serie de características para la ejecución de actividades teórico-prácticas orientadas en áreas de estudio como la automatización industrial, instrumentación industrial, mantenimiento, entre otros.

Las guías evidenciadas a partir del Anexo J - N abarcan una serie de actividades encaminadas no solo a la orientación del proceso para la manipulación de los equipos, sino que además brinda cinco practicas basadas en temáticas como:

- Parametrización y programación vdf marca sinamics G110 para el arranque y puesta en servicio desde el panel BOP
- Ajustes de rampas de aceleración y desaceleración
- Determinar los diferentes tipos de arranques que tiene un variador de velocidad
- Funcionamiento de temporizadores programados en un PLC.
- Arranque de un motor eléctrico por medio de pulsadores, VDF Y PLC.

#### **4.4. INFORME EJECUTIVO CON LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN CON FINES DE CONSULTORÍA**

Se realiza un informe ejecutivo con los resultados de la investigación, en la cual se generan conclusiones que pueden mejorar la productividad de la empresa COPOWER LIMITADA ya que el módulo didáctico de Automatización Industrial es una herramienta que busca crear un controlador lógico programable, que ejecute funciones como tiempo, conteo, almacenamiento de memoria, lógica de relé y cálculo aritmético, en donde se incluya PLC para el control procesos complejos.

La implementación del módulo didáctico de automatización portátil, para entrenamiento en áreas de formación relacionadas con la automatización de procesos, instrumentación industrial y sistemas de control automático generara una aumento en la producción ya que se tendrá todo el procedimiento controlado donde se reducirá los riesgo y los tiempos de demora para realizar los diferentes procesos, se puede evidenciar en el Anexo T el documento llamado informe

deconsultoría donde se aprecia la implementación del módulo de automatización dotado de PLC, Variador de Velocidad y pantalla HMI con versatilidad portable y un manual de prácticas de laboratorio del módulo relacionadas con el control de nivel, arranque de motores.

**4.4.1 Especificaciones, características, peso y precios de componentes.** Se realiza una tabla para la especificación de datos donde se ilustra cada componente mecánico e instrumento de medición y control, que se requiere para la construcción del módulo de pruebas.

**Tabla 4.** Precios de componentes

N°	Artículo	Unidad	Cant.	Precio unidad	Precio parcial
1	Motor eléctrico trifásico	Unidad	1	\$ 300.000	\$ 300.000
2	Pantalla HMI	Unidad	1	\$ 1.500.000	\$ 1.500.000
3	PLC S7-1200	Unidad	1	\$ 1.200.000	\$ 1.200.000
4	Variador de velocidad	Unidad	1	\$ 600.000	\$ 600.000
5	Disyuntor	Unidad	1	\$ 50.000	\$ 50.000
6	Fuente DC	Unidad	1	\$ 150.000	\$ 150.000
7	Borneras	Unidad	35	\$ 800	\$ 28.000
8	Pilotos	Unidad	10	\$ 10.000	\$ 100.000
9	Pulsadores	Unidad	4	\$ 11.000	\$ 44.000
10	Parada de emergencia	Unidad	1	\$ 48.000	\$ 48.000
11	Selectores	Unidad	4	\$ 20.000	\$ 80.000
12	Maletín	Unidad	1	\$ 250.000	\$ 250.000
<b>PRECIO TOTAL</b>					<b>\$ 4.350.000</b>

Fuente: Autor

De acuerdo a las cotizaciones realizadas se establece en la Tabla 4 los precios seleccionados de acuerdo a lo presupuestado indicando así el valor total requerido de inversión.

## Retorno de la inversión o ROI.

“El ROI es una herramienta financiera que permite ilustrar la metodología empleada para medir el impacto y el retorno de la inversión”(Barbosa, 2016). Es decir, expresa en porcentajes la eficacia de la empresa, al momento de utilizar sus activos. Empleando la siguiente fórmula matemática:

$$ROI = \frac{\textit{Utilidad neta de la actividad}}{\textit{Inversiones realizadas o costos}}$$

Estos modelos pueden lograr medir los impactos de todo tipo de programas en una empresa, como los programas focalizados en inversiones que no son de capital, sino que tienen correlación a las áreas de recursos humanos, desarrollo organizacional, entrenamiento, implementaciones tecnológicas, entre otras, que permite analizar los beneficios en comparación a los costos involucrados, caracterizado por desarrollar un enfoque más cuantitativos, centrado en medir el impacto económico que puede generar una capacitación en una empresa(Barbosa, 2016).

%ROI

$$ROI(\%) = \frac{\textit{Beneficios netos del programa}}{\textit{Costos del Programa}} * 100$$

Este instrumento enfoca sus resultados para lograr ajustar las medidas y estrategias del negocio con los objetivos planteados, asimismo, mejorar la rentabilidad de los usuarios y los presupuestos corporativos de una organización.

“La ventaja de estos modelos al adaptar formulas del retorno de la inversión de la capacitación, logra objetivar el trabajo realizado en elementos cualitativos de análisis, que evidenciaran la efectividad de la capacitación de acuerdo a los objetivos monetarios”(Barbosa, 2016).

**Tabla 5.** Precio total con AIU

ACTIVIDAD	PRECIO
TOTAL PARCIAL (Materiales)	\$ 4.350.000
A (administración) 13%	\$ 565.500
I (imprevistos) 8%	\$ 348.000
U (Utilidad) 5%	\$ 217.500
<b>PRECIO TOTAL</b>	<b>\$ 5.481.000</b>

Fuente: Autor

En el siguiente enunciado, se realiza una comparación al resultado de la ecuación ROI, para determinar el objetivo de la ventaja que se obtiene en la construcción del módulo. Para determinar estos, se tienen las siguientes características:

**Tabla 6.** Características de los precios de los materiales y mano de obra en la construcción del modulo

N°	DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO	PRECIO TOTAL
1	Precio total materiales (costos)	\$ 5.481.000
2	Precio total mano de obra construcción (gastos)	\$ 2.100.000
<b>TOTAL, NETO</b>		<b>\$ 7.581.000</b>

Fuente: Autor

En la Tabla 6, se obtiene el total neto de materiales y mano de obra. Posterior a estas cantidades, se toma la siguiente ecuación:

$$ROI = \frac{\text{Utilidad neta de la actividad}}{\text{Inversiones realizadas o costos}} \times 100$$

Utilidad del 5% = \$ 217.500

Costos = \$ 5.481.000

$$ROI = \frac{\$ 217.500}{\$ 5.481.000} \times 100 = 3.96 \%$$

El retorno de inversión a la construcción del módulo, genera la cifra del 3.96 % en su actividad. Dando énfasis de un porcentaje benéfico a los autores del proyecto de investigación.

## 5. RESULTADOS

Durante el desarrollo del proyecto se logró obtener los siguientes resultados:

- Un módulo o maletín didáctico de automatización industrial con interfaz HMI, interfaz hombre máquina, variador de frecuencia y PLC, controlador lógico programable para el control de velocidad y par de arranque de un motor AC con su respectivo manual de prácticadonde se tuvieron en cuenta estos materiales.

Se identificaron los accesorios y elementos seleccionados para la estructuración del módulo. Así mismo se realiza una descripción de los parámetros de funcionamiento mediante fichas técnicas.

**Tabla 7.**Elementos que conforman el módulo didáctico

ITEMS	DESCRIPCIÓN
1	PLC
2	Pantalla HMI
3	Variador de velocidad
4	Maletín
5	Disyuntor
6	Borneras
7	selectores
8	Pilotos
9	Pulsadores
10	Parada de emergencia
11	Fuente DC

**Fuente:** Autor

- **Controlador lógico programable PLC**

La S7-1200 ofrece diversos módulos y placas de conexión para ampliar las capacidades de la CPU con E/S adicionales y otros protocolos de comunicación.

La CPU soporta una placa de ampliación tipo plug-in:

- C. Una placa de comunicación (CB) permite agregar un puerto de comunicación adicional a la CPU.
- D. Una placa de batería (BB) ofrece respaldo a largo plazo del reloj en tiempo real (Arango & Salazar, 2017).

**Tabla 8.** Características del PLC S7-1200

Item	Especificaciones	
1	Temperatura de funcionamiento mínimo	-20 °C
2	Temperatura de funcionamiento	60 °C
3	Categoría de tensión:	20,4-28,08 V dc (24 v dc nominal) u85-264 V AC (115 O 230V AC nominal)
4	Tipo de entrada:	Analógico, digital
5	Tipo de salida:	Relé o transistor
6	Tipo de red:	Ethernet
7	Tipo de puerto de comunicación:	Thernet,Profinet,UDP
8	Interfaz de programación:	Profinet
9	Entradas/Salidas máximas	14/10
10	Montaje:	Pared/Carril DIN
11	Lenguaje de programación:	FBD, LAD, SCL

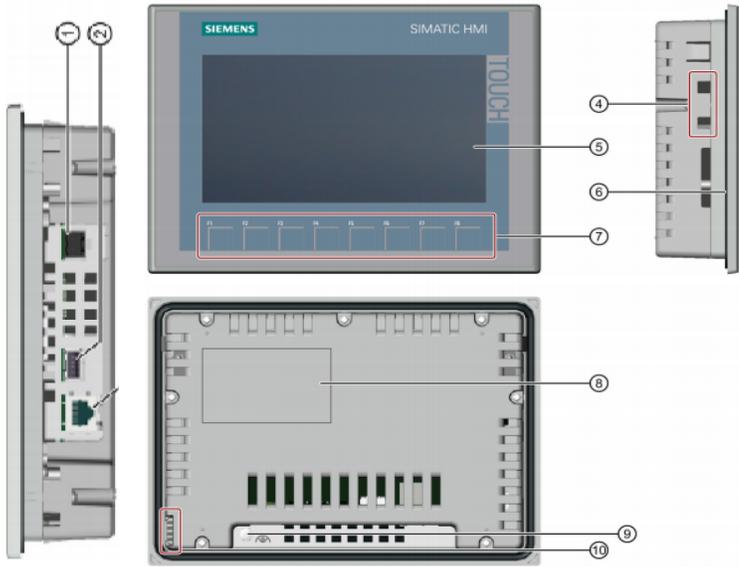
**Fuente:** SIEMENS. Controlador programable S7-1200. SIMATIC,2015.

- **Pantalla SIMATIC HMI**

Ofrece visualización de alta calidad incluso en máquinas e instalaciones de pequeñas dimensiones Con la segunda generación de SIMATIC HMI Basic Panels, Dos de los aspectos decisivos a este respecto son la alta resolución y la

intensidad de 65.500 colores. También la conectividad, para la que puede elegirse una interfaz PROFINET o PROFIBUS más conexión USB(Fernandez, 2019).

**Tabla 9.**Características del HMI

Item	Especificaciones	
	 <p data-bbox="646 1171 1226 1276">           ① Conexión para la fuente de alimentación      ⑥ Junta de montaje            ② Puerto USB      ⑦ Teclas de función            ③ Interfaz PROFINET      ⑧ Placa de características            ④ Escotaduras para tensionador      ⑨ Conexión para tierra funcional            ⑤ Pantalla/pantalla táctil      ⑩ Guía para tiras rotulables         </p>	
1	Conexión de la fuente de alimentación.	24 V DC de suficiente intensidad cables con una sección mínima de 1,5 mm <sup>2</sup> .
2	Puertos USB	puertos USB tipo A para conectar ratón, teclado, memoria lápiz USB, etc
4	Convertidor, adaptador y conector	Convertidor de RS 422 a RS 232
5	Láminas de protección	Lámina de protección de 4" 7" 9"12"
6	Junta de montaje	: ≤ 120 μm (Rz 120)
7	Teclas de función	Pantalla táctil analógica resistiva 4 y 8
8	Paquetes de servicio	Juego de 20 tensionadores, y juego de 10 conectores de red

**Fuente:** SIMATIC. HMI Paneles de operador Basic Panels 2nd Generación

• **Variador de velocidad**

Los convertidores SINAMICS G110 son convertidores de frecuencia para regular la velocidad en motores trifásicos. Los diferentes modelos que se suministran cubren un margen de potencia de 120 W a 3,0 kW en redes monofásicas. Los convertidores están controlados por microprocesador y utilizan tecnología IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) de última generación. El SINAMICS G110 puede utilizarse tanto en aplicaciones donde se encuentre aislado como integrado en sistemas de automatización. (couedic, 1997).

**Tabla 10.** Características del variador de velocidad

Item	Especificaciones	
1	Los convertidores SINAMICS G110	cubren un margen de potencia de 120 W a 3,0 kW en redes monofásicas
2	Temperatura	-10 °C hasta +50 °C
3	Humedad	Humedad relativa d 95 % sin condensación
4	Altitud	Si el convertidor debe instalarse a una altitud > 1000 m o a partir de 2000 m sobre el nivel del mar
5	Choques y Vibraciones	Movimiento de adaptación: 0,075 mm (10 Hz a 58 Hz) $\frac{3}{4}$ Aceleración: 10 m/s <sup>2</sup> (58 Hz a 200 Hz)
7	Contaminación atmosférica	No instalar el convertidor en un entorno que contenga contaminantes atmosféricos tales como polvo, gases corrosivos, etc.
8	Terminación de bus en la variante USS	a variante USS del SINAMICS G110 utiliza protocolo RS485 para la comunicación entre el control y el (los) convertidor(es) en el bus.
9	frecuencia nominal del motor en el parámetro P0100	P0100 = 0 (kW, 50 Hz) ajuste de fábrica $\frac{3}{4}$ P0100 = 1 (hp, 60 Hz) $\frac{3}{4}$ P0100 = 2 (kW, 60 Hz)
10	Reposición al ajuste de fábrica	Ajuste P0010 = 30 2. Ajuste P0970 = 1
11	Ajuste de fábrica: variante analógica	2, borne 9, (AIN, 0...10 V).
12	Entrada analógica (variante analógica)	1, para consigna (0 V a 10 V, escalable o usable como cuarta entrada digital)

13	Tensión de red y márgenes de frecuencia	200 V a 240 V ( $\pm 10\%$ ) 1AC
14	Frecuencia de red	47 a 63 Hz

Fuente: SIEMENS. Sinamics G110

- **Maletas de aluminio**

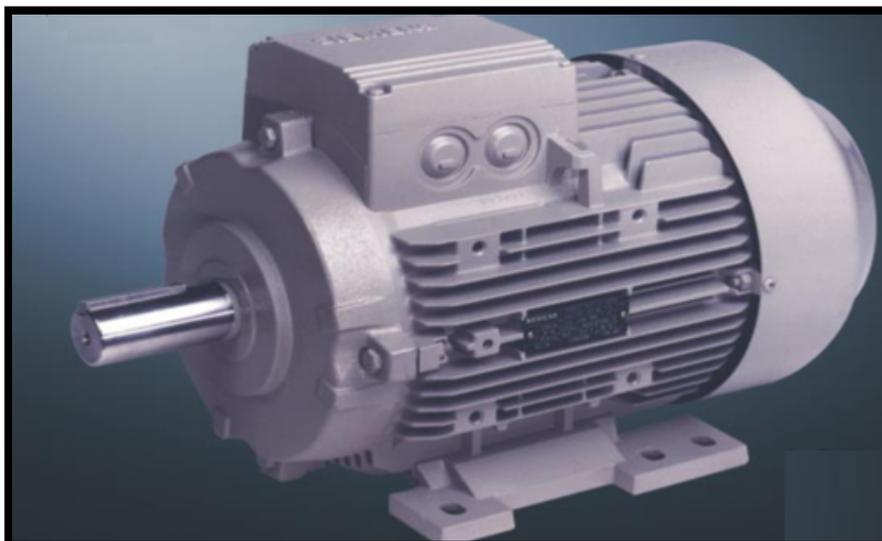
Las maletas de aluminio son ideales para el transporte de su equipo de trabajo. Son fabricadas en aluminio, su ligereza facilita el transporte sus dimensiones permiten alojar equipos y herramientas de gran longitud como niveles, arco de sierra. Incluye dos separadores, uno fijado a la maleta y el otro independiente con posibilidad de fijación para un perfecto orden de las herramientas sus medidas son 0,51 m de largo 0,53 m de ancho y 0,15 m alto.

Figura 35. Maletas de aluminio



Fuente: EGA MASTER ART INNOVATION. Maletas de aluminio.

- **Motor eléctrico trifásico marca SIEMENS**



Fuente: Siemens. Motor eléctrico.

El módulo didáctico requiere de un motor eléctrico trifásico en corriente alterna marca SIEMENS con el fin de realizar prácticas de arranque y cambios de sentido de giro mediante el panel BOP, la ficha técnica del equipo se evidencia del anexo 1 al 6.

- **Disyuntor**

Figura 36. Disyuntor

CARACTERÍSTICAS		
1	Tipo de voltaje	AC/DC
2	Corriente	16 A
3	Voltaje	400 V
4	Numero de polos	2

Fuente: Siemens. Disyuntor

F-DC-125

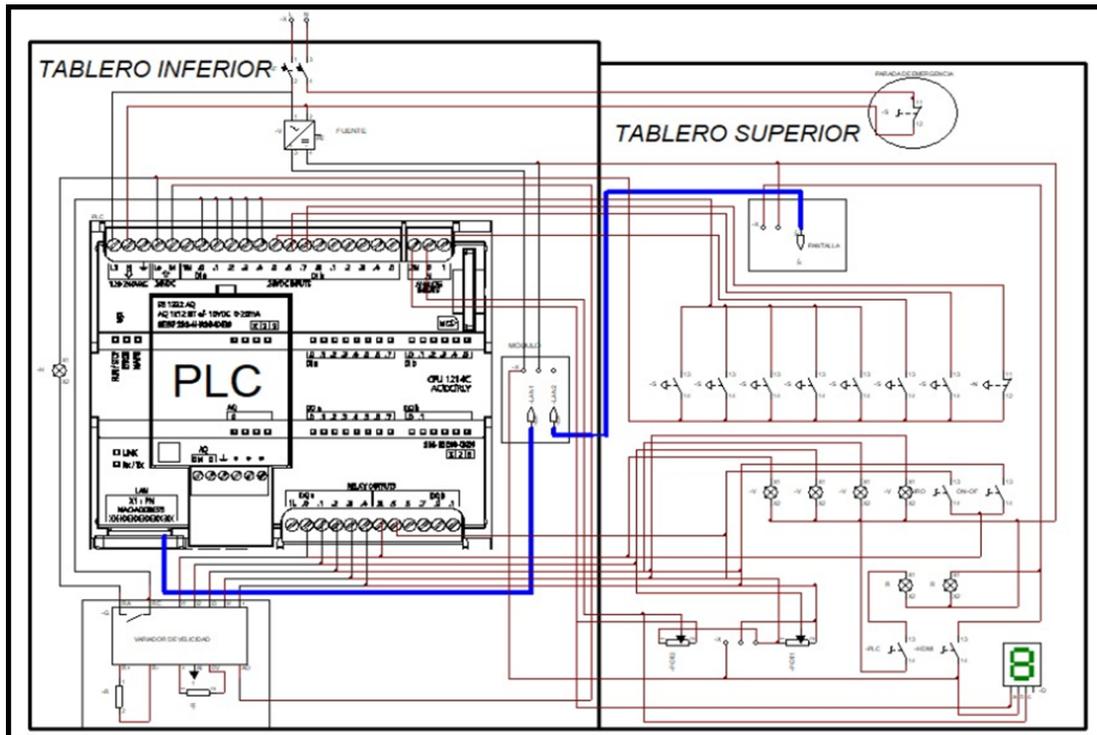
Diseño e Implementación de un módulo didáctico de automatización industrial con Interfaz Hombre Máquina HMI, Variador de Frecuencia y Controlador Lógico Programable PLC para el control de velocidad y par de arranque de un motor AC

VERSIÓN: 01

Este dispositivo actúa como una protección ante sobrecargas por errores sufridos en el circuito eléctrico del módulo didáctico. Los parámetros técnicos del disyuntor instalado en el sistema.

## 5.1. DIAGRAMA ELÉCTRICO TABLERO SUPERIOR E INFERIOR

Figura 37. Diagrama eléctrico



Fuente: Autor

La Figura 37 representa el diagrama eléctrico de las conexiones entre el tablero superior e inferior del módulo. Se identifica la simbología y líneas que interconectan el sistema de mando y control conformado por pilotos, bombillos, pantalla HMI, variador de velocidad, fuente y parada de emergencia.

**Figura 38.** Búsqueda de componentes



**Fuente:** Autor

En la figura 38 se observa los materiales que se van a utilizar para hacer el maletín de automatización industrial en lo cual se hace uso de un variador de frecuencia, que brinde la opción de seleccionar los datos señalados por el equipo y permita modificar e ingresar diversos valores acordes a las características establecidas en la placa del motor, como lo es la tensión, frecuencia, corriente y variar la velocidad rotacional de operación del equipo.

**Figura 39.** Distribución de componentes



**Fuente:** Autor

## 5.2. CONEXIÓN DE CIRCUITO ELECTRICO MANDO Y CONTROL DEL MODULO

Con base al circuito eléctrico evidenciado en la Figura 39, se procede a la conexión de los elementos que lo conforman, como se observa a continuación donde se ejecuta el proceso de distribución, acople y empalme del cableado.

**Figura 40.** Conexionado de panel frontal



**Fuente:** Autor

En la Figura 40 se observa cómo se interconectan los cables para la conexión del panel frontal lo cual está compuesto por pulsadores e indicadores que tendrá el maletín conexionando parte de control se utilizó materiales como el cautín utilizando la punta se calienta, lo que la mantiene a una temperatura constante, para fijar la conexión del cableado en los puntos definidos mediante el plano de distribución eléctrica.

**Figura 41.** Conexionando panel frontal



Fuente: Autor

En la figura 41 se evidencia la instalación del panel frontal en el maletín, esto se realiza después de la montura y conexión de los cables y ajustes de los componentes que lleva el maletín.

**Figura 42.** Módulo de automatización terminado



Fuente: Autor

En la figura 42 se ilustra el maletín en funcionamiento y cumpliendo con los objetivos expuestos por los autores del mismo. De igual forma el módulo tiene un

peso de 13.3 kg esto permite caracterizar al equipo como un elemento de fácil desplazamiento.

### **5.3. OPERACIÓN Y CONTROL DEL EQUIPO**

El desarrollo del módulo didáctico se llevó a cabo en dos partes: El hardware y los componentes físicos. y las guías metodológicas de laboratorio presentadas a continuación. Se inició con una especificación de las temáticas vistas en el proceso formativo como ingenieros electromecánicos las cuales requerían el apoyo pedagógico practico a partir de estos temas se procedió a la selección e implementación de los circuitos, así como de la interfaz que permitiera un fácil acceso y medición de variables del circuito.

Con el propósito de dar cumplimiento al enfoque principal del proyecto investigación, el cual consiste en la implementación de un módulo didáctico de automatización con el fin de mejorar las habilidades y destrezas en programación de aplicaciones orientadas al control de velocidad y par de arranque de un motor AC para los estudiantes de ingeniería electromecánica de las Unidades Tecnológicas de Santander sede Barrancabermeja, se expone a continuación la elaboración de un manual el cual fue desarrollo a partir de unas serie de prácticas a través de equipos e interconexiones, que permitieron concluir que el módulo está conformado con una serie de características para la ejecución de actividades teórico-prácticas orientadas en áreas de estudio como la automatización industrial, instrumentación industrial, mantenimiento, entre otros.

Las guías evidenciadas a partir del Anexo J - N abarcan una serie de actividades encaminadas no solo a la orientación del proceso para la manipulación de los equipos, sino que además brinda cinco practicas basadas en temáticas como:

F-DC-125

Diseño e Implementación de un módulo didáctico de automatización industrial con Interfaz Hombre Máquina HMI, Variador de Frecuencia y Controlador Lógico Programable PLC para el control de velocidad y par de arranque de un motor AC

VERSIÓN: 01

1. Parametrización y programación vdf marca sinamics G110 para el arranque y puesta en servicio desde el panel BOP
2. Ajustes de rampas de aceleración y desaceleración
3. Determinar los diferentes tipos de arranques que tiene un variador de velocidad
4. Funcionamiento de temporizadores programados en un PLC.
5. Arranque de un motor eléctrico por medio de pulsadores, VDF Y PLC.

- Un manual de prácticas en donde se especificó el paso a paso para el uso del maletín o módulo de automatización.
- Un prototipo modular que podrá ser utilizado por los estudiantes del programa Ingeniería Electromecánica de las UTS y permitirá una mejor interacción entre docente/estudiante en el desarrollo de las clases de las asignaturas relacionadas con la automatización de procesos.

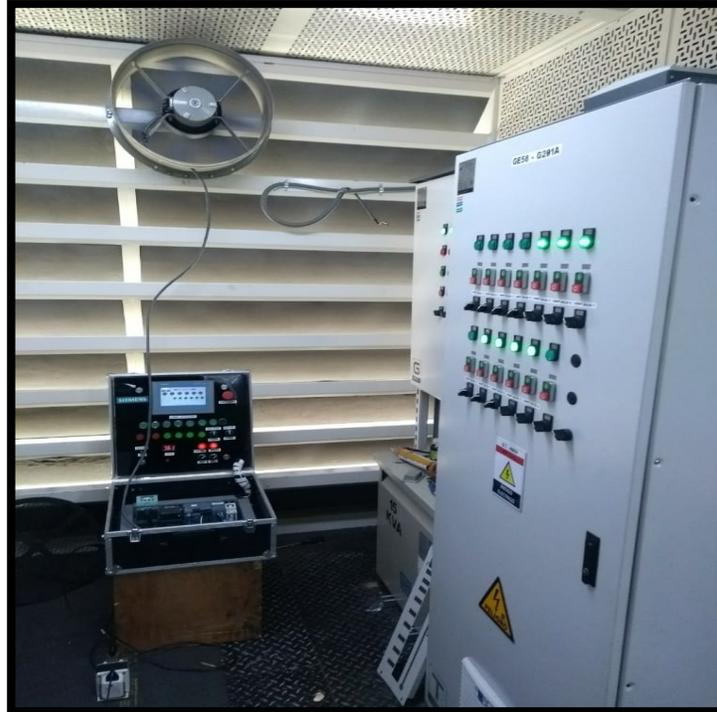
**Figura 43.** Prototipo Modular



**Fuente:** Autor

- Se realizó una consultoría que vincula la institución al sector empresarial de la ciudad de Barrancabermeja, para ello se mostrará mediante un documento ejecutivo, los resultados del desarrollo de esta investigación.

**Figura 44. Consultoría**



**Fuente:** Autor

## 6. CONCLUSIONES

A partir del diseño del módulo didáctico de automatización se logró efectuar la implementación de un prototipo de entrenamiento de control de velocidad y par de arranque de motores AC basado en PLC, pantalla HMI y variador de velocidad(Ver anexo B ).

El módulo permite comprender dentro de los procesos académicos como puede variar el comportamiento de este tipo de motores de acuerdo a las condiciones que se planten ser analizadas por los estudiantes al momento de hacer uso del módulo didáctico, dentro de los procesos académicos.

Por otra parte, el reconocimiento del módulo didáctico de automatización permite a los estudiantes no solo el análisis de procesos industriales (Ver Anexo C), sino que además despeja duda que lleguen a presentarse sobre los equipos que se deben implementar en los campos industriales y que llegaron hacer observados en la simulación de la plataforma PORTAL. De igual forma se reconocen las diferentes marcas que existen sobre los equipos e instrumentos implementados en el módulo.

El efectuar un manual de prácticas de laboratorio basado en el módulo didáctico de automatización, permite que el proceso desarrollado sirva para futuras consultas referentes al estudio de motores AC, lo cual de igual manera impacta en el desarrollo de habilidades y destrezas en programación de aplicaciones orientadas al control de velocidad y par de arranque de este tipo de motores, efectuando un proceso teórico prácticos.

Se realizó este proyecto con el propósito de realizar un maletín portátil de prueba de automatización, a partir de recopilación de información para saber que componentes se utilizarían y cuáles serían los apropiados para hacer este maletín.

De acuerdo con la información recopilada se percibió que los componentes a

F-DC-125

Diseño e Implementación de un módulo didáctico de automatización industrial con  
Interfaz Hombre Máquina HMI, Variador de Frecuencia y Controlador Lógico  
Programable PLC para el control de velocidad y par de arranque de un motor AC

VERSIÓN: 01

utilizar debían ser de buena calidad y que resistan un mayor voltaje para someterlos a diferentes pruebas para corroborar el funcionamiento del maletín.

## 7. RECOMENDACIONES

- Es importante verificar que todos los circuitos o grupos de cargas a controlar se encuentren en la misma fase de la red eléctrica con el fin de que el controlador pueda enviar sin ningún inconveniente los comandos requeridos.
- El docente o el estudiante se encargará antes de usar módulo didáctico de automatización, leer el manual de prácticas de laboratorio elaborado en el presente trabajo.
- Realizar plan de capacitación de docentes sino están familiarizados con los procesos que se estudian en el módulo didáctico de automatización elaborado.
- En caso de producirse algún daño o mal funcionamiento de equipos o del módulo de control de presión en general, se recomienda verificar las conexiones y cableado del sistema, para lo cual están disponibles los planos del diseño del módulo didáctico de automatización.

## 8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barbosa, C. (2016). Analisis del ROI en la gestión comercial de las tiendas por departamento en Perú. Perú: Universidad Peruana de Ciencias.
- Castro, V. (27 de Abril de 2016). Tematicas TGS. Obtenido de <http://estemanlineares8.blogspot.com/2016/04/teoria-de-la-automatizacion.html>
- Cevallos, D. (2018). Diseño e implementación de un sistema para el monitoreo, información de fallas y control de una máquina elaboradora de tabacos controlada por dos PLC's, a través de un panel táctil. Quito: Escuela Politecnica Nacional.
- Guerrero, F. (2016). Control de velocidad, usando la plataforma LABVIEW, de un motor trifasico de jaula de ardilla de potencia fraccionaria. Santiago de Cali: Universidad de San Buenaventura.
- Ley 1014, 2. (2006). Reglamentada parcialmente por el Decreto 1192 de 2009 y por el Decreto 4463 de 2006. Bogota: El Congreso de Colombia.
- Ley 1562, 2. (2012). Normativa en Seguridad y Salud en el trabajo en Colombia. Bogota: Congreso de la Republica.
- Martinez, G. (2016). Diseño de un sistema automatizado para selección de Café por medio de Flotes. Barranquilla: Universidad Autonoma del Caribe.
- Mateos, F. (2006). Automatas programables: Introduccion al estandar IEC-91131. Entornos integrados de Automatizacion.
- Palacio, M. (2017). Diseño de un modulo de entrenamiento en sistemas de automatizacion industrial, interfaz hombre maquina y sistema SCADA con SIMATIC S7-1200 aplicado al control y monitoreo de un ascensor de tres niveles a escala. Bogota: Universidad de la Salle.
- Perez, A. (2017). Diseño e Implementación del sistema automatizado con interfaz HMI (Interfaz Hombre Maquina) para para la máquina termo-selladora de envases de pintura controlada por el PLC SIMATIC S7-1212C y

F-DC-125      Diseño e Implementación de un módulo didáctico de automatización industrial con  
Interfaz Hombre Máquina HMI, Variador de Frecuencia y Controlador Lógico  
Programable PLC para el control de velocidad y par de arranque de un motor AC

VERSIÓN: 01

supervisada por el panel táctil KTP400PN, de la Industria. Ecuador:  
Universidad Politecnica Salesiana.

Ramirez, M. (2018). Sistema de manufactura flexible interfaces humano maquina.  
San Antonio Cardenas: Universidad Tecnologica de Campache.

Robles, R. (2019). Variador de frecuencia . Obtenido de  
<https://www.solerpalau.com/es-es/blog/variador-de-frecuencia/>

Rueda, J. M. (2015). Control de un motor de induccion usando un variador de  
frecuencia. Sevilla: Universidad de Sevilla.

Segovia, A. (2017). Diseño e implementacion de prototipo para sistema  
automatizado de recoleccion y extraccion de codornaza en modulos de  
explotacion de codorniz. Bogota: Universidad Catolica de Colombia.

Torres, J. R. (2019). La automatizacion y sus aplicaciones en la industria. Valle:  
PTC del PE de Mecatrónica de la Universidad Tecnológica del Valle  
Mezquital <https://www.milenio.com/opinion/varios-autores/universidad-tecnologica-del-valle-del-mezquital/la-automatizacion-y-sus-aplicaciones-en-la-industria>.

UNED. (2011). Controladores logicos programables. Obtenido de  
[http://www.ieec.uned.es/investigacion/Dipseil/PAC/archivos/Informacion\\_de\\_referencia\\_ISE6\\_1\\_1.pdf](http://www.ieec.uned.es/investigacion/Dipseil/PAC/archivos/Informacion_de_referencia_ISE6_1_1.pdf)

## 9. ANEXOS

### Anexo A. Ficha técnica motor eléctrico

¡Su motor es muy valioso! Protéjalo únicamente con productos Siemens: MICROMASTER

**Fuertes y ágiles**  
**Diseño único, con la más alta tecnología**

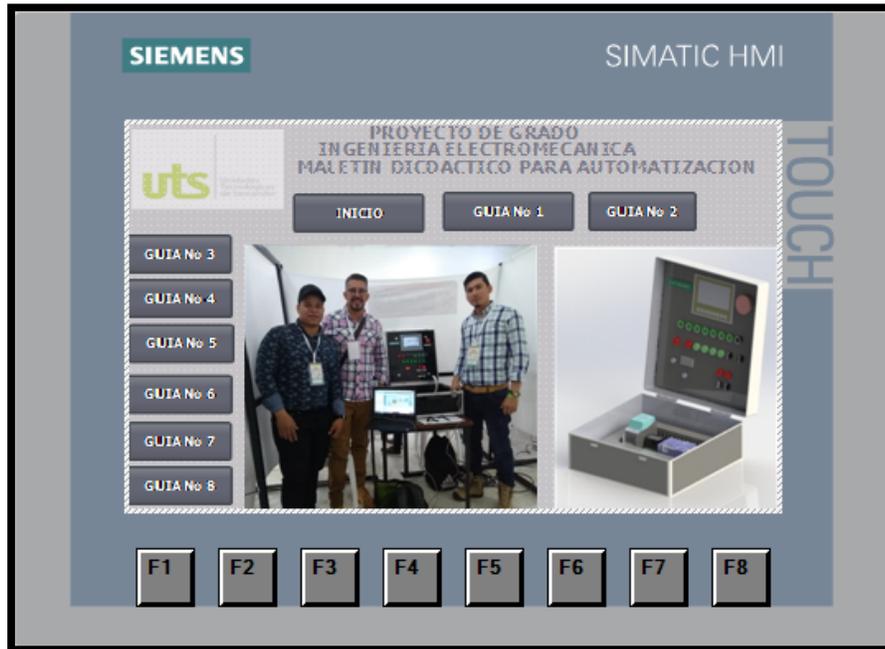
**motores**  
**TRIFASICOS**

**SIEMENS**

Disponibilidad de repuestos en todo el país

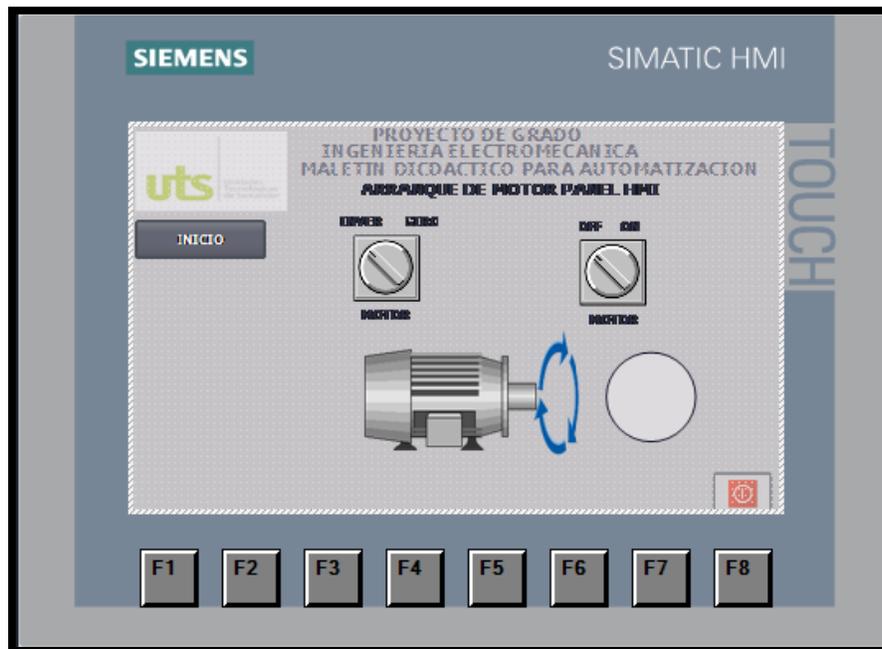
Fuente Siemens. Motores eléctricos.

### Anexo B. Maletín didáctico para automatización



Fuente: Autor

### Anexo C. Control de operación motor eléctrico



Fuente: Autor

**Anexo D. Velocidad 3600 rpm 2 polos 60 hz**

Velocidad 3600 rpm, 2 polos, 60 Hz															
Código	Tipo	Frame IEC Tamaño	Potencia		F.S.	In		Eficiencia $\eta$ %	Factor de potencia Cos $\phi$	Velocidad nominal rpm	Torque nominal Nm	Torque de arranque Tarr / Tn	Cte. de arranque Iarr / In	Momento de inercia kg m <sup>2</sup>	Peso kg
			HP	KW		220V A	440V A								
25000001083	1LA7 070-2YA60	71M	0,75	0,56	1,15	2,40	1,20	79	0,79	3430	1,56	2,7	6	0,00035	4,3
25000001085	1LA7 073-2YA60	71M	1	0,75	1,15	3,50	1,75	65	0,89	3320	2,15	2,5	4,7	0,00045	6
25000001086	1LA7 080-2YC60	80M	1,2	0,90	1,05	4,00	2,00	68	0,90	3400	2,51	2,3	4,9	0,00085	8,4
25000001087	1LA7 080-2YA60	80M	1,5	1,12	1,15	5,30	2,65	69	0,90	3370	3,17	1,8	3,7	0,00085	8,4
25000001089	1LA7 083-2YA60	80M	2	1,49	1,15	6,20	3,10	74	0,86	3410	4,18	3,3	6,3	0,0011	10
25000001090	1LA7 090-2YC60	90S/L	2,4	1,79	1,15	7,00	3,50	79	0,83	3460	4,94	2,4	5,5	0,0015	11,7
25000001091	1LA7 090-2YA60	90S/L	3	2,24	1,15	9,00	4,50	76	0,84	3490	6,12	2,7	5,7	0,0015	13,7
25000001093	1LA7 096-2YA60	90S/L	4	2,98	1,15	12,20	6,10	82	0,88	3440	8,28	2,3	5,9	0,002	15
25000001094	1LA7 112-2YA60	112M	5	3,73	1,15	16,00	8,00	71,1	0,86	3480	10,24	2	5,2	0,0055	28
25000001095	1LA7 113-2YA60	112M	6,6	4,92	1,05	19,00	9,50	79	0,86	3480	13,51	2,6	6,8	0,0055	30,8
25000001096	1LA7 114-2YA60	112M	7,5	5,60	1,15	21,80	10,90	77,4	0,87	3460	15,44	2	5,8	0,0055	33,4
25000001097	1LA7 130-2YA70	132S/M	10	7,46	1,15	28,00	14,00	79	0,90	3500	20,35	2,4	6	0,016	50
25000001098	1LA7 131-2YA70	132S/M	12	8,95	1,05	32,00	16,00	80	0,89	3470	24,64	2,7	6,8	0,021	52,5
25000001099	1LA7 132-2YA70	132S/M	15	11,19	1,15	41,00	20,50	80,5	0,88	3500	30,53	2	6,5	0,021	56,5
25000001100	1LA5 163-2YB70	16CM/L	20	14,92	1,15	56,00	28,00	87	0,90	3528	40,38	2	6	0,034	69,5
25000001101	1LA5 164-2YB70	16CM/L	25	18,65	1,15	70,00	35,00	88	0,81	3540	50,31	2,1	5	0,04	82,5
25000001102	1LA5 167-2YB70	16CM/L	30	22,38	1,05	81,00	40,50	90	0,88	3540	60,37	2,1	4,6	0,052	94
25000001103	1LA4 183-2YC80	18CM	35	26,11	1,05	87,00	43,50	89	0,89	3540	70,43	2,5	6,6	0,077	160,5
25000001104	1LA4 184-2YA80	18CM	40	29,84	1,05	102,00	51,00	90,5	0,88	3510	81,18	2,3	6,4	0,077	162
25000001105	1LA4 206-2YC80	20CL	50	37,30	1,15	124,00	62,00	90	0,88	3530	100,90	2,4	6,6	0,14	235
25000001106 <sup>2)</sup>	1LA4 207-2YA80	200L	60	44,76	1,15	148,00	74,00	91	0,87	3545	120,57	2,4	6,5	0,16	260
25000001107 <sup>2)</sup>	1LA6 224-2YC80	225M	75	55,95	1,15	188,00	94,00	93,4	0,92	3540	150,93	1,8	6,8	0,24	320
26690 <sup>1)</sup>	1LG4 253-2AB60	250M	100	75,00	1,00	120,00	60,00	93,6	0,88	3558	177,00	2,1	6,9	0,41	375
26691 <sup>1)</sup>	1LG4 280-2AB60	280S	125	93,00	1,00	143,60	71,80	94,3	0,88	3570	241,00	2,4	7,5	0,72	510
26692 <sup>1)3)</sup>	1LG4 283-2AB60	280M	150	112,00	1,00	169,70	84,85	94,8	0,89	3570	289,00	2,5	7,6	0,86	555
26693 <sup>1)4)</sup>	1LG4 310-2AB60	315S	185	138,00	1,00	212,30	106,15	94,4	0,88	3576	352,00	2	7,4	1,2	700
26694 <sup>1)3)</sup>	1LG4 313-2AB60	315M	225	168,00	1,00	257,40	128,70	94,9	0,90	3576	423,00	2,1	7,3	1,4	770
26695 <sup>1)3)</sup>	1LG4 316-2AB90-Z	315L	275	205,00	1,10	309,90	154,95	95,4	0,91	3576	512,00	2,3	7,1	1,6	910
26696 <sup>1)3)</sup>	1LG4 317-2AB90-Z	315L	325	242,00	1,10	360,70	180,35	95,8	0,92	3580	641,00	2,5	7,5	2,2	1055

Fuente Siemens. Motores eléctricos

**Anexo E. Velocidad 1800 rpm, 4 polos, 60 hz**

Velocidad 1800 rpm, 4 polos, 60 Hz															
Código	Tipo	Frame IEC Tamaño	Potencia		F.S.	In		Eficiencia $\eta$ %	Factor de potencia Cos $\phi$	Velocidad nominal rpm	Torque nominal Nm	Torque de arranque Tarr / Tn	Cte. de arranque Iarr / In	Momento de inercia kg m <sup>2</sup>	Peso kg
			HP	KW		220V A	440V A								
25000001108	1LA7 070-4YC60	71M	0,4	0,30	1,05	1,60	0,80	66	0,77	1640	1,74	1,8	2,8	0,0006	4,7
25000001109	1LA7 070-4YA60	71M	0,5	0,37	1,15	1,90	0,95	66	0,81	1590	2,24	1,3	2,7	0,0006	5,5
25000001110	1LA7 071-4YA60	71M	0,6	0,45	1,05	2,20	1,10	69	0,76	1680	2,54	1,8	3,4	0,0008	6
25000001111	1LA7 073-4YA60	71M	0,75	0,56	1,15	2,90	1,45	65	0,79	1650	3,24	1,9	3,7	0,0008	6
25000001113	1LA7 080-4YA60	80M	1	0,75	1,15	3,50	1,75	69,2	0,87	1660	4,29	1,9	3,7	0,0015	8,1
25000001114	1LA7 081-4YA60	80M	1,2	0,90	1,05	4,00	2,00	70	0,85	1675	5,10	2,2	3,7	0,0018	9,3
25000001115	1LA7 083-4YA60	80M	1,5	1,12	1,15	5,00	2,50	72	0,89	1650	6,48	1,8	3	0,0018	9,3
25000001117	1LA7 090-4YA60	90S/L	2	1,49	1,15	7,00	3,50	77	0,80	1700	8,38	2,2	4,4	0,0028	12,1
25000001118	1LA7 094-4YA60	90S/L	2,4	1,79	1,05	7,40	3,70	77	0,86	1690	10,12	2	4,5	0,0035	14,9
25000001119	1LA7 096-4YA60	90S/L	3	2,24	1,15	9,60	4,80	79	0,83	1708	12,51	1,8	3,6	0,0035	14,9
25000001120	1LA7 111-4YA60	112M	4	2,98	1,15	13,00	6,50	76,3	0,79	1750	16,28	2,2	5,6	0,0048	27,1
25000001121	1LA7 112-4YA60	112M	5	3,73	1,15	15,80	7,90	80,5	0,78	1740	20,47	2,3	6,5	0,0058	28,7
25000001122	1LA7 113-4YA60	112M	6,6	4,92	1,05	19,60	9,80	78	0,83	1740	27,02	2	6	0,011	31
25000001123	1LA7 114-4YA60	112M	7,5	5,60	1,15	23,20	11,60	80	0,79	1740	30,71	2,2	5,6	0,011	32,7
75000001124	1LA7 131-4YA70	132S/M	10	7,46	1,15	28,80	14,40	81	0,84	1750	40,71	2,3	6	0,018	46,5
25000001125	1LA7 133-4YA70	132S/M	12	8,95	1,05	34	17,00	81,2	0,83	1750	48,85	2,5	6,6	0,024	49
25000001126	1LA7 134-4YA70	132S/M	15	11,19	1,15	43	21,50	82,5	0,84	1750	61,06	1,8	5	0,024	62
25000001127	1LA5 164-4YB70	160 MIL	20	14,92	1,15	53	26,50	85	0,85	1760	80,95	1,8	6,3	0,04	77,5
25000001128	1LA5 167-4YC70	160 MIL	25	18,65	1,15	64	32,00	89	0,87	1755	101,48	1,8	5,4	0,052	85,5
75000001129	1LA4 183-4YA80	180M	30	22,38	1,05	78	39,00	90,7	0,83	1755	121,77	2	4,9	0,13	170
25000001130	1LA4 186-4YA80	180L	36	26,86	1,05	93	46,50	91,3	0,83	1760	145,71	2,8	6,8	0,15	190
25000001131	1LA4 187-4YA80	180L	40	29,84	1,05	104	52,00	91,3	0,83	1750	162,83	2	5,6	0,15	190
25000001132	1LA4 207-4YC80	200L	50	37,30	1,15	126	63,00	91,3	0,84	1760	202,38	2,7	6,8	0,24	250
25000001133	1LA6 220-4YA80	225S	60	44,76	1,15	148	74,00	96,2	0,86	1765	242,17	2,7	6,6	0,44	314
25000001134	1LA6 224-4YC80	225M	75	55,95	1,15	188	94,00	92,7	0,86	1780	300,16	2	5,1	0,52	321
26697 <sup>(1)</sup>	1LG4 253-4AA60	250M	100	75,00	1,00	120,00	60,00	93,3	0,85	1780	355	2,5	6,3	0,69	390
26698 <sup>(1)</sup>	1LG4 280-4AA60	280S	125	93,00	1,00	145,00	72,50	94,2	0,85	1785	482	2,5	7,4	1,29	520
26699 <sup>(1)</sup>	1LG4 283-4AA60	280M	150	111,90	1,00	177,50	88,75	94,6	0,86	1785	579	2,5	7,4	1,47	565
26700 <sup>(1)(3)</sup>	1LG4 310-4AA60	315S	200	150	1,00	240,00	120,00	94,5	0,84	1783	707	2,6	6,5	2	700
26701 <sup>(1)(3)</sup>	1LG4 313-4AA60	315M	225	168	1,00	265,20	132,60	94,8	0,85	1783	848	2,8	6,9	2,46	775
26702 <sup>(1)(3)</sup>	1LG4 316-4AA90-Z	315L	275	205	1,10	323,10	161,55	95,4	0,86	1783	1.028	2,8	6,9	3,01	955
26703 <sup>(1)(3)</sup>	1LG4 317-4AA90-Z	315L	350	261	1,10	409,50	204,75	95,7	0,88	1785	1.285	2,8	7	3,91	1050

Fuente Siemens. Motores eléctricos

**Anexo F.Velocidad 1200 rpm,6 polos, 60Hz**

Velocidad 1200 rpm, 6 polos, 60 Hz															
Código	Tipo	Frame IEC Tamaño	Potencia		F.S.	In		Eficiencia $\eta$ %	Factor de potencia Cos $\phi$	Velocidad nominal rpm	Torque nominal Nm	Torque de arranque Tarr / Tn	Cte. de arranque Iarr / In	Momento de inercia kg m <sup>2</sup>	Peso kg
			HP	kW		220V A	440V A								
25000001135	1LA7 072-6YA60	71M	0,4	0,30	1,05	1,60	0,80	65	0,76	1055	2,70	2,3	4,9	0,0006	5,7
25000001137	1LA7 080-6YC60	80M	0,6	0,45	1,05	2,40	1,20	63	0,82	1080	3,96	1,8	2,7	0,0015	8,5
25000001139 <sup>2)</sup>	1LA7 082-6YA60	80M	0,9	0,67	1,05	3,60	1,80	66	0,88	1080	5,94	1,9	3,1	0,0018	10,5
25000001140	1LA7 083-6YA60	80M	1	0,75	1,15	4,20	2,10	67	0,69	1090	6,54	2,6	4	0,0018	10,5
25000001142	1LA7 090-6YA60	90SIL	1,5	1,12	1,15	6,60	3,30	69	0,77	1110	9,63	2	3,4	0,0028	12
25000001143	1LA7 096-6YA60	90SIL	2	1,49	1,15	7,80	3,90	72	0,77	1100	12,95	2,7	6	0,0035	14,9
25000001144	1LA7 112-6YA60	112M	3	2,24	1,15	11,80	5,90	72,1	0,69	1150	18,58	1,9	4	0,011	26,7
25000001145	1LA7 113-6YA60	112M	4	2,98	1,15	15,00	7,50	76,8	0,68	1150	24,78	2	4,5	0,011	29,6
25000001146	1LA7 130-6YA70	132SIM	5	3,73	1,15	16,40	8,20	78,5	0,76	1150	30,97	1,8	4,6	0,015	40,5
25000001147	1LA7 133-6YA70	132SIM	7,5	5,60	1,15	26,00	13,00	78	0,74	1150	46,46	1,8	5,1	0,019	54
25000001148	1LA7 135-6YA70	132SIM	10	7,46	1,05	33,00	16,50	80,5	0,75	1150	61,95	1,9	5,2	0,025	60
25000001149	1LA5 164-6YB70	160M/L	15	11,19	1,05	44,00	22,00	85	0,80	1150	92,92	2	5,9	0,041	73,5
25000001150	1LA5 167-6YC70	160M/L	20	14,92	1,05	60,00	30,00	86	0,76	1170	121,77	1,8	5	0,049	89,5
25000001151 <sup>2)</sup>	1LA4 186-6YA80	180L	25	18,65	1,05	67,50	33,75	88	0,82	1170	152,22	2,6	5,6	0,2	180
25000001152 <sup>2)</sup>	1LA4 206-6YA80	200L	30	22,38	1,05	79	39,50	89	0,83	1175	181,88	2,3	5,4	0,29	240
25000001153 <sup>2)</sup>	1LA4 207-6YA80	200L	36	26,86	1,05	95	47,50	89	0,83	1175	218,26	2,6	5,6	0,33	255
25000001154 <sup>2)</sup>	1LA6 223-6YC80	225M	50	37,30	1,15	124	62,00	92	0,86	1170	304,43	2,4	5,8	0,57	315
26704 <sup>1)3)</sup>	1LG4 253-6AA60	250M	70	52	1,00		85,50	92,3	0,83	1176	360	2,6	6	0,81	370
26705 <sup>1)3)</sup>	1LG4 280-6AA60	280S	80	59	1,00		97,80	92,4	0,85	1178	436	2,5	6,4	1,17	460
26706 <sup>1)3)</sup>	1LG4 283-6AA60	280M	100	75	1,00		121,70	92,7	0,86	1180	533	2,5	6,4	1,53	500
26707 <sup>1)3)</sup>	1LG4 310-6AA60-Z	315S	135	106	1,10		163,70	93,1	0,84	1185	725	2,2	6,4	2,2	650
26708 <sup>1)3)</sup>	1LG4 313-6AA60-Z	315M	160	119	1,10		191,50	93,8	0,85	1185	870	2,4	6,8	2,65	705
26709 <sup>1)3)</sup>	1LG4 316-6AA90-Z	315L	200	150	1,10		239,40	94,1	0,85	1185	1.063	2,5	6,8	3,35	870
26710 <sup>1)3)</sup>	1LG4 317-6AA90-Z	315L	225	168	1,10		269,30	94,7	0,85	1183	1.276	2,5	6,9	4,2	980

Fuente Siemens. Motores eléctricos

**Anexo G. Medidas para montaje (dimensiones en mm)**

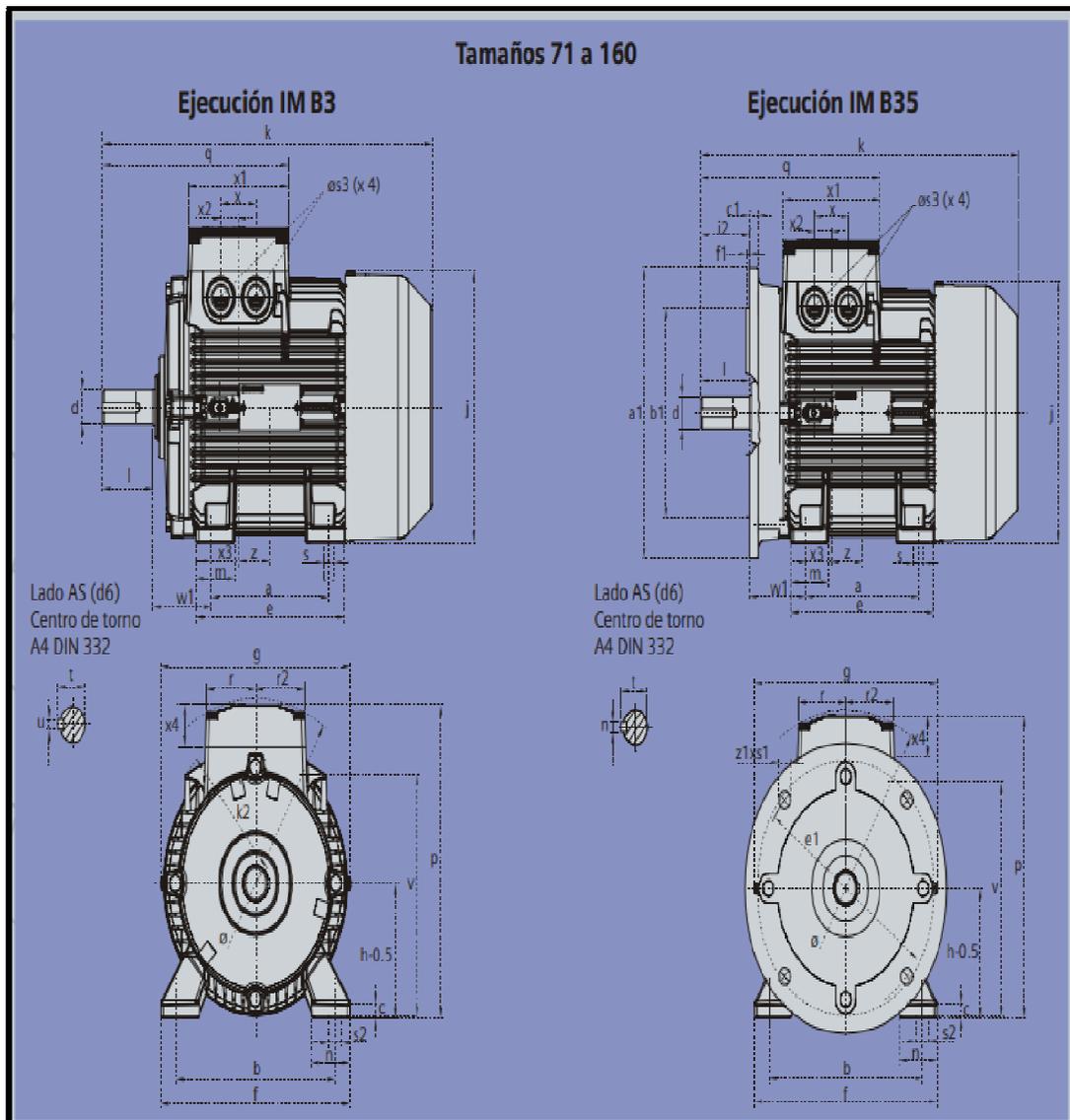
Medidas para montaje (dimensiones en mm)																						
Motor tamaño	Medidas comunes (IM B3, IM B5)						medidas de la forma constructiva IM B3							Medidas de la forma constructiva IM B5 / IM B35								
	l	d	t	u	g <sub>1</sub>	g <sub>2</sub>	p/p <sub>2</sub>	k	a	b	h	w <sub>1</sub>	s	e	f	a1	b1	c1	e1	f1	s1	k
071	30	14	16.1	5	148	-	178.5	240	90	112	71	45	7	107.5	132	160	110	5.5	130	3.5	10.5	231
080	40	19	21.5	6	163	-	193.5	273.5	100	125	80	50	9.5	119.5	150	200	130	8	165	3.5	13	283
090 S	50	24	26.9	8	181	-	211.5	331	100	140	90	56	10	114.5	165	200	130	7	165	3.5	13	324
090 L	50	24	26.9	8	181	-	211.5	331	125	140	90	56	10	144.5	165	200	130	7	165	3.5	13	324
112 M	60	28	31.0	8	227	-	260	393	140	190	112	70	12	176	226	250	180	11	215	4	14.5	388
132 S	80	38	41.3	10	264.5	-	315	481	140	216	132	89	12	1218	256	300	230	14	265	4	15	481
132 M	80	38	41	10	266	-	299	491	178	216	132	89	12	218	226	300	230	12	265	4	4.5	491
160 M	110	42	45.0	12	320	-	365.5	629	210	254	160	109	15	300	300	350	250	20	300	5	18	628
160 L	110	42	45.0	12	320	-	365.5	629	254	254	160	109	15	300	300	350	250	20	300	5	18	628
180 M	110	48	51.5	14	357	499	410	653	241	279	180	121	16	301	339	350	250	13	300	5	18	653
180 L	110	48	51.5	14	357	499	410	691	279	279	180	121	16	339	339	350	250	13	300	5	18	691
200 L	110	55	59.0	16	403	534	460	743	305	318	200	133	20	385	398	400	300	15	350	5	18	743
225 S	*140	*60	*64	18	447	-	569	*830	286	356	225	149	19	361	436	450	350	16	400	5	17.5	*830
225 M	*140	*60	*64	18	447	-	569	*830	311	356	225	149	19	361	436	450	350	16	400	5	17.5	*830
250 M	140	*65	*69	18	520	-	680	930	349	406	250	168	24	409	506	550	450	18	500	5	17.5	930
280 S	140	*75	*79.5	*20	575	-	735	1005	368	457	280	190	24	479	557	550	450	18	500	5	17.5	1005
280 M	140	*75	*79.5	*20	575	-	735	1005	419	457	280	190	24	479	557	550	450	18	500	5	17.5	1005
315 S <sup>1)</sup>	140	65	69	18	645	-	-	1110	406	508	315	216	28	527	628	660	550	22	600	6	22	1110
315 S <sup>2)</sup>	170	85	85	22	-	-	-	1140	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1140
315 M <sup>1)</sup>	140	65	69	18	645	-	-	1110	406	508	315	216	28	527	628	660	550	22	600	6	22	1110
315 M <sup>2)</sup>	170	80	85	22	-	-	-	1140	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1140
315 L <sup>1)</sup>	140	65	69	18	645	-	-	1250	508	508	315	216	28	578	628	660	550	22	600	6	22	1250
315 L <sup>2)</sup>	170	80	85	22	-	-	-	1280	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1280

1) Motores de dos polos  
2) Motores de 4 a 8 polos

\* Para motores de dos polos cambian las siguientes medidas:  
- Tamaño constructivo 225 M: l=110; d=55; t=59; u=16 mm.; k=800.....  
- Tamaño constructivo 250 M: d=60; t=64.....  
- Tamaño constructivo 280 S: d=65; t=69; u=18 mm.

Fuente Siemens. Motores eléctricos

**Anexo H. Dimensiones del motor**



Fuente Siemens. Motores eléctricos

### Anexo I. Disyuntor (protección eléctrica)

**SIEMENS**

---

**Product data sheet** **5SX2216-7**



**CIRCUIT BREAKER T55 400V, 6kA, 2-POLE, C, 16A**

General technical data:		
<b>type of voltage</b>		AC/DC
<b>Mounting depth</b>	mm	55
<b>Current / for AC / rated value</b>	A	16
<b>Tripping characteristic class</b>		C
<b>Supply voltage / for AC / rated value</b>	V	400
<b>Switching capacity current</b>	• in accordance with IEC 60947-2 / rated value	kA 15
	• acc. to FN 60898 / rated value	kA 6
<b>Number of pitch units for width</b>		2
<b>Degree of pollution</b>		3
<b>Overvoltage class</b>		3

Fuente: Siemens. Disyuntor

### Anexo J. Ficha técnica Variador de velocidad

Datos asignados / Rated data		Condiciones ambientales / Ambient conditions	
<b>Entrada / Input</b>		<b>Altura de instalación</b> Installation altitude	
Número de fases Number of phases	1 AC	1000 m	
Tensión de red Line voltage	200 ... 240 V ±10 %	<b>Temperatura ambiente / Ambient temperature</b>	
Frecuencia de red Line frequency	47 ... 63 Hz	<b>Funcionamiento</b> Operation	
Intensidad asignada Rated current	6,20 A	-10 ... 40 °C	
		<b>Almacenaje</b> Storage	
		-40 ... 70 °C	
<b>Salida / Output</b>		<b>Humedad relativa / Relative humidity</b>	
Número de fases Number of phases	3 AC	<b>Funcionamiento máx.</b> Max. operation	
Potencia asignada Rated power	0,37 kW	95 % condensación no permitida 95 % condensation not permitted	
Intensidad asignada (IN) Rated current (IN)	2,30 A	<b>Método de regulación / Closed-loop control techniques</b>	
Frecuencia de pulsación Pulse frequency	8 kHz	<b>Uff lineal / cuadrático / parametrizable</b> Uff linear / square-law / parameterizable	
Frec. de salida con regulación por Uff Output frequency for Vff control	0 ... 650 Hz	Sí Yes	
En cumplimiento de la normativa legal, existe una limitación a 550 Hz en producción. As a result of legal stipulations, a limit to 550 Hz is in production		<b>Normas / Standards</b>	
<b>Datos técnicos generales / General tech. specifications</b>		<b>Conformidad con normas</b> Compliance with standards	
Factor de decalaje cos φ Offset factor cos φ	0,95	UL, cUL, CE, C-Tick (RCM) UL, cUL, CE, C-Tick (RCM)	
<b>Comunicación / Communication</b>		<b>Marcado CE</b> CE marking	
Comunicación Communication	RS485 RS485	Directiva de baja tensión 2006/95/CE Low voltage directive 2006/95/EC	
<b>Datos mecánicos / Mechanical data</b>		<b>Entradas / salidas / Inputs / outputs</b>	
Grado de protección Degree of protection	IP20 / UL open type IP20 / UL open type	<b>Entradas digitales / Digital inputs</b>	
Tamaño Size	F5A	Número Number	
Peso neto Net weight	0,70 kg	3	
Anchura Width	90,0 mm	<b>Entradas analógicas / Analog inputs</b>	
Altura Height	150,0 mm	Número Number	
Profundidad Depth	116,0 mm	1 (Variante analógica, para consigna (0...10 V, escalable o usable como 4ª entrada digital)) 1 (Analog variant, for setpoint (0...10 V, can be scaled or used as 4th digital input))	
		<b>Salidas digitales / Digital outputs</b>	
		Número Number	
		1 (Salida aislada por optoacoplador, tipo NPN) 1 (Isolated optocoupler output, NPN type)	

Fuente:Siemens. Variador de velocidad

### Anexo K.Registro fotográfico



Fuente: Autor

**Anexo L. Guía práctica 1 - parametrización y programación VDF marca sinamics G110 para el arranque y puesta en servicio desde el panel BOP**

Con el desarrollo de esta práctica se pretende identificar e interpretar los parámetros y programas desarrollados de un variador de velocidad.



**Ajustes de rampas de aceleración y desaceleración**

 <p>Unidades Tecnológicas de Santander</p>	<p><b>UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER</b> <b>GUÍA DE LABORATORIO DE SISTEMAS DE CONTROL</b></p>
<p><b>UNIDAD ACADÉMICA:FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERIAS</b></p>	
<p><b>ASIGNATURA:LABORATORIO SISTEMAS DE CONTROL</b></p>	
<p><b>PRACTICA No. 1</b></p>	<p><b>PARAMETRIZACION Y PROGRAMACION VDF MARCA SINAMICS G110 PARA EL ARRANQUE Y PUESTA EN SERVICIO DESDE EL PANEL BOP</b></p>

COMPETENCIA	RESULTADOS DE APRENDIZAJE
Identifica e interpreta los parámetros y programas desarrollados de un variador de velocidad.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Conocer las características de funcionamiento y las aplicaciones principales de los motores asíncronos, especialmente en sistemas y líneas de producción.</li> <li>2. Conocer la estructura y funcionamiento de un variador de frecuencia.</li> <li>3. Conocer las características de funcionamiento del conjunto motor asíncrono-variador de frecuencia y las ventajas que ofrece respecto a otros tipos de accionamientos.</li> <li>4. Conocer las principales aplicaciones de los motores asíncronos alimentados por variadores de frecuencia.</li> <li>5. Conocer las especificaciones y características principales de los variadores de frecuencia comerciales.</li> <li>6. Aprender a programar un variador de frecuencia para una aplicación determinada.</li> </ol>

### MATERIALES Y EQUIPOS

#### EQUIPOS

- Maletín didáctico de automatización
- Variador de velocidad sinamics
- Motor trifásico siemens jaula de ardilla

### ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

#### PROGRAMACIÓN DEL VARIADOR DE VELOCIDAD SINAMICS G110 DESDE EL PANEL BOP CON DATOS DE PLACA DEL MOTOR TRIFASICO SIEMENS JAULA DE ARDILLA

Pantalla de control del variador de velocidad



#### PANEL BOP DE OPERACIÓN

Los números con el prefijo "r" indican que el parámetro es de solo "lectura"  
Los números con el prefijo de la letra "P". Los valores de estos parámetros se pueden cambiar directamente.

**Mín.:** Indica el valor mínimo al que se puede ajustar el parámetro.

**Def:** Indica el valor por defecto, es decir el valor ajustado si el usuario no especifica un valor determinado para el parámetro.

**Máx.:** Indica el valor máximo al que se puede ajustar el parámetro.

**Nivel:** Indica el nivel de acceso de usuario. Hay cuatro niveles de acceso: Estándar, **Ampliado**, **Experto** y **Servicio**. El número de los parámetros que aparece en cada grupo funcional depende del nivel de acceso ajustado en el **P0003** (nivel de acceso de usuario).

#### **RESET A LOS AJUSTES DE FÁBRICA**

Para reponer todos los parámetros a los ajustes de fábrica, se deben ajustar los siguientes parámetros como se indica:

- Ajuste el P0010=30.

Ajuste el P0970=1.

#### **ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE**

**NOTA**

El proceso de **RESET** tarda aproximadamente 10 segundos en completarse. **RESET** a losajustes de fábrica esto debe hacerse antes de cada practica

Paso	Parametrización
1	Al encender la pantalla del <b>BOP</b> aparece el valor de frecuencia mínimo asignado normalmente <b>0.00Hz</b> .
2	Para ingresar a los parámetros presionamos el botón <b>P</b> y luego nos movemos con la flecha direccional hacia arriba.
3	Lo primero que nos aparece es <b>r0000</b> Pulsando el botón " <b>Fn</b> " durante 2 segundos el usuario puede ver los valores de la tensión en el circuito intermedio, la frecuencia de salida, la tensión de salida y el ajuste de r0000 elegido (definido en P0005).
4	<b>P0003</b> Define el nivel de acceso a los juegos de parámetros. Posibles ajustes: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Estándar</li> <li>• 2 Extendido</li> <li>• 3 Experto</li> <li>• 4 Reservado</li> </ul>
5	Para avanzar, presionamos el botón <b>P</b> mostrando el valor asignado, para modificarlo presionamos el botón <b>Fn</b> , asignamos <b>2</b> , luego presionamos el botón <b>P</b> para guardar los cambios hechos.
6	<b>P0010</b> parámetro de puesta en marcha, para ingresar presionamos el botón <b>P</b> y nos muestra el valor asignado, para modificarlo presionamos el botón <b>Fn</b> , y por medio de las flechas le asignamos un valor de <b>1</b> , luego presionamos el botón <b>P</b> para guardar los cambios hechos.
7	<b>P0100</b> Determina si los ajustes de potencia se expresan en [kW] o [hp]  Posibles ajustes: 0 Europa [kW], 50 Hz 1 Norte América [hp], 60 Hz 2 Norte América [kW], 60 Hz nos indica si es funcionamiento en Europa o en América, presionamos el botón <b>P</b> y nos muestra el valor asignado, para modificarlo presionamos el botón <b>Fn</b> , y por medio de las flechas le asignamos un valor de <b>2</b> , luego presionamos el botón <b>P</b> para guardar los cambios hechos.

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE	
Paso	Parametrización
8	<b>P0304</b> Indica la tensión nominal del motor, ver placa de datos del motor presionamos el botón <b>P</b> y nos muestra el valor asignado, para modificarlo presionamos el botón <b>Fn</b> , para movernos a lo largo de los dígitos presionamos nuevamente el botón <b>Fn</b> , por medio de las flechas le asignamos un valor de la tensión nominal del motor, luego presionamos el botón <b>P</b> para guardar los cambios hechos.
9	<b>P0305</b> que indica la corriente nominal del motor, presionamos el botón <b>P</b> y nos muestra el valor asignado, para modificarlo presionamos el botón <b>Fn</b> , para movernos a lo largo de los dígitos presionamos nuevamente el botón <b>Fn</b> , por medio de las flechas le asignamos un valor de la corriente nominal del motor, luego presionamos el botón <b>P</b> para guardar los cambios hechos.
10	el <b>P0307</b> potencia nominal del motor <b>KW, HP</b> , presionamos el botón <b>P</b> y nos muestra el valor asignado, para modificarlo presionamos el botón <b>Fn</b> , para movernos a lo largo de los dígitos presionamos nuevamente el botón <b>Fn</b> , por medio de las flechas le asignamos un valor de la potencia nominal del motor, luego presionamos el botón <b>P</b> para guardar los cambios hechos.
11	<b>P0310</b> frecuencia nominal del motor, presionamos el botón <b>P</b> y nos muestra el valor asignado, para modificarlo presionamos el botón <b>Fn</b> , para movernos a lo largo de los dígitos presionamos nuevamente el botón <b>Fn</b> , por medio de las flechas le asignamos un valor de la frecuencia nominal del motor, luego presionamos el botón <b>P</b> para guardar los cambios hechos.
12	<b>P0311</b> velocidad nominal del motor, presionamos el botón <b>P</b> y nos muestra el valor asignado, para modificarlo presionamos el botón <b>Fn</b> , para movernos a lo largo de los dígitos presionamos nuevamente el botón <b>Fn</b> , por medio de las flechas le asignamos un valor de la velocidad nominal del motor, luego presionamos el botón <b>P</b> para guardar los cambios hechos.
13	<b>P0700</b> parámetro de la selección de fuente de órdenes 1 <b>BOP</b> , 2 <b>PULSADORES EXTERNOS</b> , (Entradas de control digital: Marcha, paro, inversión de giro), presionamos el botón <b>P</b> y nos muestra el valor asignado, para modificarlo presionamos el botón <b>Fn</b> por medio de las flechas le asignamos un valor de <b>2</b> que significa que vamos a controlar el motor por medio de pulsadores externos, luego presionamos el botón <b>P</b> para guardar los cambios hechos.

Fuente: Autor

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE	
Paso	Parametrización
14	<b>P1000</b> parámetro de la selección de la consigna de frecuencia para variar la velocidad, <b>1 DESDE EL PANEL BOP, 2 CONSIGNA ANALÓGICA POR POTENCIOMETRO, 3 FRECUENCIA FIJA</b> , seleccionamos la opción 2 presionamos el botón P y nos muestra el valor asignado, para modificarlo presionamos el botón <b>Fn</b> por medio de las flechas le asignamos un valor de <b>2</b> que significa que vamos a utilizar una consigna de frecuencia analógica ( <b>Salida analógica del PLC</b> ), luego presionamos el botón P para guardar los cambios hechos.
15	<b>P1080</b> frecuencia mínima a la que va a operar el motor, presionamos el botón <b>P</b> y nos muestra el valor asignado, para modificarlo presionamos el botón <b>Fn</b> , para movernos a lo largo de los dígitos presionamos nuevamente el botón <b>Fn</b> , por medio de las flechas le asignamos un valor de la frecuencia mínima a la que va a operar el motor, luego presionamos el botón <b>P</b> para guardar los cambios hechos.
16	<b>P1082</b> frecuencia máxima a la que va a operar el motor, presionamos el botón <b>P</b> y nos muestra el valor asignado, para modificarlo presionamos el botón <b>Fn</b> , para movernos a lo largo de los dígitos presionamos nuevamente el botón <b>Fn</b> , por medio de las flechas le asignamos un valor de la frecuencia máxima a la que va a operar el motor, luego presionamos el botón <b>P</b> para guardar los cambios hechos.
17	<b>P1120</b> indica el tiempo de aceleración del motor va de 0 a 650s, presionamos el botón <b>P</b> y nos muestra el valor asignado, para modificarlo presionamos el botón <b>Fn</b> , para movernos a lo largo de los dígitos presionamos nuevamente el botón <b>Fn</b> , por medio de las flechas le asignamos el valor de aceleración del motor, luego presionamos el botón <b>P</b> para guardar los cambios hechos.
18	<b>P1121</b> tiempo de desaceleración del motor, presionamos el botón <b>P</b> y nos muestra el valor asignado, para modificarlo presionamos el botón <b>Fn</b> , para movernos a lo largo de los dígitos presionamos nuevamente el botón <b>Fn</b> , por medio de las flechas le asignamos el valor de desaceleración del motor, luego presionamos el botón <b>P</b> para guardar los cambios hechos.
19	<b>P1300</b> parámetro de modo de control, presionamos el botón <b>P</b> y nos muestra el valor asignado, para modificarlo presionamos el botón <b>Fn</b> , por medio de las flechas le asignamos el valor de <b>0</b> que significa que vamos a controlar <b>voltaje vs frecuencia</b> de forma lineal, luego presionamos el botón <b>P</b> para guardar los cambios hechos.

Fuente: Autor

**ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE**

Paso	Parametrización
20	<p><b>P3900</b> parámetro de fin de la puesta de servicio, marcamos la opción <b>1</b> presionamos el botón <b>P</b> y nos muestra el valor asignado, para modificarlo presionamos el botón <b>Fn</b>, por medio de las flechas le asignamos el valor de <b>1</b> que significa inicio de puesta marcha rápida con borrado ajustes de fábrica, luego presionamos el botón <b>P</b> para guardar los cambios hechos.</p>
21	<p>Una vez realizados todos los cambios presionamos el botón <b>Fn</b> y luego el botón <b>P</b> para salir.</p>

Fuente: Autor

**Anexo M.Practica 2. Ajuste de rampas de aceleración y desaceleración**

	<p><b>UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER</b> <b>GUÍA DE LABORATORIO DE SISTEMAS DE CONTROL</b></p>
---	--

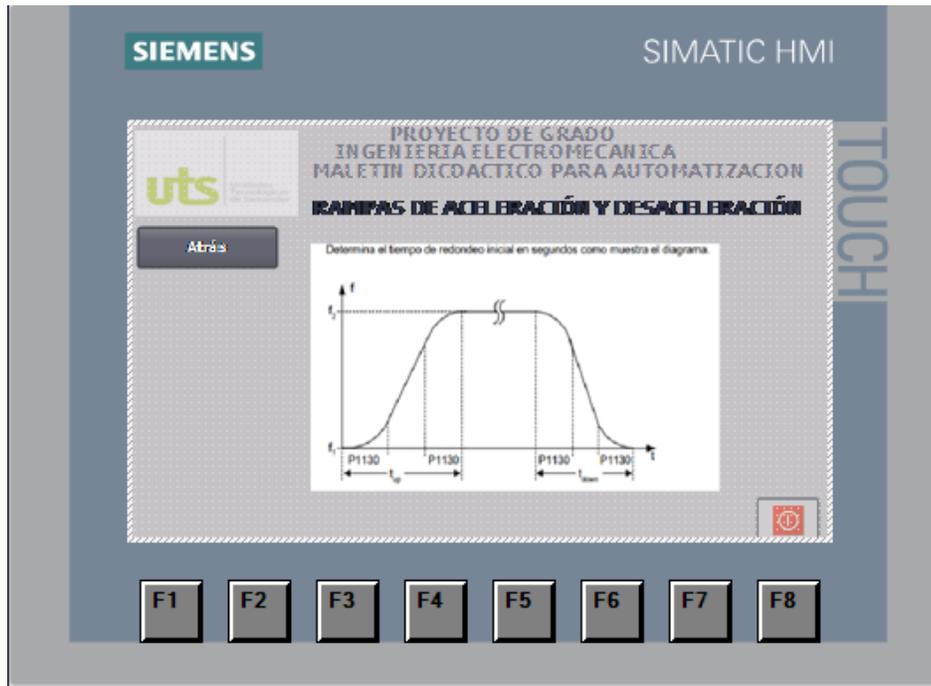
<b>UNIDAD ACADÉMICA: FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERIAS</b>	
<b>ASIGNATURA: LABORATORIO SISTEMAS DE CONTROL</b>	
<b>PRACTICA No. 2</b>	<b>AJUSTES DE RAMPAS DE ACELERACIÓN Y DESACELERACIÓN</b>

COMPETENCIA	RESULTADOS DE APRENDIZAJE
<ul style="list-style-type: none"> <li>Reducción del desgaste eléctrico en el motor al minimizar los picos de voltaje y amperaje en el motor</li> <li>Reducción del desgaste mecánico en el motor y sus acoples al controlar el arranque por medio de rampas de aceleración y desaceleración</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Conocer e identificar los parámetros necesarios para modificar diferentes rampas de aceleración y desaceleración</li> <li>Conocer los cambios físicos en la velocidad al modificar los parámetros para alcanzar los tiempos de aceleración y desaceleración</li> </ul>

MATERIALES Y EQUIPOS
<p><b>EQUIPOS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Maletín didáctico de automatización</li> <li>Variador de velocidad sinamics</li> <li>Motor trifásico siemensn jaula de ardilla</li> </ul>

ACTIVIDADES ANTES DE CLASE (para pre-informe)
<p><b>DEFINICIONES:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>FUNCION RAMPA:</b> Busca llevar la velocidad del motor de 0 RPM a una velocidad deseada, la velocidad es el valor de frecuencia programado en el VDF.</li> <li><b>SUAVIZADO:</b> Es el que se le agrega al tiempo programado en la rampa de aceleración previamente establecido. El motor en el arranque y paro busca suavizar estos cambios de estado formado una rampa de aceleración y desaceleración entre el tiempo Vs frecuencia. Parámetro P 1130 (tiempo de suavizado de 20s) para el arranque.</li> </ul>

**ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE**



**RAMPA DE ACELERACION Y DESACELERACION PARAMETRO P1060**

Frecuencia p-1058	Tiempo programado	%frecuencia nominal
60 Hz	10 s	100 %
45 Hz	7.5 s	75 %
30 Hz	5 s	50 %

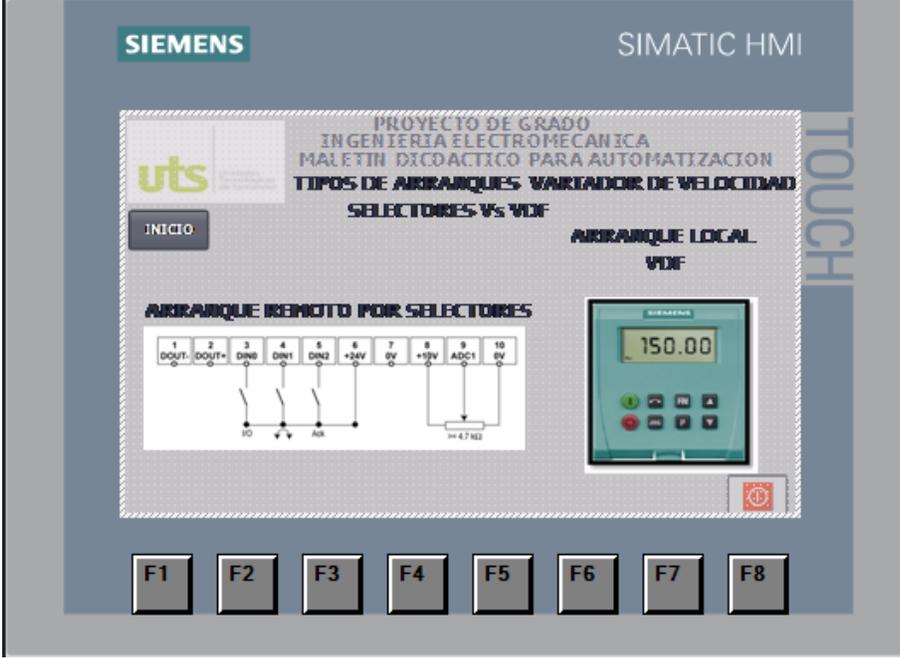
<b>TIEMPO DE SUAVIZADO PARAMETRO P1130 (20s)</b>			
FRECUENCIA P-1058	TIEMPO PROGRAMADO		% FRECUENCIA NOMINAL
60 Hz	10 s	30 s	100 %
45 Hz	7.5 s	27.5 s	75 %
30 Hz	5 s	25 s	50 %

**Anexo N.Practica 3. Diferentes tipos de arranques**

	<b>UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER</b> <b>GUÍA LABORATORIO DE SISTEMAS DE CONTROL</b>
---	---

<b>UNIDAD ACADÉMICA: FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERIAS</b>	
<b>ASIGNATURA: LABORATORIO SISTEMAS DE CONTROL</b>	
<b>PRACTICA No. 3</b>	<b>DETERMINAR LOS DIFERENTES TIPOS DE ARRANQUES QUE TIENE UN VARIADOR DE VELOCIDAD</b>
<b>COMPETENCIA</b>	<b>RESULTADOS DE APRENDIZAJE</b>
	El alumno identificara los diferentes tipos de arranque modificando parámetros en el variador de velocidad

<b>MATERIALES Y EQUIPOS</b>
<b>EQUIPOS</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Maletín didáctico de automatización</li> <li>• Variador de velocidad sinamics</li> <li>• Motor trifásico siemens jaula de ardilla</li> </ul>

<b>ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE</b>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• En esta práctica se realizará el arranque y cambio de sentido de giro del motor por medio de unos selectores externos y la frecuencia se modificará por medio de un potenciómetro generando una señal</li> </ul>

analógica de 0 a 10 v

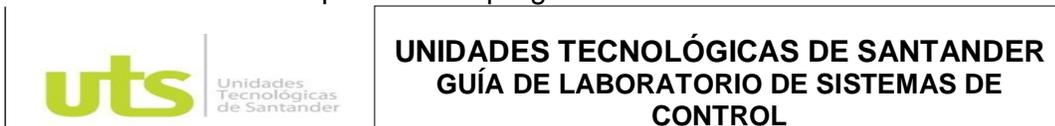
- En esta práctica se realizará el arranque y cambio de sentido de giro del motor por medio del panel BOP y la frecuencia se modificará por medio de las teclas

### EVALUACION

Identificar los diferentes tipos de arranque que tiene un variador de velocidad  
Cuando y para qué es necesario los diferentes tipos de arranque

**Fuente:** Autor

## Anexo O.Practica 4. Temporizadores programados en un PLC



<b>UNIDAD ACADÉMICA: FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERIAS</b>	
<b>ASIGNATURA: LABORATORIO SISTEMAS DE CONTROL</b>	
<b>PRACTICA No. 4</b>	<b>FUNCIONAMIENTO DE TEMPORIZADORES PROGRAMADOS EN UN PLC.</b>

COMPETENCIA	RESULTADOS DE APRENDIZAJE
<ol style="list-style-type: none"> <li>El profesor mostrara a los alumnos el funcionamiento de los tipos de temporizadores programados en el PLC obteniendo una respuesta de salida en los indicadores luminosos que posee el maletín</li> <li>El objetivo de este tutorial es enseñar el funcionamiento y uso de los distintos tipos de temporizadores disponibles dentro del software de programación TIA PORTAL V14.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Que es un temporizador y bajo q condiciones se utiliza.</li> <li>Tipo de temporizadores</li> <li>Diferencias entre temporizadores digitales, mecánicos y programables en PLC</li> </ol>

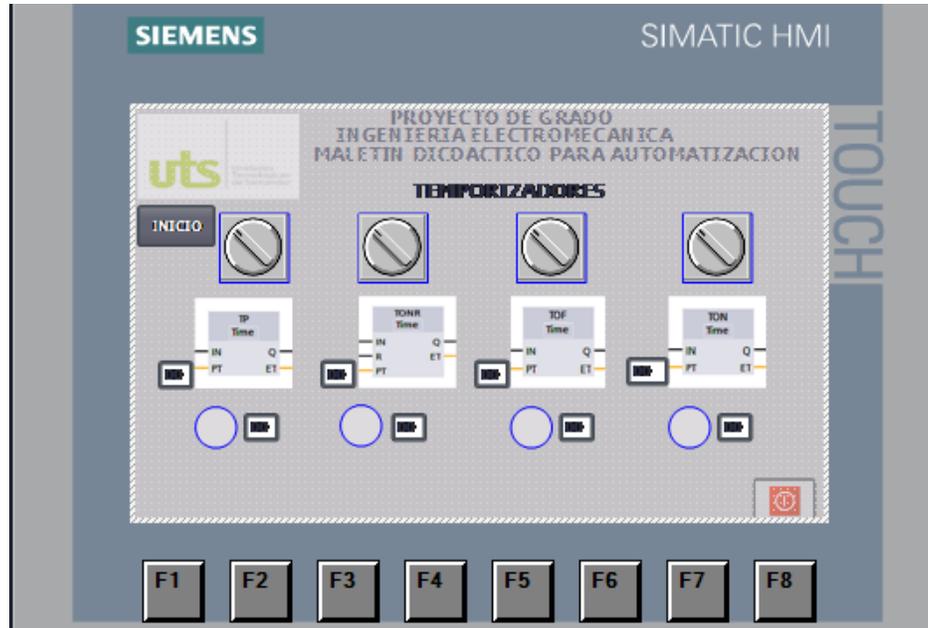
MATERIALES Y EQUIPOS
<p><b>EQUIPOS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Maletín didáctico de automatización</li> <li>Variador de velocidad sinamics</li> <li>Motor trifásico siemens jaula de ardilla</li> </ul>

Fuente: Autor

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE
<p><b>DESCRIPCIÓN SENCILLA DE LO QUE ES UN TEMPORIZADOR:</b></p> <p>Un temporizador es una instrucción que nos permite ejecutar ciertas acciones en función de un tiempo. Tipos de temporizadores que se explicaran</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>Temporizador de impulso</b></li> <li><b>Temporizador acumulador de tiempo</b></li> <li><b>Temporizador con retardo al desconectar</b></li> </ul>

• Temporizador con retardo al conec

**PROGRAMACIÓN Y FUNCIONAMIENTO DE TEMPORIZADORES DE IMPULSO**



**IN:** Este parámetro permite ejecutar la instrucción, es de tipo bool o booleano (0, 1).

**PT:** Este parámetro es la duración del impulso, es decir el tiempo que estará el parámetro **Q activo**, es de tipo time o tiempo en segundos cantidades numéricas y unidad de tiempo.

**Unidades de tiempo:** MS (milisegundos), S(segundos), M(minutos), H(horas), D(días).

**ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE**

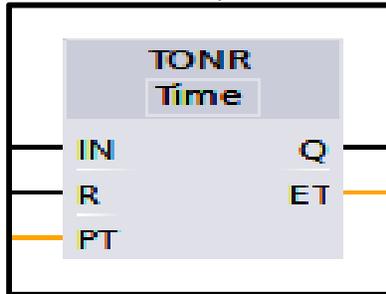
**Q:** Este parámetro es la salida del temporizador, es de tipo bool o booleano (0, 1). **ET:** Este parámetro indica el tiempo transcurrido desde que se activó el temporizador, es de tipo time o tiempo, **deja de contar una vez alcanza el valor del parámetro PT.**

**Funcionamiento de la instrucción:**

Cuando el parámetro IN pasa de 0 a 1 el temporizador de impulso activa el parámetro Q durante el tiempo que se haya programado en el parámetro PT, una vez transcurrido el tiempo programado el parámetro Q se desactiva.

## PROGRAMACIÓN Y FUNCIONAMIENTO DE UN TEMPORIZADOR ACUMULADOR DE TIEMPO

Temporizador acumulador de tiempo



IN: Este parámetro permite ejecutar la instrucción, es de tipo bool o booleano (0, 1).R: Este parámetro permite resetear el temporizador.

PT: Este parámetro es el tiempo necesario para activar el temporizador, es decir el tiempo que se tiene que acumular para activar el parámetro Q, es de tipo time o tiempo, por ejemplo, cinco segundos (T#5S) o (T#5M\_30S). La nomenclatura usada para definir el tiempo es, prefijo T#, después una o varias combinaciones de cantidades numéricas y unidad de tiempo.

### ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

**Unidades de tiempo:** MS (milisegundos), S(segundos), M(minutos), H(horas), D(días).

**Q:** Este parámetro es la **salida del temporizador**, es de tipo bool o booleano (0, 1).

**ET:** Este parámetro indica **el tiempo transcurrido** desde que se activó el temporizador, es de tipo time o tiempo, **deja de contar una vez alcanza el valor del parámetro PT**.

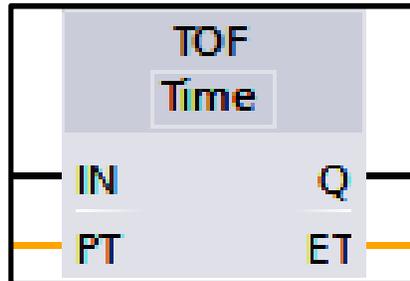
#### **FUNCIONAMIENTO DE LA INSTRUCCIÓN:**

Cuando el parámetro IN pasa de 0 a 1 el temporizador acumulador de tiempo comienza a contar el tiempo programado en el parámetro PT, el tiempo contado se va acumulando en el parámetro ET, si el parámetro IN pasa de 1 a 0 deja de contar, pero el parámetro ET retiene el tiempo contado hasta ese momento. Cuando el parámetro ET alcanza el valor de tiempo programado en el parámetro PT se activa el parámetro Q de forma permanente. El parámetro R desactiva el parámetro Q y pone el parámetro ET a 0, el parámetro R prevalece sobre el parámetro IN, es decir que si ambos están activos el temporizador permanecerá desactivado y no acumulará tiempo.

**Fuente:** Autor

### ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

#### PROGRAMACIÓN Y FUNCIONAMIENTO DE UN TEMPORIZADOR CON RETARDO AL DESCONECTAR



**IN:** Este parámetro **permite ejecutar la instrucción**, es de tipo bool o booleano (0, 1).

**PT:** Este parámetro es **la duración del impulso**, es decir el tiempo que estará el parámetro Q activo, es de tipo time o tiempo, por ejemplo, cinco segundos (T#5S) o (T#5M\_30S). La nomenclatura usada para definir el tiempo es, prefijo T#, después una o varias combinaciones de cantidades numéricas y unidad de tiempo.

**Q:** Este parámetro es la **salida del temporizador**, es de tipo bool o booleano (0, 1).

**ET:** Este parámetro indica **el tiempo transcurrido** desde que se activó el temporizador, es de tipo time o tiempo, **deja de contar una vez alcanza el valordel parámetro PT.**

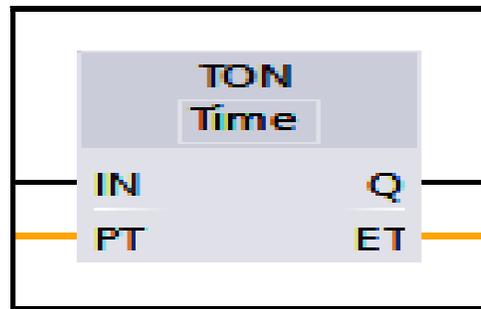
Fuente: Autor

### ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

Funcionamiento de la instrucción:

Cuando el parámetro IN pasa de 0 a 1 el temporizador con retardo al desconectar activa el parámetro Q, este se mantendrá activo mientras el parámetro IN permanezca a 1. Cuando el parámetro IN pasa de 1 a 0 el parámetro Q se mantiene activo durante el tiempo programado en el parámetro PT. Cuando el parámetro ET alcanza el valor de tiempo programado en el parámetro PT el parámetro Q se desactivará, si durante ese tiempo el parámetro IN pasa de 0 a 1 el tiempo acumulado en el parámetro ET se resetea.

#### PROGRAMACIÓN Y FUNCIONAMIENTO DE UN TEMPORIZADOR CON RETARDO AL CONECTAR



**IN:** Este parámetro **permite ejecutar la instrucción**, es de tipo bool o booleano (0, 1). **PT:** Este parámetro es **el tiempo necesario para activar el temporizador**, es decir el tiempo que se tiene que acumular para activar el parámetro Q, es de tipo time o tiempo, por ejemplo, cinco segundos (T#5S) o (T#5M\_30S).

La nomenclatura usada para definir el tiempo es, prefijo T#, después una o varias combinaciones de cantidades numéricas y unidad de tiempo.

**Q:** Este parámetro es la **salida del temporizador**, es de tipo bool o booleano (0, 1).

### ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

**ET:** Este parámetro indica **el tiempo transcurrido** desde que se activó el temporizador, es de tipo time o tiempo, **deja de contar una vez alcanza el valor del parámetro PT.**

#### **FUNCIONAMIENTO DE LA INSTRUCCIÓN:**

Cuando el parámetro IN pasa de 0 a 1 el temporizador con retardo al conectar empieza a contar el tiempo programado en el parámetro PT, el tiempo contado se va acumulando en el parámetro ET, si el parámetro IN pasa de 1 a 0 deja de contar y el tiempo acumulado en el parámetro ET se resetea. Cuando el parámetro ET alcanza el valor de tiempo programado en el parámetro PT se activa el parámetro Q, este se mantendrá activo mientras el parámetro IN permanezca a 1, en el momento que el parámetro IN pase de 1 a 0 el parámetro Q se desactivará.

**Fuente:** Autor

**Anexo P.Practica 5. Arranque de motor eléctrico**

	<p><b>UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER</b> <b>GUÍA DE LABORATORIO DE SISTEMAS DE CONTROL</b></p>
---	--

<b>UNIDAD ACADÉMICA: FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERIAS</b>	
<b>ASIGNATURA: LABORATORIO SISTEMAS DE CONTROL</b>	
<b>PRACTICA No. 5</b>	<b>ARRANQUE DE UN MOTOR ELÉCTRICO POR MEDIO DE PULSADORES, VDF Y PLC</b>

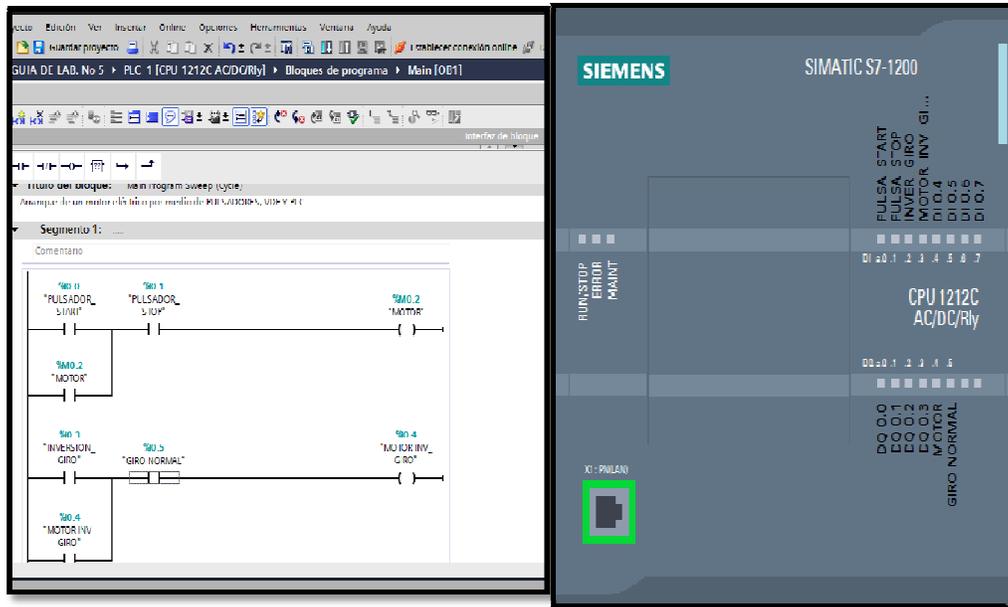
COMPETENCIA	RESULTADOS DE APRENDIZAJE
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Mediante un ejemplo práctico se explicará según plano eléctrico las condiciones necesarias para arrancar el VDF por medio del diseño de un programa realizado el PLC.</li> <li>➤ Conocer los parámetros necesarios de programación el VDF para poder realizar este tipo de arranque por medio de un autómeta.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>3. Qué ventajas tiene el arranque y control de un motor eléctrico por medio de un PLC</li> <li>4. Ventajas de la programación Ladder en autómatas</li> </ul>

MATERIALES Y EQUIPOS
<p><b>EQUIPOS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Maletín didáctico de automatización</li> <li>• Variador de velocidad sinamics</li> <li>• Motor trifásico siemens jaula de ardilla</li> </ul>

## ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

### DESCRIPCION DE LA PRACTICA

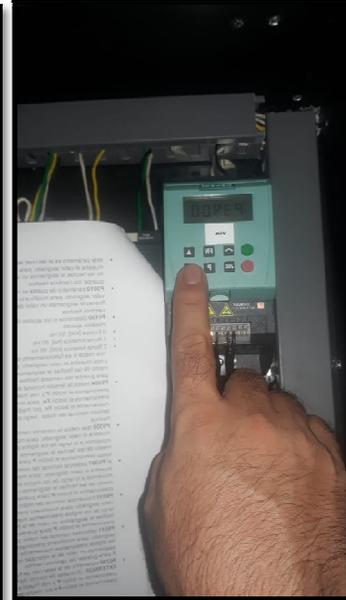
Mediante una programación realizada en el PLC, este recibirá la señal eléctrica de 2 pulsadores a la entrada y como respuesta en su salida se obtendrá una señal discreta que esta cableada hacia el variador para controlar su arranque y cambio de sentido de giro del motor eléctrico jaula de ardilla.



PROGRAMACIÓN LADDER

PLC

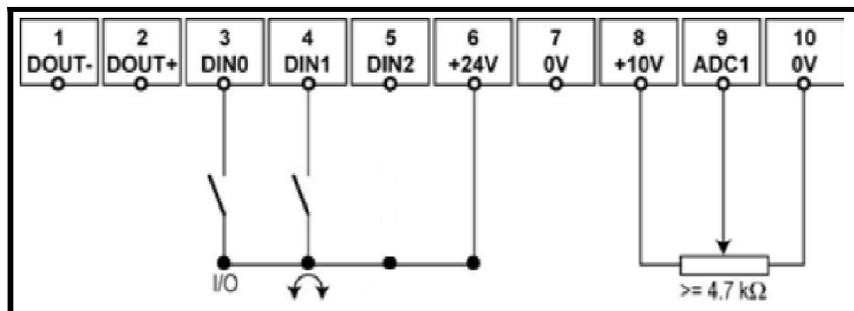
**ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE**



MALETIN DE AUTOMATIZACION

PROGRAMACION

**CONEXIONES ELECTRICAS EN VDF**



Fuente: Autor

### ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

#### PROEDIMIENTO Y DESARROLLO DE LA PRACTICA

El desarrollo del practica consiste dar a conocer el programa Ladder necesario para tener el control del motor y como el PLC recibe esta información teniendo una salida como respuesta.

PASOS 1: Entender programación Ladder y como se ejecuta en el PLC

PASO 2: Identificar los pulsadores en el maletín que intervendrán en la practica

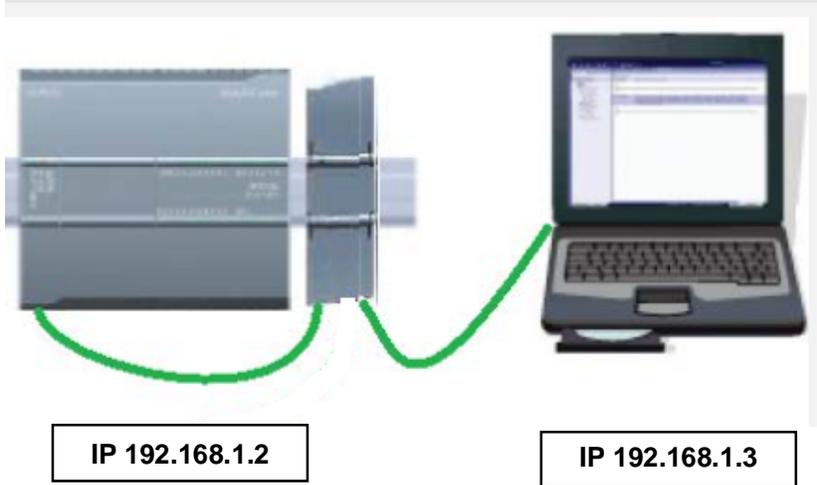
PASO 3: Realizar el cambio de parámetros necesarios en el VDF para el arranque del variador desde modo remoto

PASO 4: Control del motor por medio de pulsadores, cambio de sentido de giro y control de velocidad utilizando autómeta programable

**Fuente:** Autor

**Anexo Q.Lazo de control PLC y HMI protocolo profinet**

		<b>UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER</b> <b>GUÍA DE LABORATORIO DE SISTEMAS DE CONTROL</b>	
<b>UNIDAD ACADÉMICA: FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERIAS</b>			
<b>ASIGNATURA: LABORATORIO SISTEMAS DE CONTROL</b>			
<b>PRACTICA No. 6</b>		<b>LAZO DE CONTROL PLC Y HMI PROTOCOLO PROFINET</b>	
<b>COMPETENCIA</b>		<b>RESULTADOS DE APRENDIZAJE</b>	
		El alumnapuedaconocer las condiciones necesarias para realizar la comunicación entre 2 dispositivos <b>PLC Y HMI</b> por medio del protocolo de comunicación ethernet	
<b>MATERIALES Y EQUIPOS</b>			
<b>EQUIPOS</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Maletín didáctico de automatización</li> <li>• PLC</li> </ul>			

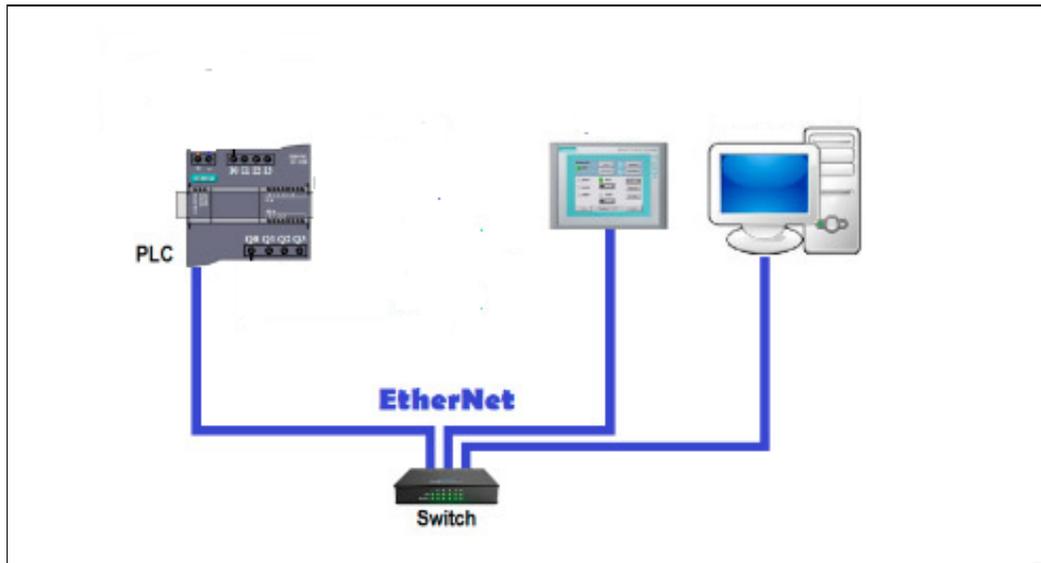
ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE
<p><b>DESCRIPCION DE LA PRACTICA</b></p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>La comunicación se puede realizar a través de un dispositivo llamado <b>SWITCH</b> donde se enlazan equipos de la misma marca en este caso <b>PLC, HMI, VDF</b> de la marca <b>SIEMENS</b> para no utilizar <b>DRIVERS</b> adicionales que sería el caso donde fueran equipos de diferentes marcas a cada equipo se le</p>

puede asignar una dirección **IP** Los equipos y redes que funcionan mediante el protocolo TCP/IP (Protocolo de Control de Transmisión / Protocolo de Internet). Este protocolo necesita para su funcionamiento que los equipos que funcionan con él tengan dos parámetros configurados en su interfaz de red, estos son la dirección IP y la máscara de subred.

Para establecer la comunicación entre el **PLC** y **HMI** es necesario utilizar el software de programación **TIA PORTAL**, este programa se encarga de buscar los equipos conectados y por funciones básicas se empiezan a parametrizar asignando una dirección **IP** para cada equipo para establecer una comunicación entre ellos

#### **PROCEDIMIENTO PARA LA CONEXIÓN ON LINE PC CON EL MALETIN**

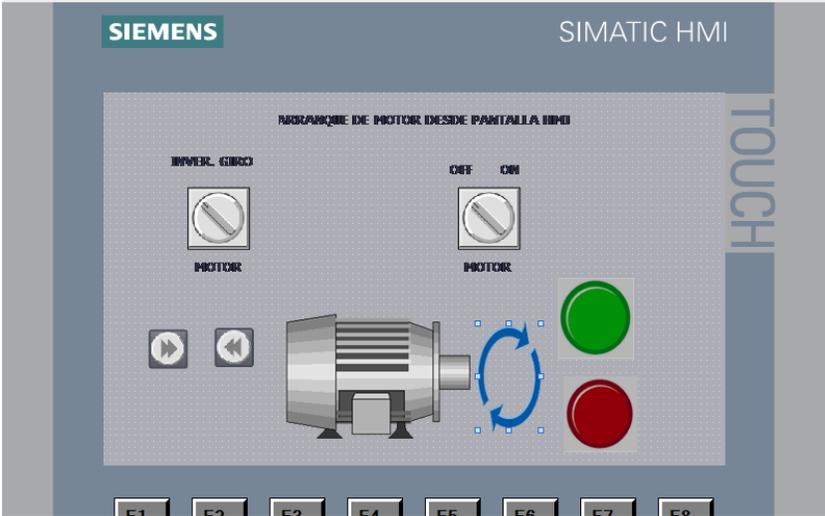
1. Energizar el maletín
2. Poner los selectores del panel frontal **PLC** y **HMI** en posición **ON**
3. Conectar el cable de **RED RJ45** al módulo de red **SIEMES** instalado en el maletín
4. Conectar el cable RJ45 a la PC
5. Abrir software de programación en este caso **TIA PORTA V.13(TOTALLY INTEGRATED AUTOMATION)**
6. Con la herramienta de búsqueda de dispositivos se procederá a buscar los equipos que se encuentren conectados al módulo de red para asignarle la dirección **IP** cada equipo.



Fuente: Autor

### Anexo R. Control de un motor eléctrico

		<b>UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER</b> <b>GUÍA LABORATORIO DE SISTEMAS DE CONTROL</b>	
<b>UNIDAD ACADÉMICA: FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERIAS</b> <b>ASIGNATURA: LABORATORIO SISTEMAS DE CONTROL</b>			
<b>PRACTICA No. 7</b>		<b>CONTROL DE UN MOTOR ELECTRICO POR MEDIO DE PLC, HMI Y VDF</b>	
<b>COMPETENCIA</b>		<b>RESULTADOS DE APRENDIZAJE</b>	
		Esta práctica consta del arranque de un motor eléctrico por medio de la interfaz <b>HMI</b> donde se obtendrá un medio grafico en tiempo real del resultado de la comunicación entre el <b>PLC.HMI, VDF</b> .	
<b>MATERIALES Y EQUIPOS</b>			
<b>EQUIPOS</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Maletín didáctico de automatización</li> <li>• PLC</li> <li>• Motor electrico.</li> </ul>			

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE
<p><b>DESCRIPCION DE LA PRACTICA</b></p>  <p style="text-align: center;"><b>DESARROLLO DE LA PRACTICA</b></p> <p>La práctica está elaborada para demostrar las condiciones necesarias que debe existir para que la pantalla HMI tenga una comunicación a través del</p>

protocolo ethernet con el PLC; con un programa diseñado para que por medio de unas salidas del PLC se direcciona una señal hacia el variador de frecuencia VDF el arranque del MOTOR esta dado como respuesta a esta señal

### **CONDICIONES NECESARIAS**

- Parametrizar el VDF para que sea en modo remoto desde una señal externa
- Verificar todas las condiciones iniciales de operación
- Ubicarse en la pantalla HMI para la práctica número 7 arranque de motor desde pantalla HMI
- Realizar el arranque del motor y evaluar las ventajas que tiene este tipo de arranques

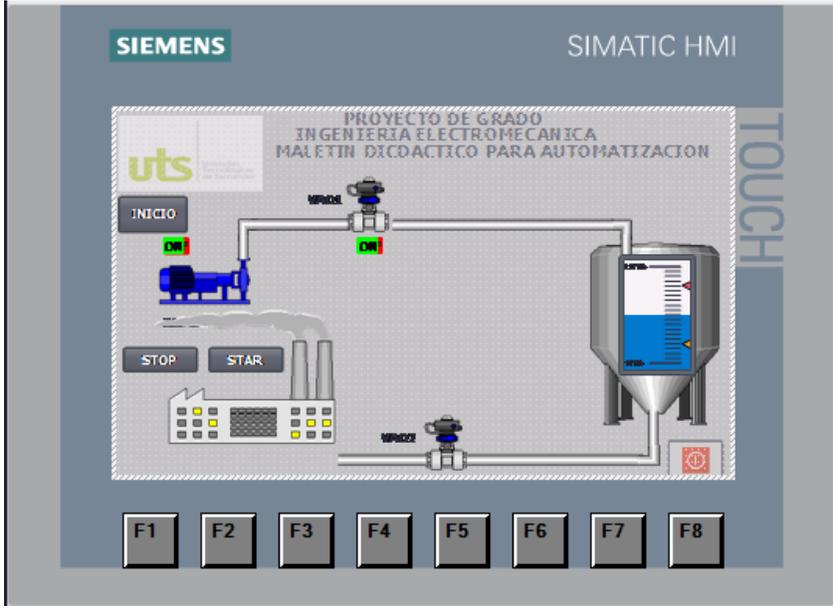
**Fuente:** Autor

**Anexo S. Sistema de simulación de proceso SCADA**

		<b>UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER</b> <b>GUÍA LABORATORIO DE SISTEMAS DE CONTROL</b>	
<b>UNIDAD ACADÉMICA: FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERIAS</b>			
<b>ASIGNATURA: LABORATORIO SISTEMAS DE CONTROL</b>			
<b>PRACTICA No. 8</b>		<b>SISTEMA DE SIMULACION DE PROCESO SCADA</b>	
<b>COMPETENCIA</b>		<b>RESULTADOS DE APRENDIZAJE</b>	
		El alumno conocerá los pasos necesarios para realizar una simulación y animación de un proceso industrial como lo es el llenado de un tanque de almacenamiento de agua	
<b>MATERIALES Y EQUIPOS</b>			
<b>EQUIPOS</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Maletín didáctico de automatización</li> </ul>			

**ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE**

**DESCRIPCION DE LA PRACTICA**



**DESARROLLO DE LA PRACTICA**

El llenado del tanque es automático y dependerá del potenciómetro que simulara el llenado y vaciado del mismo para funcionamiento de la fábrica, dependerá de los niveles máximo y mínimo que se fijen por el panel HMI. Cuando el nivel del tanque esté por debajo del nivel mínimo se abre la “válvula de ingreso VA01” luego de que se confirme que se abre la válvula pasan 2 segundos y enciende la “bomba” permitiendo el ingreso de agua dentro del tanque para iniciar el llenado, el nivel del tanque se indica en la pantalla HMI y luego de 2 segundos de apagada la bomba se cierra la válvula de ingreso.

Para esta práctica en la pantalla en la escala de nivel, el flujo de ingreso de agua es de 10 m<sup>3</sup>/s segundos, cuando el nivel del tanque llegue a su nivel máximo se apagará la bomba.

Intervienen todos los equipos instalados en el maletín como son la pantalla HMI donde se visualizará el proceso, EL PLC que ejecutará el programa de control, el VDF donde recibirá una señal para el arranque del MOTOR A.C simulando el encendido y apagado de la bomba.

Fuente: Autor

### **Anexo T. Informe de Consultoría**

## **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO DE AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL CON INTERFAZ HOMBRE MÁQUINA HMI, VARIADOR DE FRECUENCIA Y CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE PLC PARA EL CONTROL DE VELOCIDAD Y PAR DE ARRANQUE DE UN MOTOR AC**

Estudiante consultor del grupo de investigación DIANOIA de las Unidades Tecnológicas de Santander

**FREDY ALBERTO ROJAS ESPINOSA**  
(Director)

**Luis Omar Sarmiento**  
(Codirector)

**JUAN GABRIEL FERREIRA VILLABONA – 13570461**  
(Estudiante)  
**FREDY ALEXANDER HERNANDEZ BERNAL – 80058554**  
(Estudiante)  
**YOJHAN MIGUEL JAIMES SUAREZ-1096230659**  
(Estudiante)

**Barrancabermeja, Santander**  
**Fecha de Presentación: (23-10-2020)**

## TABLA DE CONTENIDO

pág.

<b><u>1. RESUMEN EJECUTIVO.....</u></b>	<b><u>2</u></b>
2.INTRODUCCION.....	3
<b><u>2. OBJETIVOS DE LA CONSULTORIA .....</u></b>	<b><u>4</u></b>
2.1 OBJETIVO GENERAL .....	4
2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS .....	4
<b><u>3. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS PROPUESTAS Y SELECCIÓN DE LA OPCIÓN MÁS VIABLE .....</u></b>	<b><u>5</u></b>
3.1 LISTADO DE LOS MATERIALES QUE SE DEBEN UTILIZAR PARA EL DISEÑO Y FUNCIONAMIENTO DEL MALETÍN AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL.....	5
3.2 DISEÑO DE ESTRATEGIAS PARA LA OPERACIÓN INTERNA DEL MÓDULO .....	12
3.3 IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA SCADA MEDIANTE LA PANTALLA HMI.....	18
3.3.1 CIRCUITO ELÉCTRICO DEL MÓDULO DIDÁCTICO.....	24
<b><u>4. ESTUDIO TECNICO TOPOGRAFICO .....</u></b>	<b><u>33</u></b>
<b><u>5. ESTUDIO FINANCIERO .....</u></b>	<b><u>36</u></b>
5.1.1 RETORNO DE LA INVERSIÓN O ROI. ....	36
<b><u>6. NORMATIVIDAD.....</u></b>	<b><u>39</u></b>
6.1 NORMA IEC – 61131.....	39

6.2 LEY 1014 DEL 26 DE ENERO DE 2006 O LEY DE FOMENTO A LA CULTURA DEL EMPRENDIMIENTO .....	39
6.3 NORMATIVA EN SEGURIDAD Y SALUD EN TRABAJO EN COLOMBIA ..	40
6.4 LEY 1273 DE 2009.....	40
6.5 DECRETO 2521 DE 2011, POR LO CUAL SE ADICIONA EL ARTÍCULO 1 DEL DECRETO 260 DE 2001 .....	40
<b><u>7. RESULTADOS Y PRODUCTOS .....</u></b>	<b><u>42</u></b>
<b>7.1 DIAGRAMA ELÉCTRICO TABLERO SUPERIOR E INFERIOR .....</b>	<b>42</b>
<b>7.2 CONEXIÓN DE CIRCUITO ELECTRICO MANDO Y CONTROL DEL MODULO .....</b>	<b>44</b>
<b>7.3 OPERACIÓN Y CONTROL DEL EQUIPO.....</b>	<b>46</b>
<b><u>8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</u></b>	<b><u>48</u></b>
<b><u>9.ANEXOS .....</u></b>	<b><u>51</u></b>

## 1. RESUMEN

Se realiza un informe ejecutivo con los resultados de la investigación, en la cual se generan conclusiones que pueden mejorar la productividad de la empresa COPOWER LIMITADA, el módulo didáctico de Automatización Industrial nació debido a que se busca crear un controlador lógico programable, que ejecute funciones como tiempo, conteo, almacenamiento de memoria, lógica de relé y cálculo aritmético, en donde incluya un PLC para el control procesos complejos.

Por lo tanto, se determinaron los principales componentes que debe llevar un maletín portátil el cual servirá para realizar prácticas de automatización, y así cumplir con todas las necesidades que se requieren en un aula de clase para realizar simulaciones con componentes reales.

Inicialmente, se desarrolla el controlador lógico programable, su funcionamiento, estructura, aplicación y uso. La operación interna del módulo se basa en unas conexiones a pulsadores donde se pueden simular diferentes tipos de entradas conectadas al PLC y las salidas se conectan a indicadores luminosos donde cada indicador enciende como respuesta a una orden previa ya programada y ejecutada.

Al final de la investigación se espera como resultado un módulo didáctico de automatización portátil, para entrenamiento en áreas de formación relacionadas con la automatización de procesos, instrumentación industrial y sistemas de control automático. Así mismo, se pretende realizar una implementación del módulo de automatización dotado de PLC, Variador de Velocidad y pantalla HMI con versatilidad portable y un manual de prácticas de laboratorio del módulo relacionadas con el control de nivel, arranque de motores.

**PALABRAS CLAVES:** Diseño, automatización, control, proceso.

## 2.INTRODUCCIÓN

El presente informe de consultoría presenta a continuación la propuesta del módulo didáctico de automatización para la empresa COPOWER LIMITADA el cual tiene el fin de recoger los principales resultados de la investigación y propuestas generadas en el proceso.

La consultoría realizada durante el mes de septiembre y octubre del año 2020, muestra los resultados obtenidos mediante el desarrollo de las practicas , esto con el fin de lograr dicha consultoría en desarrollo de nuevos productos con el sector empresarial , el avance tecnológico en el sector cada vez se hace más necesario para el mejoramiento de la funcionalidad de los procesos y operaciones , y así le presentamos a la empresa esta propuesta con enfoque de mejora e incremento de la producción , facilitando el control por medio de PLC (Controladores lógicos programables), que ejecute funciones como tiempo, conteo, almacenamiento de memoria ,lógica de relé y calculo aritmético.

En este documento se sustentan el desarrollo detallado de la consultoría realizada, con sus respectivos resultados, análisis de alternativas, materiales utilizados para el diseño y funcionamiento y diseño de estrategias.

## 1. OBJETIVOS DE LA CONSULTORIA

### 9.1. 2.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar e Implementar un módulo didáctico de automatización industrial mediante Interfaz Hombre Máquina HMI, Variador de Frecuencia y Controlador Lógico Programable PLC para el desarrollo de prácticas de laboratorio de control de velocidad y par de arranque de un motor AC.

### 9.2. 2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Diseñar el módulo didáctico de automatización con el fin de implementar un prototipo de entrenamiento de control de velocidad y par de arranque de un motor AC basado en PLC, pantalla HMI y variador de velocidad.
- Implementar un sistema de control, supervisión y adquisición de datos SCADA por medio de una pantalla HMI (Interfaz Hombre Máquina) con el fin de visualizar las variables de control de velocidad y par de arranque del motor AC.
- Realizar un manual de prácticas de laboratorio basado en el módulo didáctico de automatización con el fin de desarrollar habilidades y destrezas en programación de aplicaciones orientadas al control de velocidad y par de arranque de un motor AC.
- Elaborar un informe ejecutivo donde se muestren los resultados obtenidos basados en el desarrollo de las prácticas del módulo con el fin de lograr un acuerdo para la ejecución de una consultoría e innovación en desarrollo de nuevos productos con el sector empresarial las cláusulas reguladas por el código civil y de comercio.

### 10. 3. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS PROPUESTAS Y SELECCIÓN DE LA OPCIÓN MÁS VIABLE

Teniendo en cuenta la investigación de antecedentes se establece la selección de un módulo didáctico el cual fue diseñado en Solidworks, donde se definieron las diferentes partes y dimensiones del equipo. Se determinaron los parámetros y requerimientos necesarios para la implementación de un prototipo de automatización. Permitiendo así, optimizar conocimientos previos con respecto a la integración de varios procesos industriales.

Asimismo, se diseñaron los circuitos de mando y protección distribuidos en el tablero de control. A continuación, se procedió a ejecutar una serie de actividades que permiten el cumplimiento del objetivo mencionado.

#### 10.1.3.1 LISTADO DE LOS MATERIALES QUE SE DEBEN UTILIZAR PARA EL DISEÑO Y FUNCIONAMIENTO DEL MALETÍN AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL

Se identificaron los accesorios y elementos seleccionados para la estructuración del módulo. Así mismo se realiza una descripción de los parámetros de funcionamiento mediante fichas técnicas.

**Tabla 11.**Elementos que conforman el módulo didáctico

ITEMS	DESCRIPCIÓN
1	PLC
2	Pantalla HMI
3	Variador de velocidad
4	Maletín
5	Disyuntor
6	Borneras

<b>7</b>	selectores
<b>8</b>	Pilotos
<b>9</b>	Pulsadores
<b>10</b>	Parada de emergencia
<b>11</b>	Fuente DC

Fuente: Autor

- **Controlador lógico programable PLC**

La S7-1200 ofrece diversos módulos y placas de conexión para ampliar las capacidades de la CPU con E/S adicionales y otros protocolos de comunicación. La CPU soporta una placa de ampliación tipo plug-in:

E. Una placa de comunicación (CB) permite agregar un puerto de comunicación adicional a la CPU.

F. Una placa de batería (BB) ofrece respaldo a largo plazo del reloj en tiempo real (Arango & Salazar, 2017).

**Tabla 12.** Características del PLC S7-1200

Item	Especificaciones	
1	Temperatura de funcionamiento mínimo	-20 °C
2	Temperatura de funcionamiento	60 °C
3	Categoría de tensión:	20,4-28,08 V dc (24 v dc nominal) u85-264 V AC (115 O 230V AC nominal)
4	Tipo de entrada:	Analógico, digital
5	Tipo de salida:	Relé o transistor
6	Tipo de red:	Ethernet
7	Tipo de puerto de comunicación:	Thernet,Profinet,UDP
8	Interfaz de programación:	Profinet
9	Entradas/Salidas máximas	14/10
10	Montaje:	Pared/Carril DIN
11	Lenguaje de programación:	FBD, LAD, SCL

Fuente: SIEMENS. Controlador programable S7-1200. SIMATIC,2015.

- **Pantalla SIMATIC HMI**

Ofrece visualización de alta calidad incluso en máquinas e instalaciones de pequeñas dimensiones. Con la segunda generación de SIMATIC HMI Basic Panels, dos de los aspectos decisivos a este respecto son la alta resolución y la intensidad de 65.500 colores. También la conectividad, para la que puede elegirse una interfaz PROFINET o PROFIBUS más conexión USB (Fernandez, 2019).

**Tabla 13.** Características del HMI

Item	Especificaciones	
	<p>① Conexión para la fuente de alimentación      ⑥ Junta de montaje                  ② Puerto USB      ⑦ Teclas de función                  ③ Interfaz PROFINET      ⑧ Placa de características                  ④ Escotaduras para tensionador      ⑨ Conexión para tierra funcional                  ⑤ Pantalla/pantalla táctil      ⑩ Guía para tiras rotulables</p>	
1	Conexión de la fuente de alimentación.	24 V DC de suficiente intensidad cables con una sección mínima de 1,5 mm <sup>2</sup> .
2	Puertos USB	puertos USB tipo A para conectar ratón, teclado, memoria lápiz USB, etc
4	Convertidor, adaptador y conector	Convertidor de RS 422 a RS 232
5	Láminas de protección	Lámina de protección de 4" 7" 9"12"
6	Junta de montaje	: ≤ 120 μm (Rz 120)
7	Teclas de función	Pantalla táctil analógica resistiva 4 y 8
8	Paquetes de servicio	Juego de 20 tensionadores, y juego de 10 conectores de red

**Fuente:** SIMATIC. HMI Paneles de operador Basic Panels 2nd Generación

• **Variador de velocidad**

Los convertidores SINAMICS G110 son convertidores de frecuencia para regular la velocidad en motores trifásicos. Los diferentes modelos que se suministran cubren un margen de potencia de 120 W a 3,0 kW en redes monofásicas. Los convertidores están controlados por microprocesador y utilizan tecnología IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) de última generación. El SINAMICS G110 puede utilizarse tanto en aplicaciones donde se encuentre aislado como integrado en sistemas de automatización. (couedic, 1997).

**Tabla 4.**Características del variador de velocidad

Ítem	Especificaciones	
1	Los convertidores SINAMICS G110	cubren un margen de potencia de 120 W a 3,0 kW en redes monofásicas
2	Temperatura -10	ura -10 °C hasta +50 °C
3	Humedad	Humedad relativa d 95 % sin condensación
4	Altitud S	Si el convertidor debe instalarse a una altitud > 1000 m o a partir de 2000 m sobre el nivel del mar
5	Choques y Vibraciones	Movimiento de adaptación: 0,075 mm (10 Hz a 58 Hz) ¾ Aceleración: 10 m/s2 (58 Hz a 200 Hz)
7	Contaminación atmosférica	No instalar el convertidor en un entorno que contenga contaminantes atmosféricos tales como polvo, gases corrosivos, etc.
8	Terminación de bus en la variante USS	a variante USS del SINAMICS G110 utiliza protocolo RS485 para la comunicación entre el control y el (los) convertidor(es) en el bus.
9	frecuencia nominal del motor en el parámetro P0100	P0100 = 0 (kW, 50 Hz) ajuste de fábrica ¾ P0100 = 1 (hp, 60 Hz) ¾ P0100 = 2 (kW, 60 Hz)
10	Reposición al ajuste de fábrica	Ajuste P0010 = 30 2. Ajuste P0970 = 1
11	Ajuste de fábrica: varianteanalógica	2, borne 9, (AIN, 0...10 V).
12	Entrada analógica (variante analógica)	1, para consigna (0 V a 10 V, escalable o usable como cuarta entrada digital)

13	Tensión de red y márgenes de frecuencia	200 V a 240 V ( $\pm 10\%$ ) 1AC
14	Frecuencia de red	47 a 63 Hz

**Fuente:** SIEMENS. Sinamics G110

- **Maletas de aluminio**

Las maletas de aluminio son ideales para el transporte de su equipo de trabajo. Son fabricadas en aluminio, su ligereza facilita el transporte sus dimensiones permiten alojar equipos y herramientas de gran longitud como niveles, arco de sierra. Incluye dos separadores, uno fijado a la maleta y el otro independiente con posibilidad de fijación para un perfecto orden de las herramientas sus medidas son 0,51 m de largo 0,53 m de ancho y 0,15 m alto.

Figura 45. Maletas de aluminio

**MALETAS DE ALUMINIO  
PORTAHERRAMIENTAS**

Las maletas de aluminio portaherramientas **EGA Master** aportan al profesional el artículo ideal para el transporte de su equipo de trabajo.

**Fabricadas en aluminio, su ligereza facilita el transporte.** Sus dimensiones permiten alojar equipos y herramientas de gran longitud como niveles, arcos de sierra...

**¡perfecto orden rápida detección!**

Cierres fabricados en **Zamak** para mayor durabilidad.

Asas reforzadas para aguantar más peso.

Cerradura con llave.

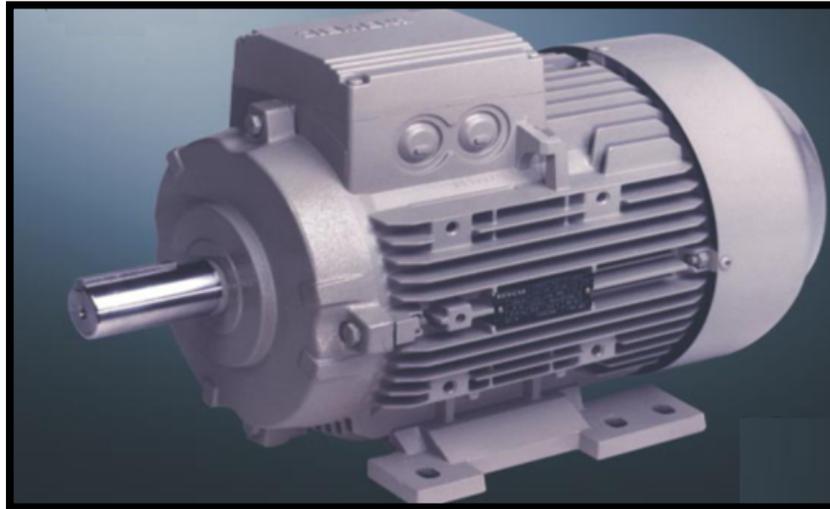
\* Incluye 2 separadores, 1 fijado a la maleta y otro independiente con posibilidad de fijación, para un perfecto orden de las herramientas.

\* COD 51056

GARANTÍA LIMITADA

Fuente: EGA MASTER ART INNOVATION. Maletas de aluminio.

- **Motor eléctrico trifásico marca SIEMENS**



Fuente: Siemens. Motor electrico.

El módulo didáctico requiere de un motor eléctrico trifásico en corriente alterna marca SIEMENS con el fin de realizar prácticas de arranque y cambios de sentido de giro mediante el panel BOP, la ficha técnica del equipo se evidencia del anexo 1 al 6.

- **Disyuntor**

Figura 46. Disyuntor

CARACTERÍSTICAS		
1	Tipo de voltaje	AC/DC
2	Corriente	16 A
3	Voltaje	400 V
4	Numero de polos	2

Fuente: Siemens. Disyuntor

Este dispositivo actúa como una protección ante sobrecargas por errores sufridos en el circuito eléctrico del módulo didáctico. Los parámetros técnicos del disyuntor instalado en el sistema se logran observar en el anexo 7.

### 10.2. 3.2 DISEÑO DE ESTRATEGIAS PARA LA OPERACIÓN INTERNA DEL MÓDULO

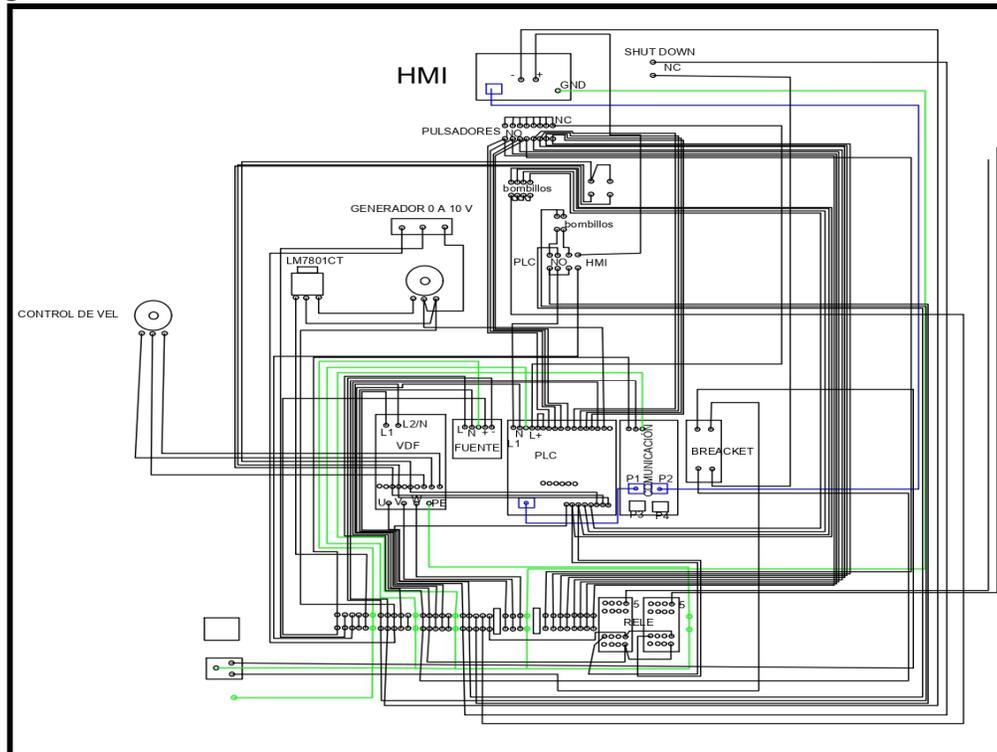
Para el cumplimiento del objetivo, y de acuerdo al banco de pruebas diseñado se procede a elaborar los planos que establece la realización del diseño estructurado con las respectivas dimensiones y geometría de cada equipo. De igual forma, la representación gráfica del sistema brinda una herramienta la cual permite identificar los diferentes instrumentos y conexiones eléctricas.

El modelo esquemático se realiza en el software SolidWorks con base a diagramas y planos recopilados de la investigación previa, los cuales permiten tener una guía de referencia para las dimensiones proporcionadas a cada pieza dentro del ensamble final realizado. Consecutivamente se detallan las piezas y medidas nominales, como aporte relevante para el proyecto, presentando un documento con el diseño estructurado de un módulo para el desarrollo de pruebas.

- **Plano eléctrico modulo didáctico**

La figura 3, permite evidenciar el circuito eléctrico que compone el sistema del módulo didáctico, elaborado a través del software CADESIMU el cual es un programa para el desarrollo de esquemas. El circuito esta direccionado para el accionamiento del motor, el cual cuenta con un Switch, quien acciona el sistema para la respectiva apertura o cierre del circuito con relación a los parámetros fijados. El plano de conexiones del circuito es construido como propósito para facilitar la comprensión de los elementos interconectados, permitiendo de una manera sencilla analizar el funcionamiento interno de cada uno de los equipos que componen el sistema.

**Figura 47. Plano eléctrico modulo didáctico**



Fuente: Autor

### • Planos mecánicos del módulo didáctico

Para el cumplimiento del objetivo, y de acuerdo al banco de pruebas que se seleccionó tipo se procede a elaborar los planos que establece la realización de un diseño estructurado con la modelación de un sistema de pruebas con la función de ejecutar el proceso de control. De igual forma, la representación gráfica brinda una herramienta la cual permite identificar los diferentes instrumentos y conexiones que interfieren en el equipo.

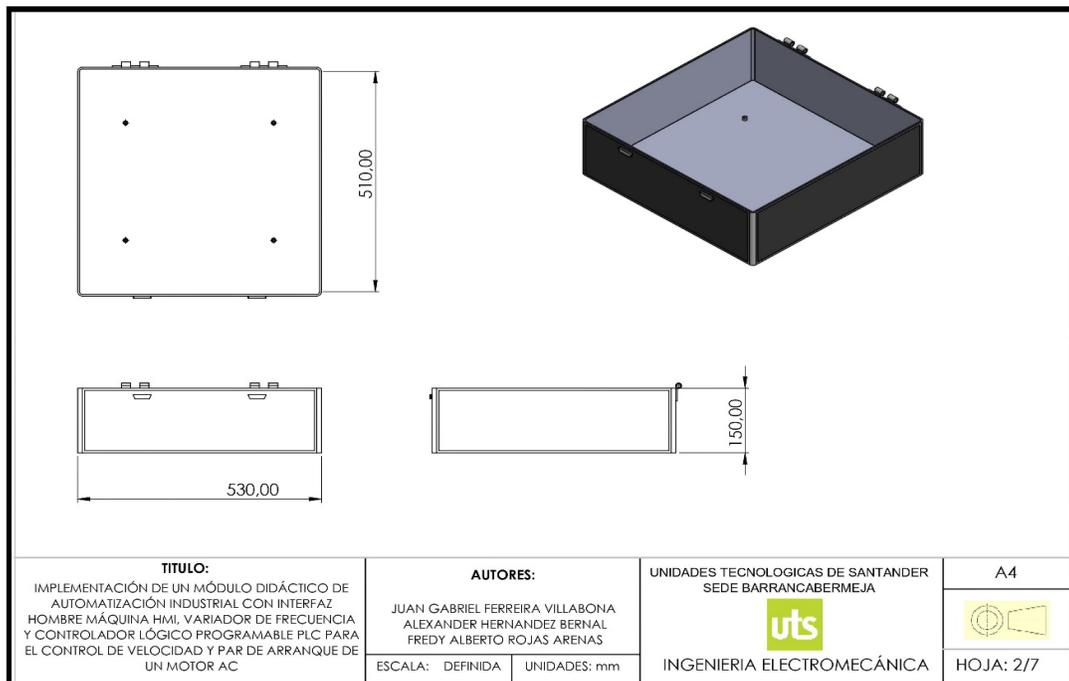
El modelo esquemático se realiza en el software SolidWorks con base a diagramas y planos recopilados de la investigación previa, los cuales permiten tener una guía de referencia para las dimensiones proporcionadas a cada pieza dentro del ensamble final realizado. Consecutivamente se detallan las piezas y medidas nominales, como aporte relevante para el proyecto.

**Figura 48. Modulo didáctico de automatización industrial**



Fuente: Autor

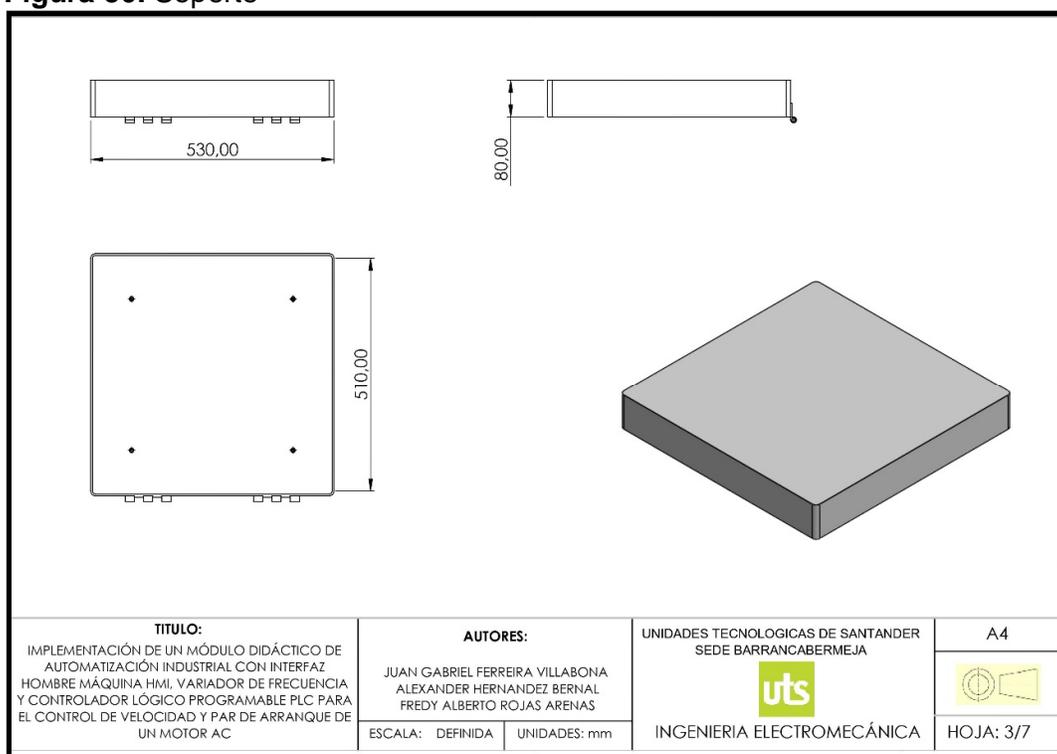
**Figura 49. Dimensión de la Estructura base del módulo didáctico de automatización**



Fuente: Autor

En la figura 4 se observa el diseño del módulo didáctico finalizado. Por otro lado, en la Figura 5 se logra evidenciar la dimensión de la estructura del módulo didáctico que está construido en aluminio en lo cual van los elementos de control que son el PLC, pantalla HMI, variador de velocidad, maletín, disyuntor, borneras, pulsadores etc. para hacerlos de fácil uso y de manipulación en los procesos de automatización industrial.

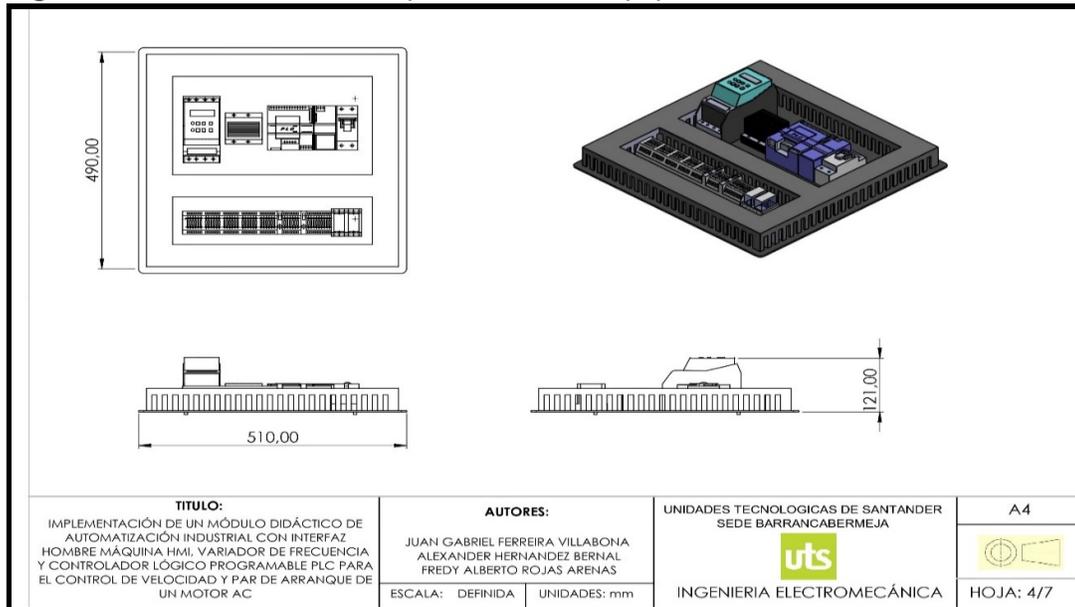
**Figura 50. Soporte**



**Fuente:** Autor

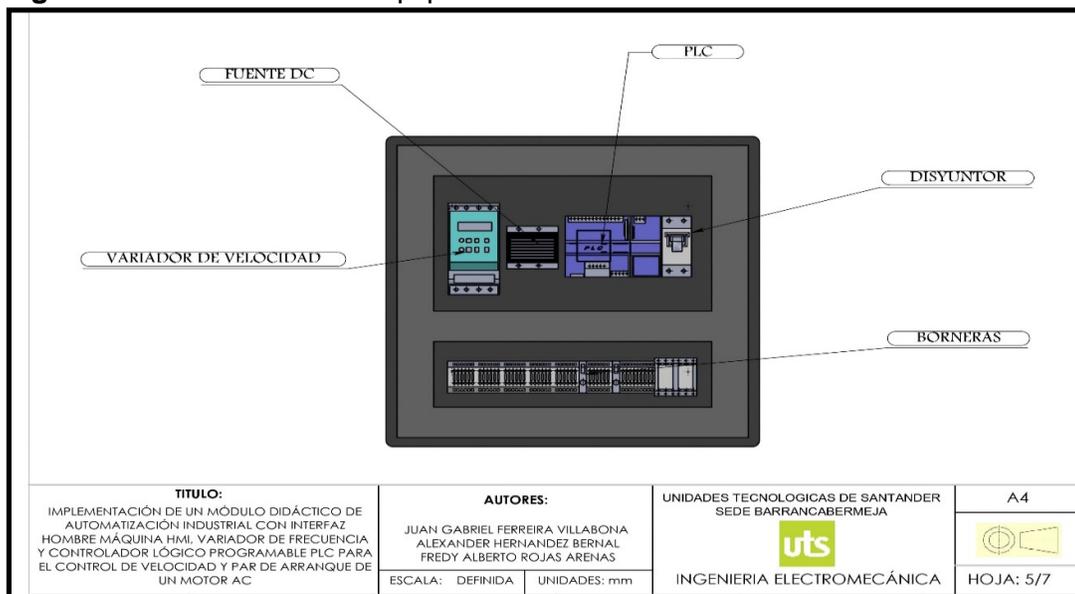
La figura 6 representa la lámina utilizada como base para la fijación de los elementos de control y accesorios eléctricos del módulo. De igual forma se observa las dimensiones de la pieza caracterizada por 0,51 m de largo, 0,53 m de ancho y un alto de 0,8 m.

**Figura 51.** Dimensiones del soporte base de equipos



Fuente: Autor

**Figura 52.** Identificación de equipos de control

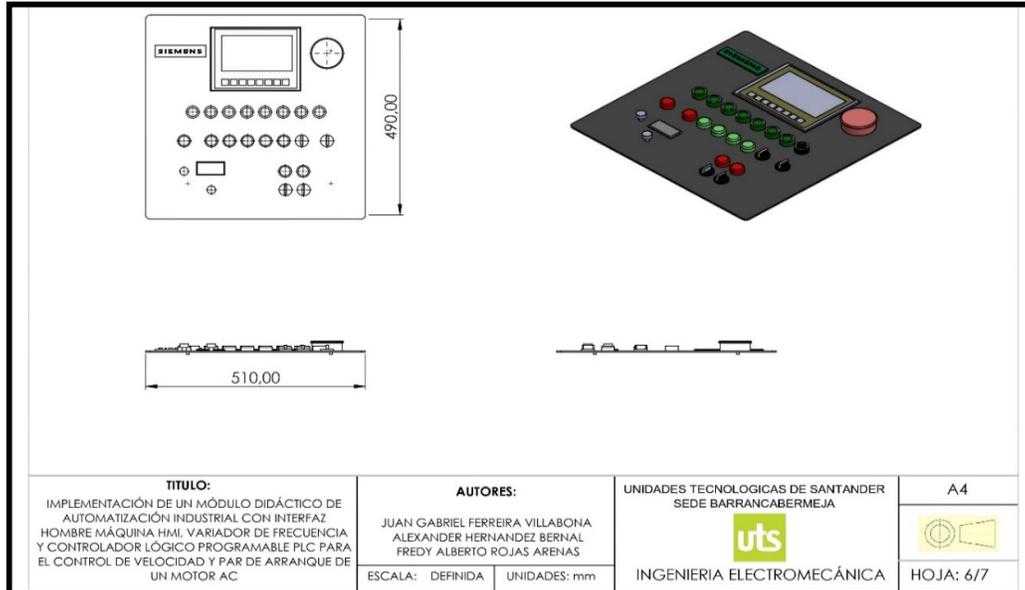


Fuente: Autor

Se puede observar en la imagen 7 las dimensiones del soporte para la base de equipos de automatización que son necesarias para el manejo de procesos industriales y el correcto funcionamiento. También en la Figura 8, se identifican

los elementos que conforma el equipo de control que son el PLC, Disyuntor, borneras, variador de velocidad etc.

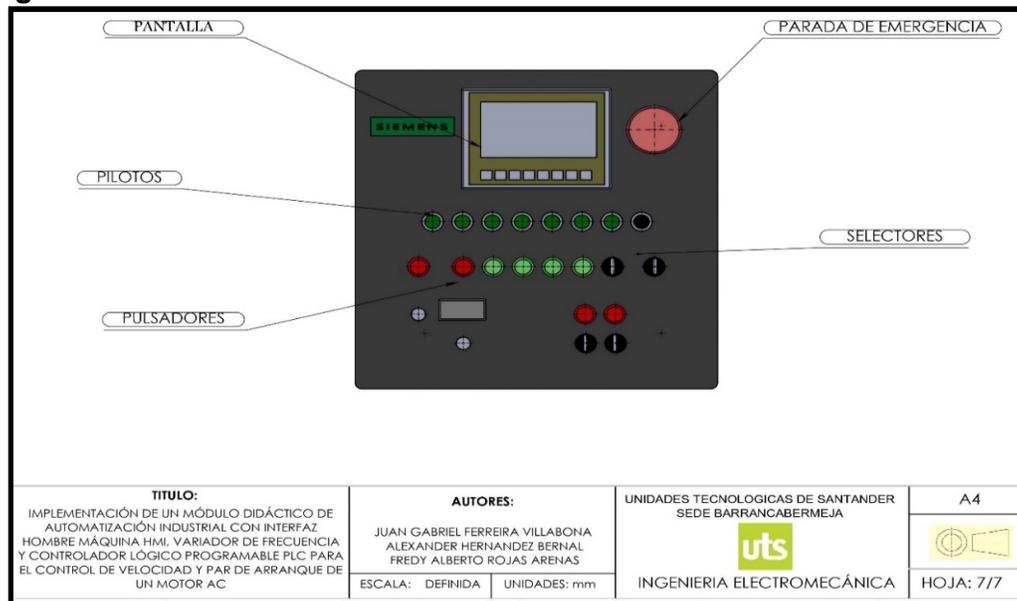
**Figura 53.** Dimensión del tablero de control



Fuente: Autor

La Figura 9 ilustra las dimensiones del tablero de control caracterizadas con un ancho de 0.51 m y un largo de 0.49 m.

**Figura 54.** Distribución de los elementos del tablero de control



Fuente: Autor

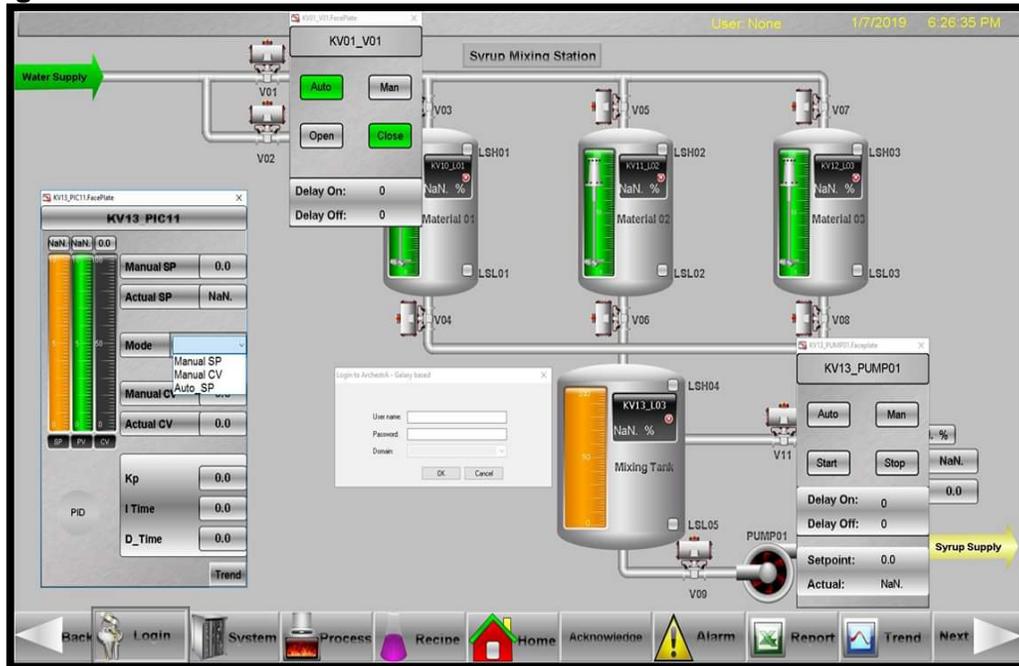
La Figura 10 señala los elementos que conforman el tablero de control del módulo didáctico, que se conforma con 1 parada de emergencia, selectores, pulsadores, pilotos, pantalla HMI etc.

### **10.3.3.3 IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA SCADA MEDIANTE LA PANTALLA HMI.**

#### **Sistema de control y adquisición de datos SCADA**

El software SCADA (2007) está constituido por dos programas el primero es el de diseño donde se va a aplicar todo un entorno visual para el operador, ingeniero tendremos el modo de arranque el cual ejecutara el sistema creado. El software está diseñado para funcionar sobre ordenadores de producción, que permite la comunicación con los dispositivos como son los controladores autónomos, autómatas programables y controla el proceso de forma automática desde la pantalla de un ordenador. Además, proporciona de toda la información que se genera en el proceso productivo a diversos usuarios: control de calidad, supervisión, mantenimiento, etc.

**Figura 55. Simulación scada**

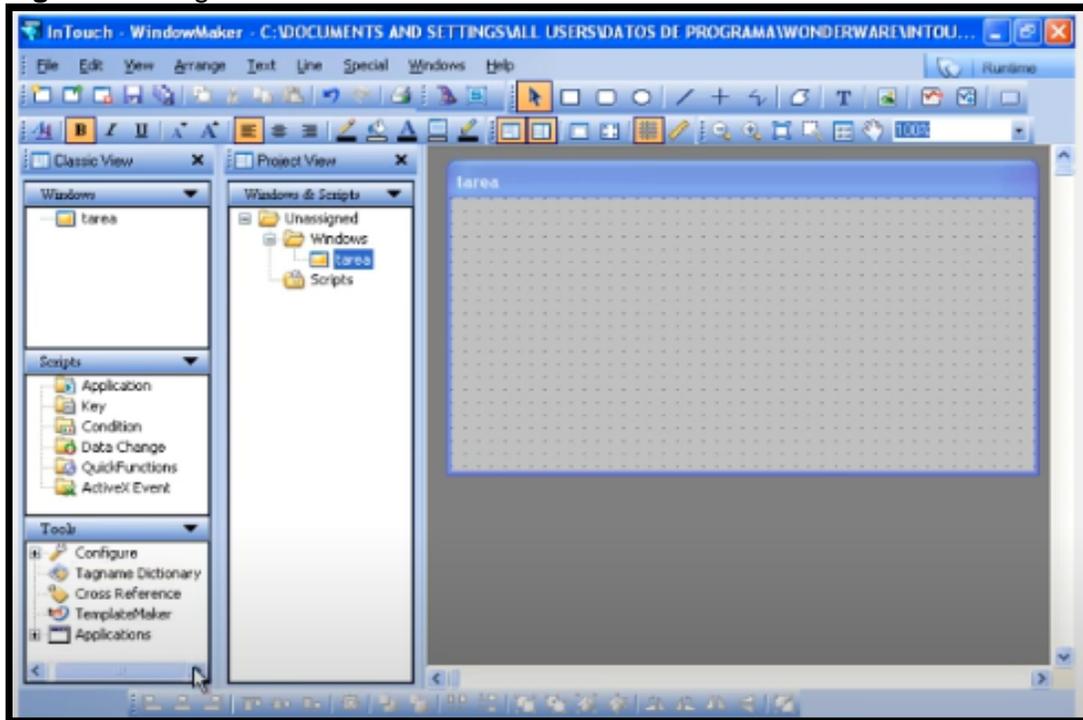


**Fuente:** SCADA. Edición del programa. [sitio web]. Consultado: 2 julio 2020. Disponible en: [www.scadalia.com](http://www.scadalia.com)

El software SCADA contiene una ventana de edición, en el cual se va realizar la programación de todas las ventanas de la aplicación con sus características, y del programa de RUNTIME que hace arrancar la aplicación comunicando con los distintos dispositivos de campo.

En la ventana que aparece de edición, se accederá a todas las opciones de configuración mediante menús desplegables o con los botones de acceso directo. La ventana estará distribuida en varias partes: que son Barra de menús desplegables: que Contiene todos los menús habituales de sistema más algunos específicos de cada fabricante. Contiene la Barra general de herramientas, Barras de iconos de formato, Barra de herramientas de dibujo Zona del explorador de la aplicación, Pantalla de dibujo y animación, Barra de tratamiento de objetos agrupados, Barra de estado(Penin, 2007).

**Figura 56.** Programación scada

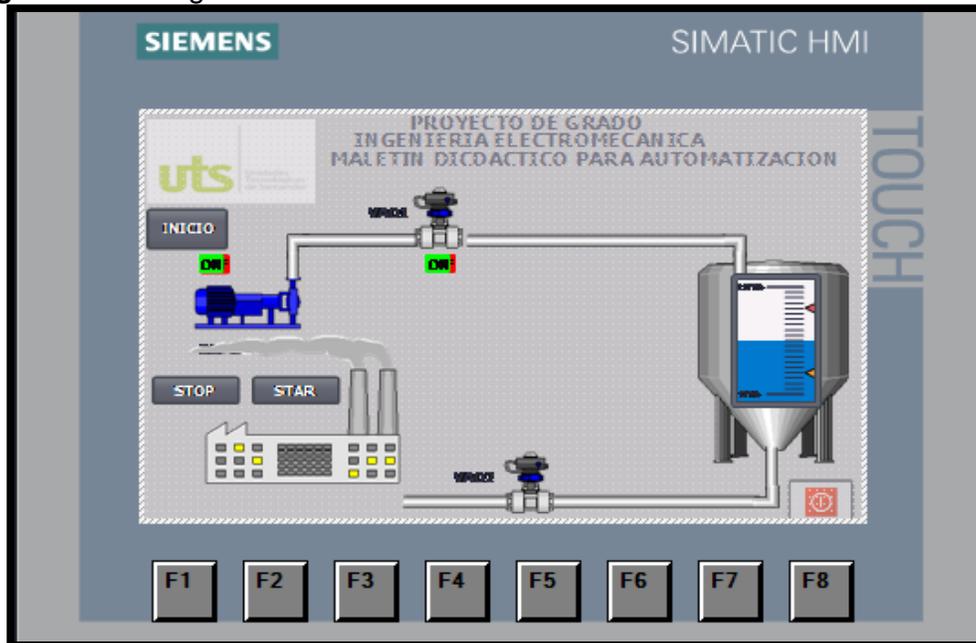


**Fuente:** SCADA. Edición del programa. [sitio web]. Consultado: 2 julio 2020. Disponible en: [www.scadalia.com](http://www.scadalia.com)

Se ilustra en la siguiente figura 12 de scada que en la barra de menú se agrega una herramienta de dibujo, mediante la cual se puede dibujar cualquier tipo de objeto. Estos objetos, con las barras de herramientas, se podrán crear o cambiar el tamaño que se desee también el color y el grosor de las líneas, aplicando los textos deseados que se quiera cambiar. Se podrá agrupar, alinear, colocar delante, etc., y también se puede configurar y dibujar para poder guardarlos para utilizarse más adelante para lo que se desee (Penin, 2007).

También dispone de objetos complejos ya dibujados, tales como botones, diferentes gráficas, alarmas, incluso de la opción de insertar las imágenes de un archivo ya creado. Cuando el objeto se ha dibujado, hay que animarlo. Los scada contienen una serie de objetos de uso más frecuente ya dibujados y editados de forma que simplemente configurando un número mínimo de parámetros se consigue su funcionamiento.

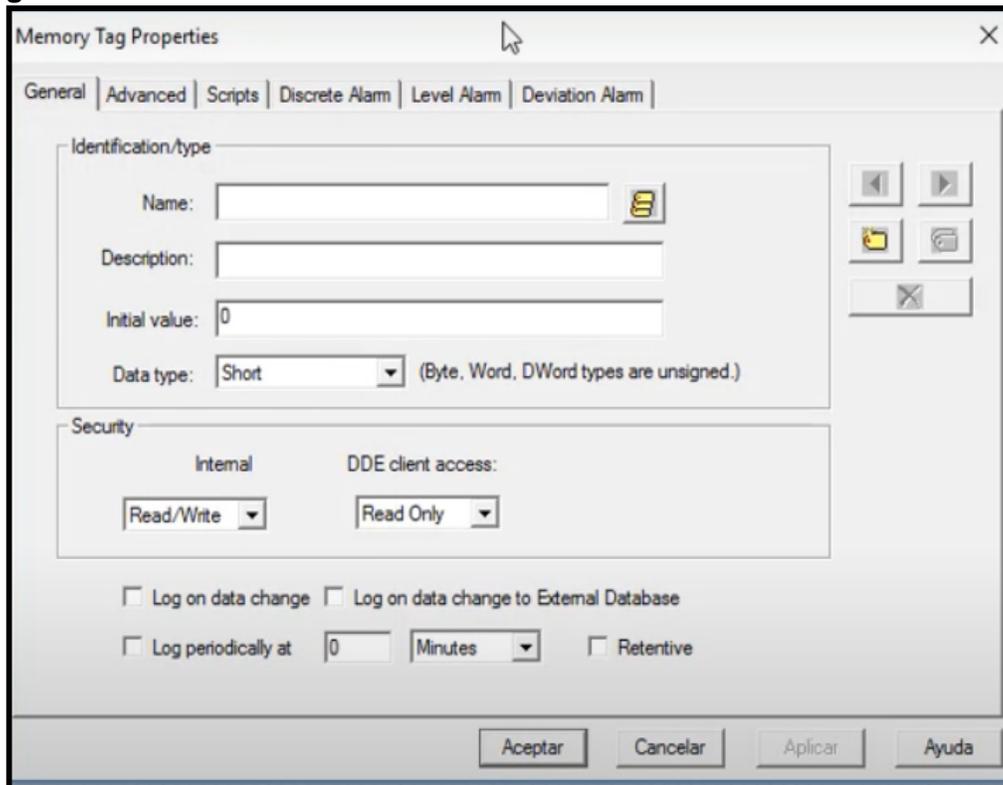
**Figura 57. Configuración**



**Fuente:** Autor

Como se observa en la figura 13 contiene valores actuales de los elementos de dicha base denominados etiquetas. Estas etiquetas aportan una variable que puede ser de muchos tipos: Tanto interna, que es la más utilizada para el software del scada. Y externa, que es la variable que se utiliza como conexión entre el scada y el PLC. grupos de alarmas asociados a gráficos históricos binaria, el estado de la variable es un cero o un uno número entero, número real, alfanumérico, la variable contiene una cadena de texto del propio sistema. Variables ya configuradas y utilizadas por el sistema (por ejemplo, la fecha y la hora del PC).(Penin, 2007)

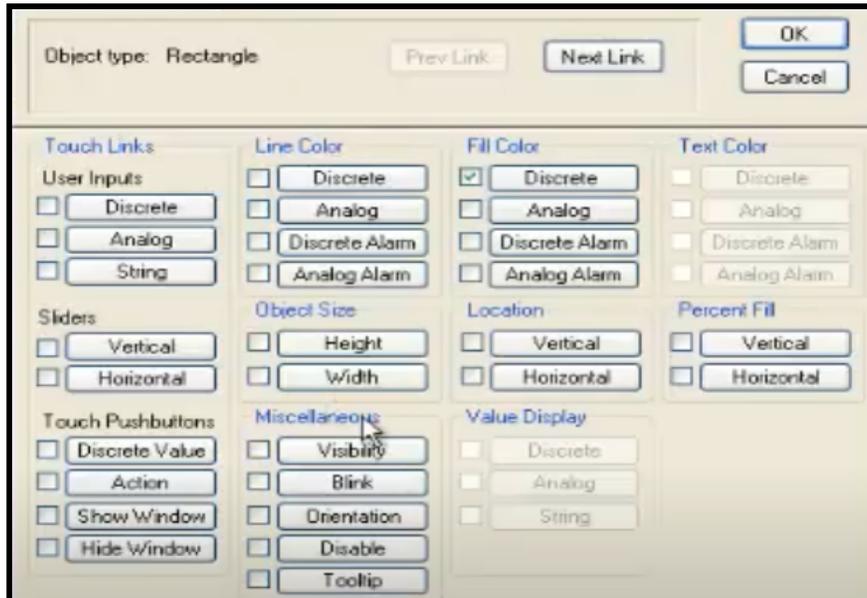
**Figura 58.** Valores actuales del software



**Fuente:** SCADA. Edición del programa. [sitio web]. Consultado: 2 julio 2020. Disponible en: [www.scadalia.com](http://www.scadalia.com)

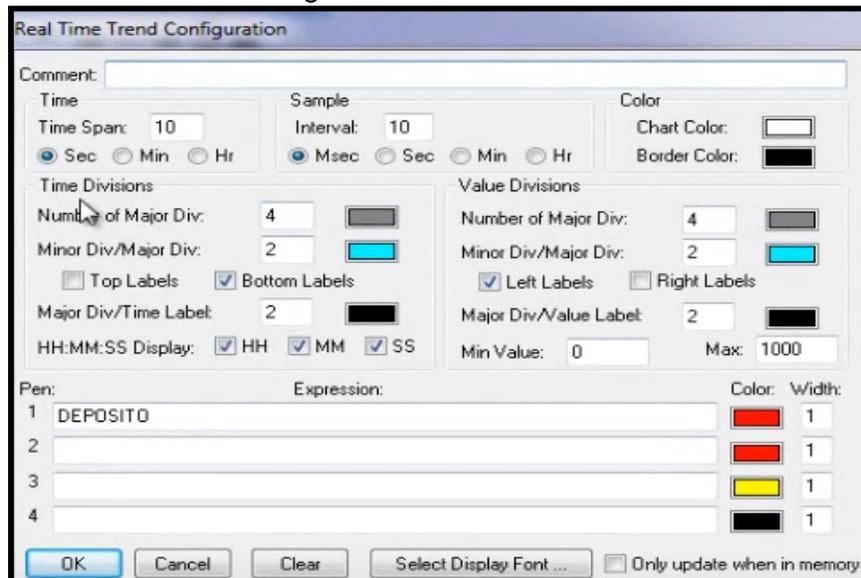
Se evidencia en la Figura 14 los Enlaces de animación donde Hay dos tipos de enlace Contacto de Visualización que son los enlaces de contacto que permiten al operario realizar entradas de datos en el sistema. Y los enlaces de visualización, se utilizan para informar al operador del estado de los distintos parámetros del sistema (Penin, 2007). En la Figura 15 se evidencia la ventana para la visualización y caracterización de los parámetros. Una vez realizados los cambios, estos son guardados en un fichero.

**Figura 59.** Parámetros del software



**Fuente:** SCADA. Edición del programa. [sitio web]. Consultado: 2 julio 2020. Disponible en: [www.scadalia.com](http://www.scadalia.com)

**Figura 60.** Información de las graficas



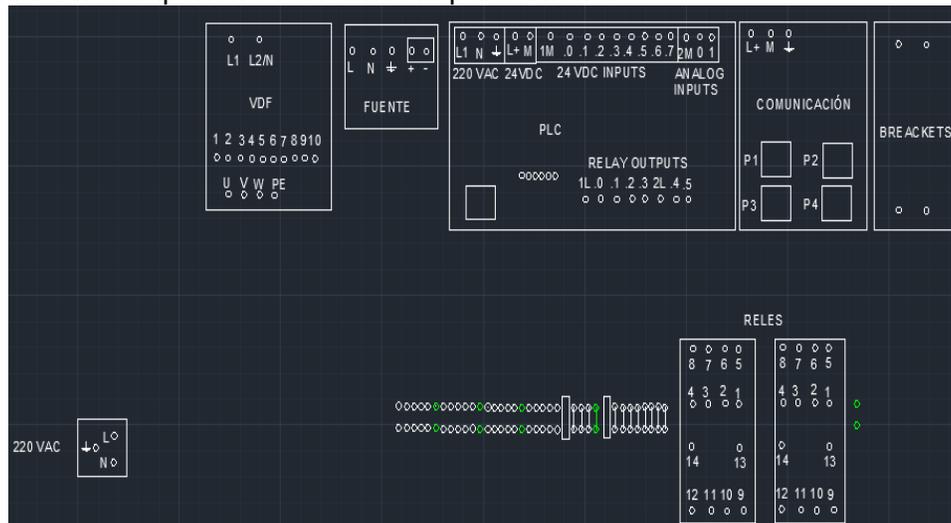
**Fuente:** SCADA. Edición del programa. [sitio web]. Consultado: 2 julio 2020. Disponible en: [www.scadalia.com](http://www.scadalia.com)

Las gráficas posibilitarán la visión de varias curvas asociadas a puntos) simultáneamente. La ventana generada en la Figura 16 brinda información del valor y de la fecha en cada momento. Para su creación se dispone de herramientas especiales, bien en la caja de herramientas (Penin, 2007).

### 10.3.1. 3.3.1 Circuito eléctrico del módulo didáctico

Se detalla a continuación los componentes que conforman el maletín didáctico para las pruebas de automatización, los diagramas evidenciados fueron realizados mediante la herramienta AutoCAD lo cual es un software de diseño asistido por computadora y que también incluye características específicas de la industria y objetos inteligentes para arquitectura, también Permite automatizar secciones y elevaciones.(Penin, 2007)

**Figura 61.** Componentes del maletín parte inferior



**Fuente:** Elaboración propia. Software AutoCAD

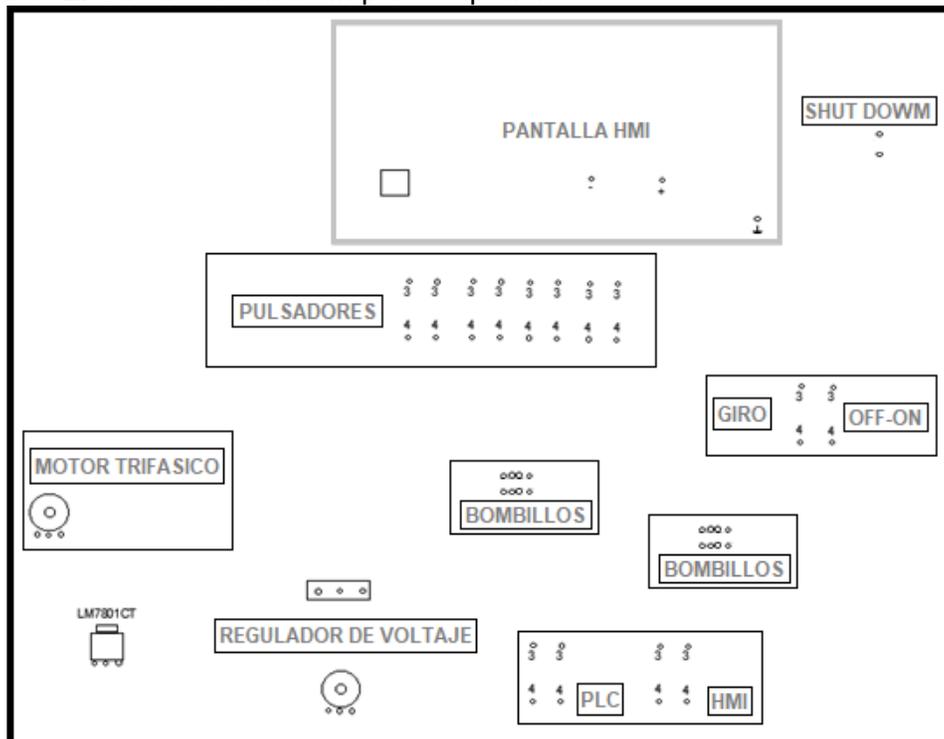
De acuerdo a la información recopilada por los autores, en la figura 17 se observa el diagrama de puntos de conexión de los componentes presentes en el maletín didáctico de pruebas de automatización, los cuales está compuesto por:

- Entrada 220 VAC.
- Borneras de conexión.
- Relés.
- Variador de frecuencia.
- Fuente.

- PLC marca siemens.
- Switch de comunicación.
- Breackets.

Estos componentes se encuentran en la parte inferior del maletín que es donde se harán la mayor parte de la conexión para su correcto funcionamiento.

**Figura 62.** Circuito del maletín parte superior



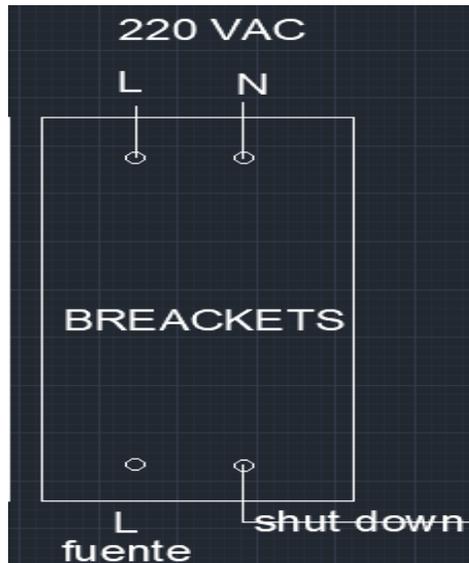
**Fuente:** Elaboración propia. Software AutoCAD

En la figura 18 se visualiza los puntos de conexión de los elementos presentes en el maletín didáctico, compuesto por:

- Regulador de voltaje (0 a 10V).
- Regulador LM7801.
- Pulsadores.
- Potenciómetros.
- Bombillos.
- Pantalla HMI.
- SHUT DOWN.

Estos componentes se encuentran en la parte superior del maletín que es donde se controlara y visualizara el maletín para su funcionamiento.

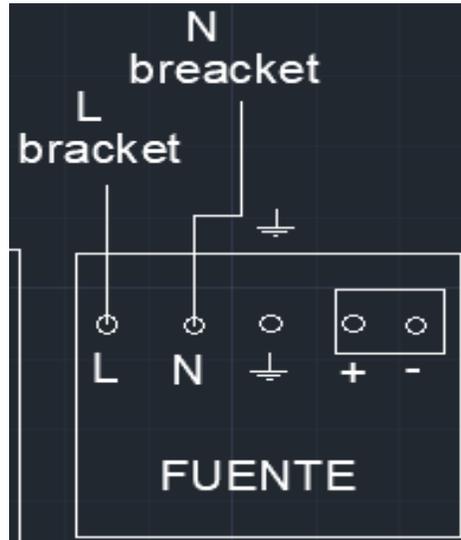
**Figura 63.** Breackets.



**Fuente:** Elaboración propia. Software AutoCAD

En la figura 19 se visualiza el breackets, el cual es alimentado a 220 VAC, la fase de la entrada de 220 alimenta a la fase de la fuente (L). en el neutro que sale del bracket, llega al shut Down y este pasa a él neutro de la fuente (N).

**Figura 64.** Conexión de la fuente.



**Fuente:** Elaboración propia. Software AutoCAD

En la figura 20 se visualiza la fuente, en la cual entran de 120 a 240 VAC por el neutro y fase que proviene del bracket. En la salida de la fuente salen 24 VDC, el positivo alimenta al switch de comunicación, y el negativo alimenta a los bombillos que se encuentran encima de el interruptor de del PLC y el HMI.

**Figura 65.** Variador de frecuencia.

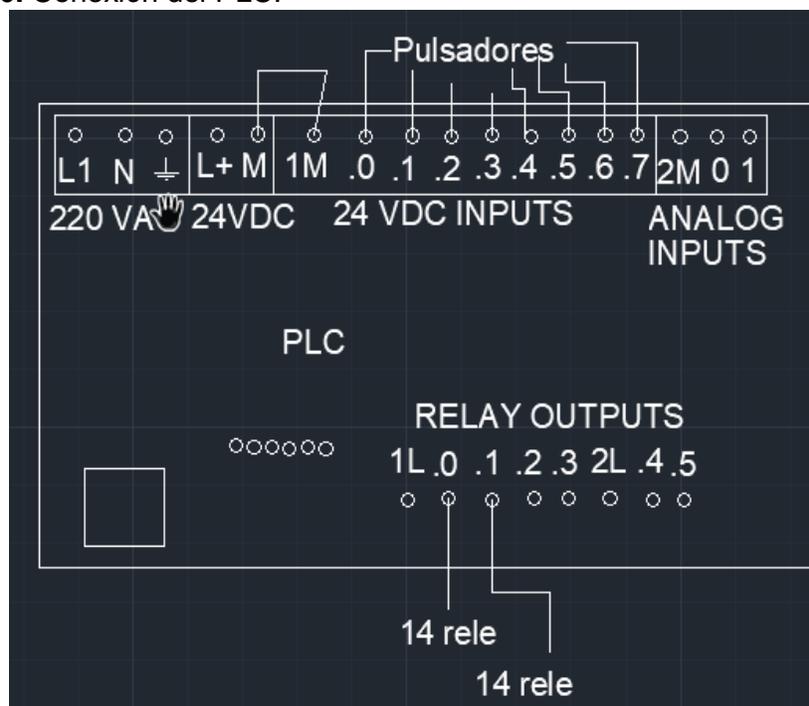


**Fuente:** Elaboración propia. Software AutoCAD

En la figura 21 se visualiza el variador de frecuencia el cual es alimentado por 220 VAC (L1) por el neutro que proviene del shutdown el cual está conectado desde el breacket. La fase (L2/N) está conectado al pin número 9 del rele. Estos están conectados al neutro (N) de entrada del plc y al pin 1L del RELAY DE SALIDA del plc.

- Los pines U, V y W son para la salida del motor.
- El pin 8, 9 y 10 van conectados al potenciómetro del control de la velocidad del motor.
- Los pines 6, 4 y 10 van conectados al interruptor de selección del inversor de giro y encendido y apagado del motor.

**Figura 66.** Conexión del PLC.



**Fuente:** Elaboración propia. Software AutoCAD

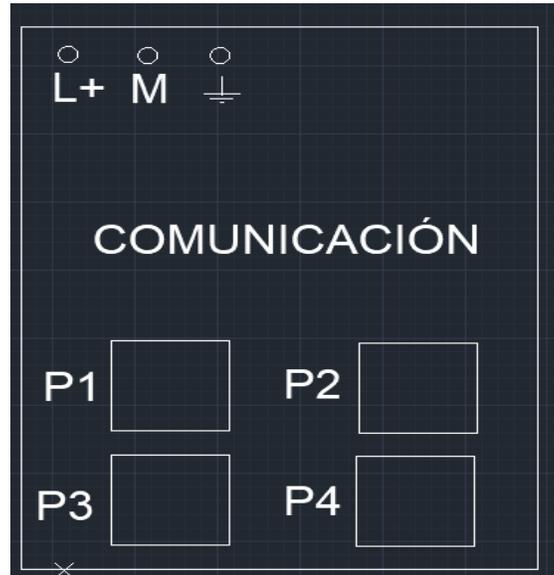
En la figura 22 se evidencia el plc marca siemens el cual el pin L1 está conectado al pin del interruptor del selector del plc, el pin N está conectado el pin de la fuente L2/N del variador de frecuencia y conectado a tierra. En el pin L+ salen 24 VDC que va conectado a los pulsadores, y el pin M alimenta al pin

M el cual alimenta a los pulsadores que se encuentran en la parte superior del maletín. El pin 2M recibe las señales del regulador de voltaje y del pin negativo de la fuente y del pin M del switch de comunicación.

Los pines del RELAY OUTPUTS del PLC van conectado de la siguiente manera:

- El pin 1L van conectados al pin (L2/n) del variador de frecuencia, a la fase de la fuente (L), al neutro (N) del PLC, al pin 9 del relé y a la fase que sale del breackets.
- El pin .0 va conectado al pin 14 del relé y alimenta al 4 bombillo que se encuentra en la parte superior del maletín
- El pin .1 va conectado al pin 14 del segundo relé y alimenta al 3 bombillo que se encuentra en la parte superior del maletín.
- El pin .2 va conectado al segundo bombillo que se encuentra en la parte superior del maletín.
- El pin .3 va conectado al primer bombillo que se encuentra en la parte superior del maletín.
- El pin 2L va conectado al pin 6 del variador de frecuencia.
- El pin .4 va conectado al pin 3 del variador de frecuencia.
- El pin .5 va conectado al pin 4 del variador de frecuencia.

**Figura 67.** Conexión del switch de comunicación.

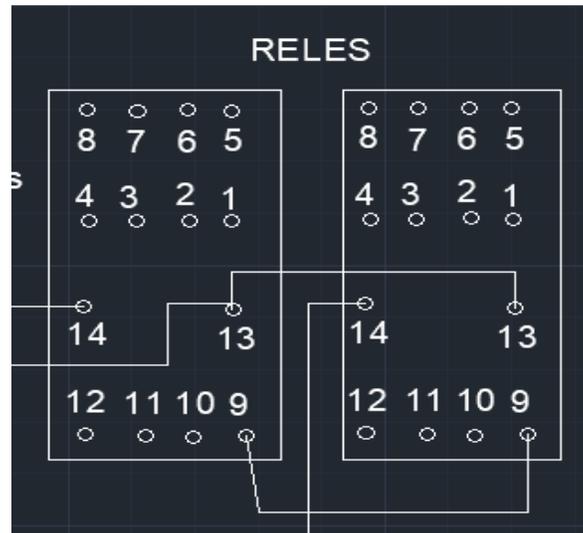


**Fuente:** Elaboración propia. Software AutoCAD

En la figura 23 se observa el switch de comunicación, el cual está conectado de la siguiente forma:

- El pin L+ es alimentado por el pin + de la fuente, al generador de voltaje, al interruptor de encendido del HMI y a la entrada el regulador LM7801.
- El pin M va conectado el negativo del HMI, al pin - de la fuente, a la tercera pata del potenciómetro, al pin 2M de la parte superior del PLC y alimenta a los bombillos que se encuentran encima de los interruptores de encendido del PLC y el HMI.
- El pin P1 está conectado al pin LAN del PLC.
- El pin P2 está conectado al pin LAN del HMI.

**Figura 68.** Conexión de los relés



**Fuente:** Elaboración propia. Software AutoCAD

En la figura 24 se observa los relés que se encuentran en el maletín, estos se encuentran en la parte inferior. Esta conectados de la siguiente manera: Los pines 13 y 9 están puenteados

**Figura 69.** Conexión de los bombillos



**Fuente:** Elaboración propia. Software AutoCAD

En la figura 25 se visualizan los bombillos que se encuentran al lado de los interruptores para el encendido-apago del motor y el inversor de giro. Los cuales están conectados de la siguiente forma: La parte de debajo de los bombillos por están conectados en serie, el cual los alimenta el pin N de la fuente y los pines del PLC RELAY OUTPUTS (.0, .1, .2 y .3 respectivamente).

**Figura 70.** conexión de los pulsadores

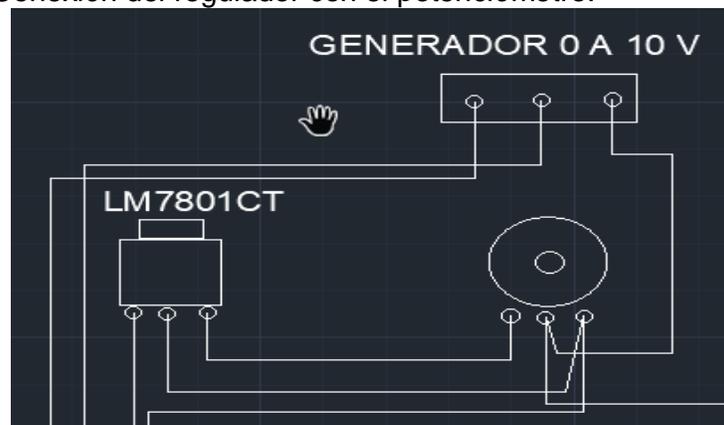


**Fuente:** Elaboración propia. Software AutoCAD

En la figura 26 se observa los pulsadores que están conectados en serie, estos pulsadores envían señales a la parte superior del PLC, los cuales están conectados de la siguiente manera:

- El primer bombillo va conectado al pin .7 del PLC, el segundo bombillo va conectado al pin .6 y así sucesivamente.
- Estos bombillos todos están conectados al pin L+ del PLC.

**Figura 71.** Conexión del regulador con el potenciómetro.



**Fuente:** Elaboración propia. Software AutoCAD

En la figura 27 se observa la conexión del regulador LM7801CT con el potenciómetro y la pantalla LCD del maletín, el cual visualiza los voltajes que se requieren.

## 11. 4. ESTUDIO TECNICO TOPOGRAFICO

**COPOWER LTDA** es una empresa especialista y líder en el mercado, fundada desde el 2001; cuya trayectoria se caracteriza por su evolución constante en el sector energético e industrial.

**Figura 72.** Superficie total y distancia COPOWER LTDA



Fuente: Copower LTDA

- **Dirección:** Planta proceso Ecopetrol ELC – El centro
- **Horario:** 7:00 am – 12:00 pm & 13:30pm – 17:30pm
- **Coordenadas:** 6°55'563.9" N 73°45'29.1"W
- **NIT:** 804011804-9

Asimismo, la empresa se dedica a actividades de arquitectura e ingeniería y entre otras conexas de consultoría técnica.

**Figura 73.** Empresa COPOWER LTDA



Fuente: Copower LTDA

- **Misión**

**COPOWER LTDA**, es una empresa fundamentada profesional y técnicamente para prestar los servicios de montaje, interventoría y puesta en servicio de proyectos Mecánicos, Eléctricos y de Telecomunicaciones.

Nuestro fin es la satisfacción de las necesidades y expectativas de nuestros clientes mediante el desarrollo de proyectos de generación eléctrica y aplicaciones industriales, para mejorar los sistemas de control en los procesos productivos del sector industrial a nivel nacional, ofreciendo tecnologías de punta, apoyándonos en una completa gama de productos y un equipo humano capacitado, dinámico y firmemente enfocado al cliente, garantizando la efectividad en los proyectos que desarrollamos, lo cual constituye una ventaja competitiva para la organización(COPOWER,2018).

- **Visión**

Al año 2023 **COPOWER LTDA** será reconocida a nivel regional y nacional como empresa líder en brindar soluciones energéticas efectivas a través de un

amplio portafolio de servicios, garantizando el mejoramiento continuo de las organizaciones y promoviendo la preservación del medio ambiente (Copower,2020).

- **Política Integral HSEQ**

**COPOWER LTDA** se compromete a prestar servicios de diseño e ingeniería: eléctrica, mecánica y telecomunicaciones; orientado a asegurar las soluciones de las necesidades de sus clientes, apoyándose en proveedores calificados y personal competente(Copower,2020).

Está comprometido con el cumplimiento de los requisitos legales y de otra índole vigentes aplicables a la actividad económica de la empresa, Seguridad, Salud en el trabajo y Medio Ambiente, igualmente con la identificación de los peligros, evaluación y valoración de los riesgos a los que están expuestos los trabajadores, proveedores, contratistas y demás grupos de interés, estableciendo controles eficientes para la prevención de daños a la propiedad, accidentes de trabajo, lesiones personales, enfermedades laborales, promoción de la calidad de vida laboral, y la prevención de impactos socio-ambientales negativos por el manejo de los residuos sólidos entre otros impactos significativos(Copower,2020).

La alta gerencia se compromete a disponer los recursos financieros, técnicos y logísticos necesarios para implementar, mantener y mejorar continuamente la eficacia del Sistema de Gestión de la Calidad, Seguridad y Salud en el trabajo, Ambiente y Responsabilidad social empresarial logrando el crecimiento, efectividad y rentabilidad de la Organización(Copower,2020).

## 12. 5. ESTUDIO FINANCIERO

### 5.1 ESPECIFICACIONES, CARACTERÍSTICAS, PESO Y PRECIOS DE COMPONENTES

Se realiza una tabla para la especificación de datos donde se ilustra cada componente mecánico e instrumento de medición y control, que se requiere para la construcción del módulo de pruebas.

**Tabla 14.** Precios de componentes

N°	Artículo	Unidad	Cant.	Precio unidad	Precio parcial
1	Motor eléctrico trifásico	Unidad	1	\$ 300.000	\$ 300.000
2	Pantalla HMI	Unidad	1	\$ 1.500.000	\$ 1.500.000
3	PLC S7-1200	Unidad	1	\$ 1.200.000	\$ 1.200.000
4	Variador de velocidad	Unidad	1	\$ 600.000	\$ 600.000
5	Disyuntor	Unidad	1	\$ 50.000	\$ 50.000
6	Fuente DC	Unidad	1	\$ 150.000	\$ 150.000
7	Borneras	Unidad	35	\$ 800	\$ 28.000
8	Pilotos	Unidad	10	\$ 10.000	\$ 100.000
9	Pulsadores	Unidad	4	\$ 11.000	\$ 44.000
10	Parada de emergencia	Unidad	1	\$ 48.000	\$ 48.000
11	Selectores	Unidad	4	\$ 20.000	\$ 80.000
12	Maletín	Unidad	1	\$ 250.000	\$ 250.000
<b>PRECIO TOTAL</b>					<b>\$ 4.350.000</b>

Fuente: Autor

De acuerdo a las cotizaciones realizadas se establece en la Tabla 4 los precios seleccionados de acuerdo a lo presupuestado indicando así el valor total requerido de inversión.

#### 12.1.1. 5.1.1 Retorno de la inversión o ROI.

“El ROI es una herramienta financiera que permite ilustrar la metodología empleada para medir el impacto y el retorno de la inversión”(Barbosa, 2016). Es decir, expresa en porcentajes la eficacia de la empresa, al momento de utilizar sus activos. Empleando la siguiente fórmula matemática:

$$ROI = \frac{\text{Utilidad neta de la actividad}}{\text{Inversiones realizadas o costos}}$$

Estos modelos pueden lograr medir los impactos de todo tipo de programas en una empresa, como los programas focalizados en inversiones que no son de capital, sino que tienen correlación a las áreas de recursos humanos, desarrollo organizacional, entrenamiento, implementaciones tecnológicas, entre otras, que permite analizar los beneficios en comparación a los costos involucrados, caracterizado por desarrollar un enfoque más cuantitativos, centrado en medir el impacto económico que puede generar una capacitación en una empresa(Barbosa, 2016).

%ROI

$$ROI(\%) = \frac{\text{Beneficios netos del programa}}{\text{Costos del Programa}} * 100$$

Este instrumento enfoca sus resultados para lograr ajustar las medidas y estrategias del negocio con los objetivos planteados, asimismo, mejorar la rentabilidad de los usuarios y los presupuestos corporativos de una organización.

“La ventaja de estos modelos al adaptar formulas del retorno de la inversión de la capacitación, logra objetivar el trabajo realizado en elementos cualitativos de análisis, que evidenciaran la efectividad de la capacitación de acuerdo a los objetivos monetarios”(Barbosa, 2016).

**Tabla 15.** Precio total con AIU

ACTIVIDAD	PRECIO
TOTAL, PARCIAL (Materiales)	\$ 4.350.000
A (administración) 13%	\$ 565.500
I (imprevistos) 8%	\$ 348.000

U (Utilidad) 5%	\$ 217.500
<b>PRECIO TOTAL</b>	<b>\$ 5.481.000</b>

Fuente: Autor

En el siguiente enunciado, se realiza una comparación al resultado de la ecuación ROI, para determinar el objetivo de la ventaja que se obtiene en la construcción del módulo. Para determinar estos, se tienen las siguientes características:

**Tabla 16.** Características de los precios de los materiales y mano de obra en la

N°	DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO	PRECIO TOTAL
1	Precio total materiales (costos)	\$ 5.481.000
2	Precio total mano de obra construcción (gastos)	\$ 2.100.000
TOTAL, NETO		<b>\$ 7.581.000</b>

construcción del modulo

Fuente: Autor

En la Tabla 6, se obtiene el total neto de materiales y mano de obra. Posterior a estas cantidades, se toma la siguiente ecuación:

$$ROI = \frac{\text{Utilidad neta de la actividad}}{\text{Inversiones realizadas o costos}} \times 100$$

Utilidad del 5% = \$ 217.500

Costos = \$ 5.481.000

$$ROI = \frac{\$ 217.500}{\$ 5.481.000} \times 100 = 3.96 \%$$

El retorno de inversión a la construcción del módulo, genera la cifra del 3.96 % en su actividad. Dando énfasis de un porcentaje benéfico a los autores del proyecto de investigación.

## 13. 6. NORMATIVIDAD

### 6.1 NORMA IEC – 61131.

Definir e identificar las características principales que se refieren a la selección y aplicación de los PLC´ y sus periféricos. Asimismo, especificar los requisitos mínimos para las características funcionales, las condiciones de servicio, los aspectos constructivos, la seguridad general y los ensayos aplicables a los PLC´; definiendo los lenguajes de programación de uso más corriente, las reglas sintácticas y semánticas, el juego de instrucciones fundamental, los ensayos y los medios de ampliación y adaptación de los equipos, las comunicaciones entre los PLC´ y otros sistemas autómatas programables correspondientes (Mateos, 2006, pág. 14), tales como:

- Los equipos de programación y depuración (Programming And DebuggingTool)
- Los equipos de ensayo (Test Equipment)
- Los interfaces hombre-máquina (Man-Machine Interface).

### 6.2 LEY 1014 DEL 26 DE ENERO DE 2006 O LEY DE FOMENTO A LA CULTURA DEL EMPRENDIMIENTO.

“La educación debe incorporar, en su formación teórica y práctica, lo más avanzado de la ciencia y de la técnica, para que el estudiante esté en capacidad de crear su propia empresa, adaptarse a las nuevas tecnologías y al avance de la ciencia, de igual manera debe actuar como emprendedor desde su puesto de trabajo” (Ley 1014, 2006, pág. 6)

### **6.3 NORMATIVA EN SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO EN COLOMBIA**

“Así pues, todas las disposiciones existentes en relación a la seguridad y salud ocupacional, relacionadas con la prevención y mejora de las condiciones de trabajo se integran en dicho Sistema General Riesgos Laborales (Ley 1562, 2012, pág. 8)”.

#### **6.4 LEY 1273 DE 2009**

Por medio de la cual se modifica el Código Penal, se crea un nuevo bien jurídico tutelado - denominado "de la protección de la información y de los datos"- y se preservan integralmente los sistemas que utilicen las tecnologías de la información y las comunicaciones, entre otras disposiciones.

Ley 1273 (2009) Señala el uso de software malicioso. El que, sin estar facultado para ello, produzca, trafique, adquiera, distribuya, venda, envíe, introduzca o extraiga del territorio nacional software malicioso u otros programas de computación de efectos dañinos, incurrirá en pena de prisión de cuarenta y ocho (48) a noventa y seis (96) meses y en multa de 100 a 1.000 salarios mínimos legales mensuales vigentes.

#### **6.5 DECRETO 2521 DE 2011, POR LO CUAL SE ADICIONA EL ARTÍCULO 1 DEL DECRETO 260 DE 2001**

Decreto 2521 (2001) Considera que con el propósito de promover el desarrollo y utilización general de software como herramienta transversal que coadyuva al desarrollo integral de la competitividad del país, y considerando que el software es el conjunto de los programas de cómputo en sus distintos estados, de acuerdo con la regulación existente sobre la materia, es necesario reducir la tarifa de retención en la fuente a título del impuesto sobre la renta sobre pagos o abonos en cuenta que se realicen a contribuyentes obligados a presentar

F-DC-125

Diseño e Implementación de un módulo didáctico de automatización industrial con  
Interfaz Hombre Máquina HMI, Variador de Frecuencia y Controlador Lógico  
Programable PLC para el control de velocidad y par de arranque de un motor AC

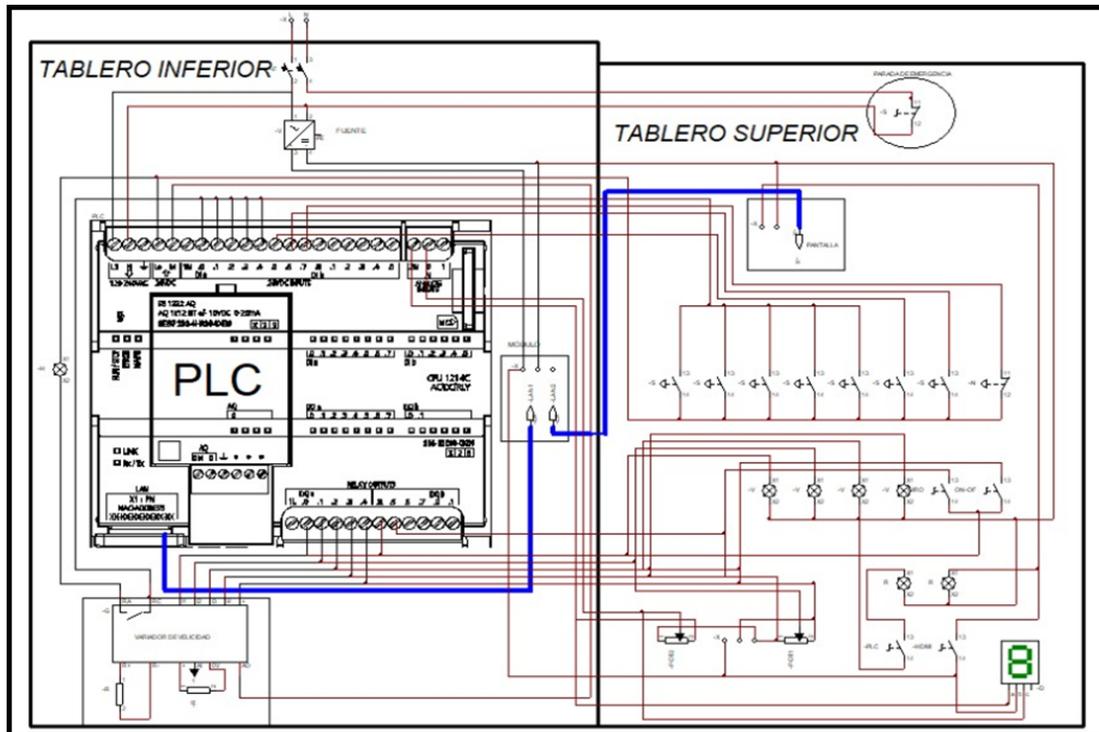
VERSIÓN: 01

declaración del impuesto sobre renta y complementarios, por concepto de  
servicio de licenciamiento o uso de software.

## 14. 7. RESULTADOS Y PRODUCTOS

### 14.1. 7.1 DIAGRAMA ELÉCTRICO TABLERO SUPERIOR E INFERIOR

Figura 74. Diagrama electrico



Fuente: Autor

La Figura 30 representa el diagrama eléctrico de las conexiones entre el tablero superior e inferior del módulo. Se identifica la simbología y líneas que interconectan el sistema de mando y control conformado por pilotos, bombillos, pantalla HMI, variador de velocidad, fuente y parada de emergencia.

**Figura 75.** Búsqueda de componentes



**Fuente:** Autor

En la figura 31 se observa los materiales que se van a utilizar para hacer el maletín de automatización industrial en lo cual se hace uso de un variador de frecuencia, que brinde la opción de seleccionar los datos señalados por el equipo y permita modificar e ingresar diversos valores acordes a las características establecidas en la placa del motor, como lo es la tensión, frecuencia, corriente y variar la velocidad rotacional de operación del equipo.

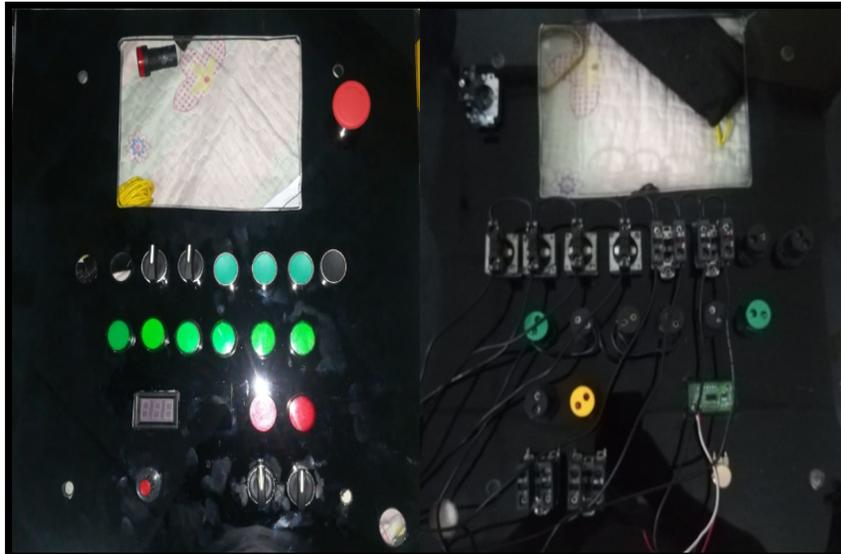
**Figura 76.** Distribución de componentes



**Fuente:** Autor

La estructura interna del módulo está conformada por el PLC, fuente dc, pantalla HMI, motor eléctrico, borneras entre otros como se identifica en la Figura 32.

**Figura 77.** Instalación de pulsadores en panel frontal



**Fuente:** Autor

En la figura 33 se visualiza la distribución que tendrán los pilotos, pulsadores, perillas y paradas de emergencia para el control y mando de accionamiento en el módulo.

#### 14.2.7.2 CONEXIÓN DE CIRCUITO ELECTRICO MANDO Y CONTROL DEL MODULO

Con base al circuito eléctrico evidenciado en la Figura 32, se procede a la conexión de los elementos que lo conforman, como se observa a continuación donde se ejecuta el proceso de distribución, acople y empalme del cableado.

**Figura 78.** Conexionado de panel frontal



**Fuente:** Autor

En la Figura 34 se observa cómo se interconectan los cables para la conexión del panel frontal lo cual está compuesto por pulsadores e indicadores que tendrá el maletín conexionando parte de control se utilizó materiales como el cautín utilizando la punta se calienta, lo que la mantiene a una temperatura constante, para fijar la conexión del cableado en los puntos definidos mediante el plano de distribución eléctrica.

**Figura 79.** Conexionando panel frontal



**Fuente:** Autor

En la figura 35 se evidencia la instalación del panel frontal en el maletín, esto se realiza después de la montura y conexión de los cables y ajustes de los componentes que lleva el maletín.

**Figura 80.** Módulo de automatización terminado



Fuente: Autor

En la figura 36 se ilustra el maletín en funcionamiento y cumpliendo con los objetivos expuestos por los autores del mismo. De igual forma el módulo tiene un peso de 13.3 kg esto permite caracterizar al equipo como un elemento de fácil desplazamiento.

### 14.3.7.3 OPERACIÓN Y CONTROL DEL EQUIPO

El desarrollo del módulo didáctico se llevó a cabo en dos partes: El hardware y los componentes físicos. y las guías metodológicas de laboratorio presentadas a continuación. Se inició con una especificación de las temáticas vistas en el proceso formativo como ingenieros electromecánicos las cuales requerían el apoyo pedagógico practico a partir de estos temas se procedió a la selección e implementación de los circuitos, así como de la interfaz que permitiera un fácil acceso y medición de variables del circuito.

Con el propósito de dar cumplimiento al enfoque principal del proyecto investigación, el cual consiste en la implementación de un módulo didáctico de automatización con el fin de mejorar las habilidades y destrezas en programación de aplicaciones orientadas al control de velocidad y par de arranque de un motor AC para los estudiantes de ingeniería electromecánica de las Unidades Tecnológicas de Santander sede Barrancabermeja, se expone a continuación la elaboración de un manual el cual fue desarrollo a partir de una serie de prácticas a través de equipos e interconexiones, que permitieron concluir que el módulo está conformado con una serie de características para la ejecución de actividades teórico-prácticas orientadas en áreas de estudio como la automatización industrial, instrumentación industrial, mantenimiento, entre otros.

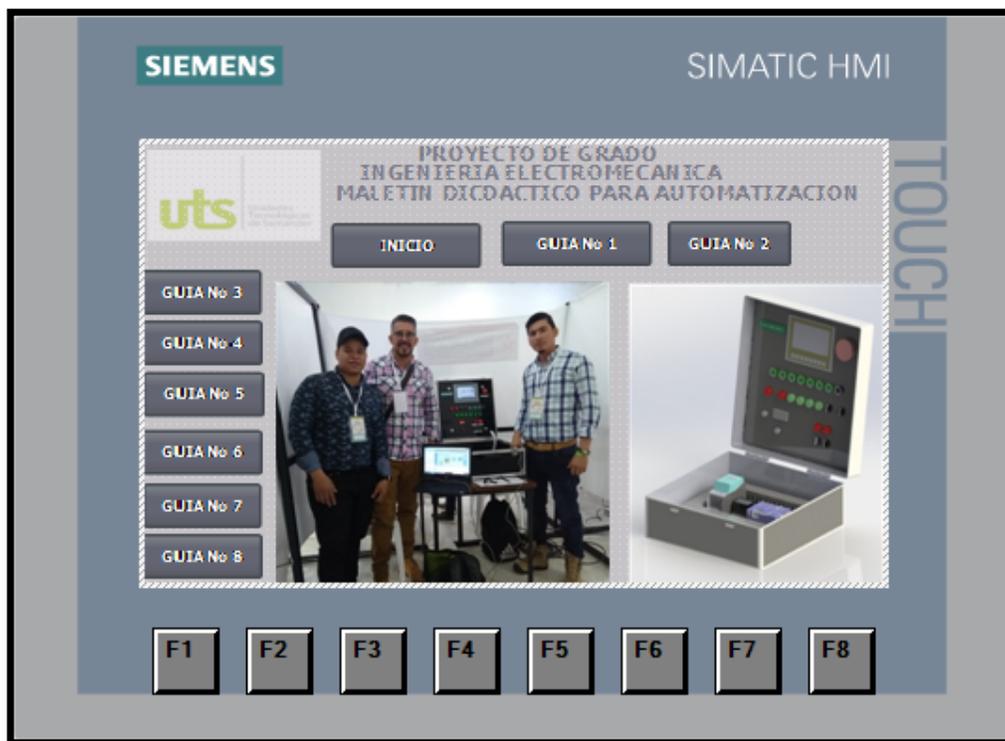
Las guías evidenciadas a partir del Anexo J - N abarcan una serie de actividades encaminadas no solo a la orientación del proceso para la manipulación de los equipos, sino que además brinda cinco practicas basadas en temáticas como:

- Parametrización y programación vdf marca sinamics G110 para el arranque y puesta en servicio desde el panel BOP
- Ajustes de rampas de aceleración y desaceleración
- Determinar los diferentes tipos de arranques que tiene un variador de velocidad
- Funcionamiento de temporizadores programados en un PLC.
- Arranque de un motor eléctrico por medio de pulsadores, VDF Y PLC.

## 15. 8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A partir del diseño del módulo didáctico de automatización se logró efectuar la implementación de un prototipo de entrenamiento de control de velocidad y par de arranque de motores AC basado en PLC, pantalla HMI y variador de velocidad (Ver Figura 37).

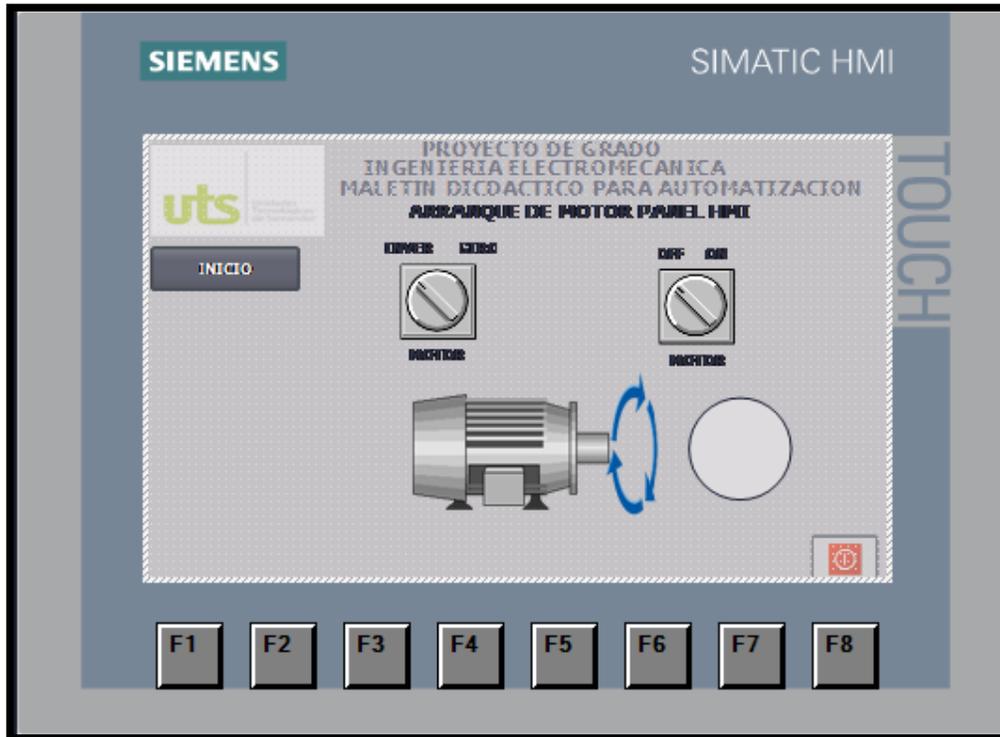
**Figura 81.** Maletín didáctico para automatización



Fuente: Autor

El módulo permite comprender dentro de los procesos académicos como puede variar el comportamiento de este tipo de motores de acuerdo a las condiciones que se planten ser analizadas por los estudiantes al momento de hacer uso del módulo didáctico, dentro de los procesos académicos.

**Figura 82.** Control de operación motor electrico



**Fuente:** Autor

Por otra parte, el reconocimiento del módulo didáctico de automatización permite a los estudiantes no solo el análisis de procesos industriales (Ver Figura 38), sino que además despeja duda que lleguen a presentarse sobre los equipos que se deben implementar en los campos industriales y que llegaron hacer observados en la simulación de la plataforma PORTAL. De igual forma se reconocen las diferentes marcas que existen sobre los equipos e instrumentos implementados en el módulo.

El efectuar un manual de prácticas de laboratorio basado en el módulo didáctico de automatización, permite que el proceso desarrollado sirva para futuras consultas referentes al estudio de motores AC, lo cual de igual manera impacta en el desarrollo de habilidades y destrezas en programación de

aplicaciones orientadas al control de velocidad y par de arranque de este tipo de motores, efectuando un proceso teórico prácticos.

Se realizó este proyecto con el propósito de realizar un maletín portátil de prueba de automatización, a partir de recopilación de información para saber que componentes se utilizarían y cuáles serían los apropiados para hacer este maletín. De acuerdo con la información recopilada se percibió que los componentes a utilizar debían ser de buena calidad y que resistan un mayor voltaje para someterlos a diferentes pruebas para corroborar el funcionamiento del maletín.

Es importante verificar que todos los circuitos o grupos de cargas a controlar se encuentren en la misma fase de la red eléctrica con el fin de que el controlador pueda enviar sin ningún inconveniente los comandos requeridos. El docente o el estudiante deberá antes de usar módulo didáctico de automatización, leer el manual de prácticas de laboratorio elaborado en el presente trabajo.

Realizar plan de capacitación de docentes sino están familiarizados con los procesos que se estudian en el módulo didáctico de automatización elaborado. En caso de producirse algún daño o mal funcionamiento de equipos o del módulo de control de presión en general, se recomienda verificar las conexiones y cableado del sistema, para lo cual están disponibles los planos del diseño del módulo didáctico de automatización.

## 16. 9.ANEXOS

### Anexo U.Ficha técnica motor eléctrico

¡Su motor es muy valioso!  
Protéjalo únicamente con productos Siemens:  
MICROMASTER

Fuertes y ágiles  
Diseño único, con la más alta tecnología

**motores**  
TRIFASICOS

**SIEMENS**

Disponibilidad de repuestos en todo el país

Fuente:Siemens. Motores eléctricos.

### Anexo V. Velocidad 3600 rpm 2 polos 60 hz

Velocidad 3600 rpm, 2 polos, 60 Hz															
Código	Tipo	Frame IEC Tamaño	Potencia		F.S.	In		Eficiencia $\eta$ %	Factor de potencia Cos $\phi$	Velocidad nominal rpm	Torque nominal Nm	Torque de arranque Tarr / Tn	Cte. de arranque Iarr / In	Momento de inercia kg m <sup>2</sup>	Peso kg
			HP	kW		220V A	440V A								
25000001083	1LA7 070-2YA60	71M	0,75	0,56	1,15	2,40	1,20	79	0,79	3430	1,56	2,7	6	0,00035	4,3
25000001085	1LA7 073-2YA60	71M	1	0,75	1,15	3,50	1,75	65	0,89	3320	2,15	2,5	4,7	0,00045	6
25000001086	1LA7 080-2YC60	80M	1,2	0,90	1,05	4,00	2,00	68	0,90	3400	2,51	2,3	4,9	0,00085	8,4
25000001087	1LA7 080-2YA60	80M	1,5	1,12	1,15	5,30	2,65	69	0,90	3370	3,17	1,8	3,7	0,00085	8,4
25000001089	1LA7 083-2YA60	80M	2	1,49	1,15	6,20	3,10	74	0,86	3410	4,18	3,3	6,3	0,0011	10
25000001090	1LA7 090-2YC60	90S/L	2,4	1,79	1,15	7,00	3,50	79	0,83	3460	4,94	2,4	5,5	0,0015	11,7
25000001091	1LA7 090-2YA60	90S/L	3	2,24	1,15	9,00	4,50	76	0,84	3490	6,12	2,7	5,7	0,0015	13,7
25000001093	1LA7 095-2YA60	90S/L	4	2,98	1,15	12,20	6,10	82	0,88	3440	8,28	2,3	5,9	0,002	15
25000001094	1LA7 112-2YA60	112M	5	3,73	1,15	16,00	8,00	71,1	0,86	3480	10,24	2	5,2	0,0055	28
25000001095	1LA7 113-2YA60	112M	6,6	4,92	1,05	19,00	9,50	79	0,86	3480	13,51	2,6	6,8	0,0055	30,8
25000001096	1LA7 114-2YA60	112M	7,5	5,60	1,15	21,80	10,90	77,4	0,87	3460	15,44	2	5,8	0,0055	33,4
25000001097	1LA7 130-2YA70	132S/M	10	7,46	1,15	28,00	14,00	79	0,90	3500	20,35	2,4	6	0,016	50
25000001098	1LA7 131-2YA70	132S/M	12	8,95	1,05	32,00	16,00	80	0,89	3470	24,64	2,7	6,8	0,021	52,5
25000001099	1LA7 132-2YA70	132S/M	15	11,19	1,15	41,00	20,50	80,5	0,88	3500	30,53	2	6,5	0,021	56,5
25000001100	1LA5 163-2YB70	160M/L	20	14,92	1,15	56,00	28,00	87	0,90	3528	40,38	2	6	0,034	69,5
25000001101	1LA5 164-2YB70	160M/L	25	18,65	1,15	70,00	35,00	88	0,81	3540	50,31	2,1	5	0,04	82,5
25000001102	1LA5 167-2YB70	160M/L	30	22,38	1,05	81,00	40,50	90	0,88	3540	60,37	2,1	4,6	0,052	94
25000001103	1LA4 183-2YC80	180M	35	26,11	1,05	87,00	43,50	89	0,89	3540	70,43	2,5	6,6	0,077	160,5
25000001104	1LA4 184-2YA80	180M	40	29,84	1,05	102,00	51,00	90,5	0,88	3510	81,18	2,3	6,4	0,077	162
25000001105	1LA4 206-2YC80	200L	50	37,30	1,15	124,00	62,00	90	0,88	3530	100,90	2,4	6,6	0,14	235
25000001106 <sup>2)</sup>	1LA4 207-2YA80	200L	60	44,76	1,15	148,00	74,00	91	0,87	3545	120,57	2,4	6,5	0,16	260
25000001107 <sup>2)</sup>	1LA6 224-2YC80	225M	75	55,95	1,15	188,00	94,00	93,4	0,92	3540	150,93	1,8	6,8	0,24	320
26690 <sup>1)</sup>	1LG4 253-2AB60	250M	100	75,00	1,00		120,00	93,6	0,88	3558	177,00	2,1	6,9	0,41	375
26691 <sup>1)</sup>	1LG4 280-2AB60	280S	125	93,00	1,00		143,60	94,3	0,88	3570	241,00	2,4	7,5	0,72	510
26692 <sup>1)(3)</sup>	1LG4 283-2AB60	280M	150	112,00	1,00		169,70	94,8	0,89	3570	289,00	2,5	7,6	0,86	555
26693 <sup>1)(3)</sup>	1LG4 310-2AB60	315S	185	138,00	1,00		212,30	94,4	0,88	3576	352,00	2	7,4	1,2	700
26694 <sup>1)(3)</sup>	1LG4 313-2AB60	315M	225	168,00	1,00		257,40	94,9	0,90	3576	423,00	2,1	7,3	1,4	770
26695 <sup>1)(3)</sup>	1LG4 316-2AB90-Z	315L	275	205,00	1,10		309,90	95,4	0,91	3576	512,00	2,3	7,1	1,6	910
26696 <sup>1)(3)</sup>	1LG4 317-2AB90-Z	315L	325	242,00	1,10		360,70	95,8	0,92	3580	641,00	2,5	7,5	2,2	1055

Fuente:Siemens. Motores eléctricos

**Anexo W. Velocidad 1800 rpm, 4 polos, 60 hz**

Velocidad 1800 rpm, 4 polos, 60 Hz															
Código	Tipo	Frame IEC	Potencia		F.S.	In		Eficiencia $\eta$	Factor de potencia $\cos \phi$	Velocidad nominal rpm	Torque nominal Nm	Torque de arranque Tarr / Tn	Cte. de arranque Iarr / In	Momento de Inercia kg m <sup>2</sup>	Peso kg
			HP	KW		A	A								
25000001108	1LA7 070-4YC60	71M	0,4	0,30	1,05	1,60	0,80	66	0,77	1640	1,74	1,8	2,8	0,0006	4,7
25000001109	1LA7 070-4YA60	71M	0,5	0,37	1,15	1,90	0,95	66	0,81	1590	2,24	1,3	2,7	0,0006	5,5
25000001110	1LA7 071-4YA60	71M	0,6	0,45	1,05	2,20	1,10	69	0,76	1680	2,54	1,8	3,4	0,0008	6
25000001111	1LA7 073-4YA60	71M	0,75	0,56	1,15	2,90	1,45	65	0,79	1650	3,24	1,9	3,7	0,0008	6
25000001113	1LA7 080-4YA60	80M	1	0,75	1,15	3,50	1,75	69,2	0,87	1660	4,29	1,9	3,7	0,0015	8,1
25000001114	1LA7 081-4YA60	80M	1,2	0,90	1,05	4,00	2,00	70	0,85	1675	5,10	2,2	3,7	0,0018	9,3
25000001115	1LA7 083-4YA60	80M	1,5	1,12	1,15	5,00	2,50	72	0,89	1650	6,48	1,8	3	0,0018	9,3
25000001117	1LA7 090-4YA60	90SIL	2	1,49	1,15	7,00	3,50	77	0,80	1700	8,38	2,2	4,4	0,0028	12,1
25000001118	1LA7 094-4YA60	90SIL	2,4	1,79	1,05	7,40	3,70	77	0,86	1690	10,12	2	4,5	0,0035	14,9
25000001119	1LA7 096-4YA60	90SIL	3	2,24	1,15	9,60	4,80	79	0,83	1708	12,51	1,8	3,6	0,0035	14,9
25000001120	1LA7 111-4YA60	112M	4	2,98	1,15	13,00	6,50	76,3	0,79	1750	16,28	2,2	5,6	0,0048	27,1
25000001121	1LA7 112-4YA60	112M	5	3,73	1,15	15,80	7,90	80,5	0,78	1740	20,47	2,3	6,5	0,0058	28,7
25000001122	1LA7 113-4YA60	112M	6,6	4,92	1,05	19,60	9,80	78	0,83	1740	27,02	2	6	0,011	31
25000001123	1LA7 114-4YA60	112M	7,5	5,60	1,15	23,20	11,60	80	0,79	1740	30,71	2,2	5,6	0,011	32,7
25000001124	1LA7 131-4YA70	132S/M	10	7,46	1,15	28,80	14,40	81	0,84	1750	40,71	2,3	6	0,018	46,5
25000001125	1LA7 133-4YA70	132S/M	12	8,95	1,05	34	17,00	81,2	0,83	1750	48,85	2,5	6,6	0,024	49
25000001126	1LA7 134-4YA70	132S/M	15	11,19	1,15	43	21,50	82,5	0,84	1750	61,06	1,8	5	0,024	62
25000001127	1LA5 164-4YB70	160 MIL	20	14,92	1,15	53	26,50	85	0,85	1760	80,95	1,8	6,3	0,04	77,5
25000001128	1LA5 167-4YC70	160 MIL	25	18,65	1,15	64	32,00	89	0,87	1755	101,48	1,8	5,4	0,052	85,5
25000001129	1LA4 183-4YA80	180M	30	22,38	1,05	78	39,00	90,7	0,83	1755	121,77	2	4,9	0,13	170
25000001130	1LA4 186-4YA80	180L	36	26,86	1,05	93	46,50	91,3	0,83	1760	145,71	2,8	6,8	0,15	190
25000001131	1LA4 187-4YA80	180L	40	29,84	1,05	104	52,00	91,3	0,83	1750	162,83	2	5,6	0,15	190
25000001132	1LA4 207-4YC80	200L	50	37,30	1,15	126	63,00	91,3	0,84	1760	202,38	2,7	6,8	0,24	250
25000001133	1LA6 220-4YA80	225S	60	44,76	1,15	148	74,00	96,2	0,86	1765	242,17	2,7	6,6	0,44	314
25000001134	1LA6 224-4YC80	225M	75	55,95	1,15	188	94,00	92,7	0,86	1780	300,16	2	5,1	0,52	321
25697 <sup>(1)</sup>	1LG4 253-4AA60	250M	100	75,00	1,00		120,00	93,3	0,85	1780	355	2,5	6,3	0,69	390
25698 <sup>(1)</sup>	1LG4 280-4AA60	280S	125	93,00	1,00		145,00	94,2	0,85	1785	482	2,5	7,4	1,29	520
25699 <sup>(1)</sup>	1LG4 283-4AA60	280M	150	111,90	1,00		177,50	94,6	0,86	1785	579	2,5	7,4	1,47	565
25700 <sup>(1)(3)</sup>	1LG4 310-4AA60	315S	200	150	1,00		240,00	94,5	0,84	1783	707	2,6	6,5	2	700
25701 <sup>(1)(3)</sup>	1LG4 313-4AA60	315M	225	168	1,00		265,20	94,8	0,85	1783	848	2,8	6,9	2,46	775
25702 <sup>(1)(3)</sup>	1LG4 316-4AA90-Z	315L	275	205	1,10		323,10	95,4	0,86	1783	1.028	2,8	6,9	3,01	955
25703 <sup>(1)(3)</sup>	1LG4 317-4AA90-Z	315L	350	261	1,10		409,50	95,7	0,88	1785	1.285	2,8	7	3,91	1050

Fuente:Siemens. Motores eléctricos

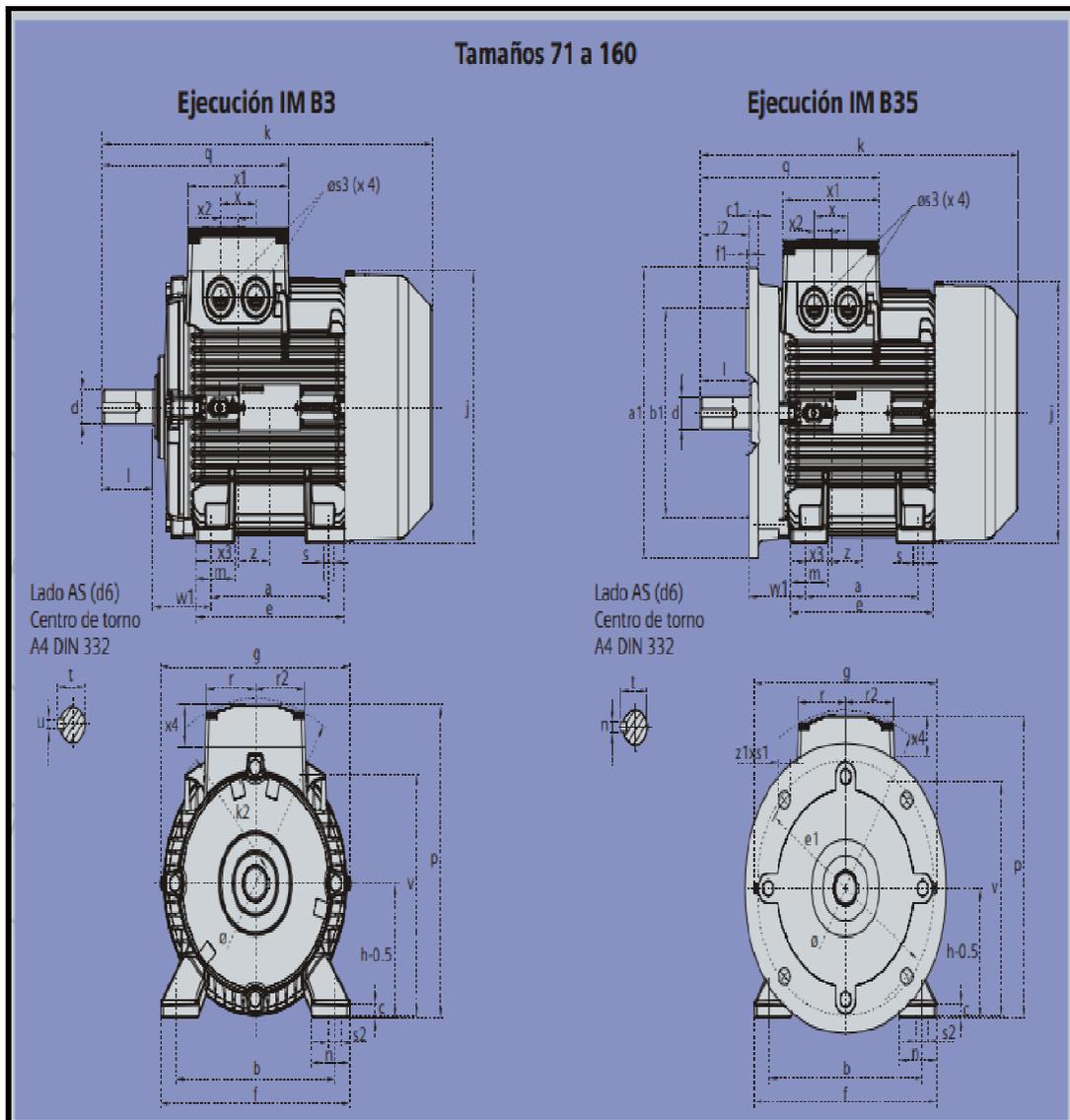
**Anexo X. Velocidad 1200 rpm, 6 polos, 60Hz**

Velocidad 1200 rpm, 6 polos, 60 Hz															
Código	Tipo	Frame IEC	Potencia		F.S.	In		Eficiencia $\eta$	Factor de potencia $\cos \phi$	Velocidad nominal rpm	Torque nominal Nm	Torque de arranque Tarr / Tn	Cte. de arranque Iarr / In	Momento de Inercia kg m <sup>2</sup>	Peso kg
			HP	KW		220V A	440V A								
25000001135	1LA7 072-6YA60	71M	0,4	0,30	1,05	1,60	0,80	65	0,76	1055	2,70	2,3	4,9	0,0006	5,7
25000001137	1LA7 080-6YC60	80M	0,6	0,45	1,05	2,40	1,20	63	0,82	1080	3,96	1,8	2,7	0,0015	8,5
25000001139 <sup>2)</sup>	1LA7 082-6YA60	80M	0,9	0,67	1,05	3,60	1,80	66	0,88	1080	5,94	1,9	3,1	0,0018	10,5
25000001140	1LA7 083-6YA60	80M	1	0,75	1,15	4,20	2,10	67	0,69	1090	6,54	2,6	4	0,0018	10,5
25000001142	1LA7 090-6YA60	90S/L	1,5	1,12	1,15	6,60	3,30	69	0,77	1110	9,63	2	3,4	0,0028	12
25000001143	1LA7 096-6YA60	90S/L	2	1,49	1,15	7,80	3,90	72	0,77	1100	12,95	2,7	6	0,0035	14,9
25000001144	1LA7 112-6YA60	112M	3	2,24	1,15	11,80	5,90	72,1	0,69	1150	18,58	1,9	4	0,011	26,7
25000001145	1LA7 113-6YA60	112M	4	2,98	1,15	15,00	7,50	76,8	0,68	1150	24,78	2	4,5	0,011	29,6
25000001146	1LA7 130-6YA70	132S/M	5	3,73	1,15	16,40	8,20	78,5	0,76	1150	30,97	1,8	4,6	0,015	40,5
25000001147	1LA7 133-6YA70	132S/M	7,5	5,60	1,15	26,00	13,00	78	0,74	1150	46,46	1,8	5,1	0,019	54
25000001148	1LA7 135-6YA70	132S/M	10	7,46	1,05	33,00	16,50	80,5	0,75	1150	61,95	1,9	5,2	0,025	60
25000001149	1LA5 164-6YB70	160M/L	15	11,19	1,05	44,00	22,00	85	0,80	1150	92,92	2	5,9	0,041	73,5
25000001150	1LA5 167-6YC70	160M/L	20	14,92	1,05	60,00	30,00	86	0,76	1170	121,77	1,8	5	0,049	89,5
25000001151 <sup>2)</sup>	1LA4 186-6YA80	180L	25	18,65	1,05	67,50	33,75	88	0,82	1170	152,22	2,6	5,6	0,2	180
25000001152 <sup>2)</sup>	1LA4 206-6YA80	200L	30	22,38	1,05	79	39,50	89	0,83	1175	181,88	2,3	5,4	0,29	240
25000001153 <sup>2)</sup>	1LA4 207-6YA80	200L	36	26,86	1,05	95	47,50	89	0,83	1175	218,26	2,6	5,6	0,33	255
25000001154 <sup>2)</sup>	1LA6 223-6YC80	225M	50	37,30	1,15	124	62,00	92	0,86	1170	304,43	2,4	5,8	0,57	315
26704 <sup>1)3)</sup>	1LG4 253-6AA60	250M	70	52	1,00		85,50	92,3	0,83	1176	360	2,6	6	0,81	370
26705 <sup>1)3)</sup>	1LG4 280-6AA60	280S	80	59	1,00		97,80	92,4	0,85	1178	436	2,5	6,4	1,17	460
26706 <sup>1)3)</sup>	1LG4 283-6AA60	280M	100	75	1,00		121,70	92,7	0,86	1180	533	2,5	6,4	1,53	500
26707 <sup>1)3)</sup>	1LG4 310-6AA60-Z	315S	135	106	1,10		163,70	93,1	0,84	1185	725	2,2	6,4	2,2	650
26708 <sup>1)3)</sup>	1LG4 313-6AA60-Z	315M	160	119	1,10		191,50	93,8	0,85	1185	870	2,4	6,8	2,65	705
26709 <sup>1)3)</sup>	1LG4 316-6AA90-Z	315L	200	150	1,10		239,40	94,1	0,85	1185	1.063	2,5	6,8	3,35	870
26710 <sup>1)3)</sup>	1LG4 317-6AA90-Z	315L	225	168	1,10		269,30	94,7	0,85	1183	1.276	2,5	6,9	4,2	980

Fuente:Siemens. Motores eléctricos



**Anexo Z. Dimensiones del motor**



**Fuente** Siemens. Motores eléctricos

## Anexo AA. Disyuntor (protección eléctrica)

**SIEMENS**

**Product data sheet** **5SX2216-7**



**CIRCUIT BREAKER T55 400V, 6KA, 2-POLE, C, 16A**

General technical data:		
<b>type of voltage</b>		AC/DC
<b>Mounting depth</b>	mm	55
<b>Current / for AC / rated value</b>	A	16
<b>Tripping characteristic class</b>		C
<b>Supply voltage / for AC / rated value</b>	V	400
<b>Switching capacity current</b>		
- in accordance with IEC 60947-2 / rated value	kA	15
- acc. to EN 60898 / rated value	kA	6
<b>Number of pitch units for width</b>		2
<b>Degree of pollution</b>		3
<b>Overtoltage class</b>		3

Fuente: Siemens. Disyuntor

## Anexo BB. Ficha técnica Variador de velocidad

Datos asignados / Rated data		Condiciones ambientales / Ambient conditions	
<b>Entrada / Input</b>		<b>Altura de instalación</b> <i>Installation altitude</i> 1000 m	
<b>Número de fases</b> <i>Number of phases</i>	1 AC	<b>Temperatura ambiente / Ambient temperature</b>	
<b>Tensión de red</b> <i>Line voltage</i>	200 ... 240 V ±10 %	<b>Funcionamiento</b> <i>Operation</i> -10 ... 40 °C	
<b>Frecuencia de red</b> <i>Line frequency</i>	47 ... 63 Hz	<b>Almacenaje</b> <i>Storage</i> -40 ... 70 °C	
<b>Intensidad asignada</b> <i>Rated current</i>	6,20 A	<b>Humedad relativa / Relative humidity</b>	
<b>Salida / Output</b>		<b>Funcionamiento máx.</b> <i>Max. operation</i> 95 % condensación no permitida 95 % condensation not permitted	
<b>Número de fases</b> <i>Number of phases</i>	3 AC	<b>Método de regulación / Closed-loop control techniques</b>	
<b>Potencia asignada</b> <i>Rated power</i>	0,37 kW	<b>Uff lineal / cuadrático / parametrizable</b> <i>Vff linear / square-law / parameterizable</i> Sí Yes	
<b>Intensidad asignada (IN)</b> <i>Rated current (IN)</i>	2,30 A	<b>Normas / Standards</b>	
<b>Frecuencia de pulsación</b> <i>Pulse frequency</i>	8 kHz	<b>Conformidad con normas</b> <i>Compliance with standards</i> UL, cUL, CE, C-Tick (RCM) UL, cUL, CE, C-Tick (RCM)	
<b>Frec. de salida con regulación por Uff</b> <i>Output frequency for Vff control</i>	0 ... 650 Hz	<b>Marcado CE</b> <i>CE marking</i> Directiva de baja tensión 2006/95/CE Low-voltage directive 2006/95/EC	
En cumplimiento de la normativa legal, existe una limitación a 550 Hz en producción. <i>As a result of legal stipulations, a limit to 550 Hz is in production</i>			
Datos técnicos generales / General tech. specifications		Entradas / salidas / Inputs / outputs	
<b>Factor de decalaje cos φ</b> <i>Offset factor cos φ</i>	0,95	<b>Entradas digitales / Digital inputs</b>	
<b>Comunicación / Communication</b>		<b>Número</b> <i>Number</i> 3	
<b>Comunicación</b> <i>Communication</i>	RS485 RS485	<b>Entradas analógicas / Analog inputs</b>	
<b>Datos mecánicos / Mechanical data</b>		<b>Número</b> <i>Number</i> 1 (Variante analógica, para consigna (0...10 V, escalable o usable como 4ª entrada digital)) 1 (Analog variant, for setpoint (0...10 V, can be scaled or used as 4th digital input!))	
<b>Grado de protección</b> <i>Degree of protection</i>	IP20 / UL open type IP20 / UL open type	<b>Salidas digitales / Digital outputs</b>	
<b>Tamaño</b> <i>Size</i>	FSA	<b>Número</b> <i>Number</i> 1 (Salida aislada por optoacoplador, tipo NPN) 1 (Isolated optocoupler output, NPN type)	
<b>Peso neto</b> <i>Net weight</i>	0,70 kg		
<b>Anchura</b> <i>Width</i>	90,0 mm		
<b>Altura</b> <i>Height</i>	150,0 mm		
<b>Profundidad</b> <i>Depth</i>	116,0 mm		

Fuente: Siemens. Variador de velocidad

**Anexo CC.** Guía práctica 1 - parametrización y programación VDF marca sinamics G110 para el arranque y puesta en servicio desde el panel BOP

Con el desarrollo de esta práctica se pretende identificar e interpretar los parámetros y programas desarrollados de un variador de velocidad.



## Ajustes de rampas de aceleración y desaceleración

	<b>UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER</b> <b>GUÍA DE LABORATORIO DE SISTEMAS DE CONTROL</b>
---	--

<b>UNIDAD ACADÉMICA: FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERIAS</b>	
<b>ASIGNATURA: LABORATORIO SISTEMAS DE CONTROL</b>	
<b>PRACTICA No. 1</b>	<b>PARAMETRIZACION Y PROGRAMACION VDF MARCA SINAMICS G110 PARA EL ARRANQUE Y PUESTA EN SERVICIO DESDE EL PANEL BOP</b>

COMPETENCIA	RESULTADOS DE APRENDIZAJE
Identifica e interpreta los parámetros y programas desarrollados de un variador de velocidad.	1. Conocer las características de funcionamiento y las aplicaciones principales de los motores asíncronos, especialmente en sistemas y líneas de producción. 2. Conocer la estructura y funcionamiento de un variador de frecuencia. 3. Conocer las características de funcionamiento del conjunto motor asíncrono-variador de frecuencia y las ventajas que ofrece respecto a otros tipos de accionamientos. 4. Conocer las principales aplicaciones de los motores asíncronos alimentados por variadores de frecuencia. 5. Conocer las especificaciones y características principales de los variadores de frecuencia comerciales. 6. Aprender a programar un variador de frecuencia para una aplicación determinada.

MATERIALES Y EQUIPOS
<b>EQUIPOS</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Maletín didáctico de automatización</li> <li>• Variador de velocidad sinamics</li> <li>• Motor trifásico siemens jaula de ardilla</li> </ul>

## ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

### PROGRAMACIÓN DEL VARIADOR DE VELOCIDAD SINAMICS G110 DESDE EL PANEL BOP CON DATOS DE PLACA DEL MOTOR TRIFASICO SIEMENS JAULA DE ARDILLA

Pantalla de control del variador de velocidad



### PANEL BOP DE OPERACIÓN

Los números con el prefijo "r" indican que el parámetro es de solo "lectura"  
Los números con el prefijo de la letra "P". Los valores de estos parámetros se pueden cambiar directamente.

**Mín.:** Indica el valor mínimo al que se puede ajustar el parámetro.

**Def:** Indica el valor por defecto, es decir el valor ajustado si el usuario no especifica un valor determinado para el parámetro.

**Máx.:** Indica el valor máximo al que se puede ajustar el parámetro.

**Nivel:** Indica el nivel de acceso de usuario. Hay cuatro niveles de acceso: Estándar, **Ampliado**, **Experto** y **Servicio**. El número de los parámetros que aparece en cada grupo funcional depende del nivel de acceso ajustado en el **P0003** (nivel de acceso de usuario).

### RESET A LOS AJUSTES DE FÁBRICA

Para reponer todos los parámetros a los ajustes de fábrica, se deben ajustar los siguientes parámetros como se indica:

- Ajuste el P0010=30.  
Ajuste el P0970=1.

### ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

#### NOTA

El proceso de **RESET** tarda aproximadamente 10 segundos en completarse. **RESET** a los ajustes de fábrica esto debe hacerse antes de cada practica

Paso	Parametrización
1	Al encender la pantalla del <b>BOP</b> aparece el valor de frecuencia mínimo asignado normalmente <b>0.00Hz</b> .
2	Para ingresar a los parámetros presionamos el botón <b>P</b> y luego nos movemos con la flecha direccional hacia arriba.
3	Lo primero que nos aparece es <b>r0000</b> Pulsando el botón " <b>Fn</b> " durante 2 segundos el usuario puede ver los valores de la tensión en el circuito intermedio, la frecuencia de salida, la tensión de salida y el ajuste de r0000 elegido (definido en P0005).
4	<b>P0003</b> Define el nivel de acceso a los juegos de parámetros. Posibles ajustes: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Estándar</li> <li>• 2 Extendido</li> <li>• 3 Experto</li> <li>• 4 Reservado</li> </ul>
5	Para avanzar, presionamos el botón <b>P</b> mostrando el valor asignado, para modificarlo presionamos el botón <b>Fn</b> , asignamos <b>2</b> , luego presionamos el botón <b>P</b> para guardar los cambios hechos.
6	<b>P0010</b> parámetro de puesta en marcha, para ingresar presionamos el botón <b>P</b> y nos muestra el valor asignado, para modificarlo presionamos el botón <b>Fn</b> , y por medio de las flechas le asignamos un valor de <b>1</b> , luego presionamos el botón <b>P</b> para guardar los cambios hechos.
7	<b>P0100</b> Determina si los ajustes de potencia se expresan en [kW] o [hp] Posibles ajustes: 0 Europa [kW], 50 Hz

<p>1 Norte América [hp], 60 Hz 2 Norte América [kW], 60 Hz nos indica si es funcionamiento en Europa o en América, presionamos el botón <b>P</b> y nos muestra el valor asignado, para modificarlo presionamos el botón <b>Fn</b>, y por medio de las flechas le asignamos un valor de <b>2</b>, luego presionamos el botón <b>P</b> para guardar los cambios hechos.</p>
---

### ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

Paso	Parametrización
8	<b>P0304</b> Indica la tensión nominal del motor, ver placa de datos del motor presionamos el botón <b>P</b> y nos muestra el valor asignado, para modificarlo presionamos el botón <b>Fn</b> , para movernos a lo largo de los dígitos presionamos nuevamente el botón <b>Fn</b> , por medio de las flechas le asignamos un valor de la tensión nominal del motor, luego presionamos el botón <b>P</b> para guardar los cambios hechos.
9	<b>P0305</b> que indica la corriente nominal del motor, presionamos el botón <b>P</b> y nos muestra el valor asignado, para modificarlo presionamos el botón <b>Fn</b> , para movernos a lo largo de los dígitos presionamos nuevamente el botón <b>Fn</b> , por medio de las flechas le asignamos un valor de la corriente nominal del motor, luego presionamos el botón <b>P</b> para guardar los cambios hechos.
10	el <b>P0307</b> potencia nominal del motor <b>KW, HP</b> , presionamos el botón <b>P</b> y nos muestra el valor asignado, para modificarlo presionamos el botón <b>Fn</b> , para movernos a lo largo de los dígitos presionamos nuevamente el botón <b>Fn</b> , por medio de las flechas le asignamos un valor de la potencia nominal del motor, luego presionamos el botón <b>P</b> para guardar los cambios hechos.
11	<b>P0310</b> frecuencia nominal del motor, presionamos el botón <b>P</b> y nos muestra el valor asignado, para modificarlo presionamos el botón <b>Fn</b> , para movernos a lo largo de los dígitos presionamos nuevamente el botón <b>Fn</b> , por medio de las flechas le asignamos un valor de la frecuencia nominal del motor, luego presionamos el botón <b>P</b> para guardar los cambios hechos.
12	<b>P0311</b> velocidad nominal del motor, presionamos el botón <b>P</b> y nos muestra el valor asignado, para modificarlo presionamos el botón <b>Fn</b> , para movernos a lo largo de los dígitos presionamos nuevamente el botón <b>Fn</b> , por medio de las flechas le asignamos un valor de la velocidad nominal del motor, luego presionamos el botón <b>P</b> para guardar los cambios hechos.
13	<b>P0700</b> parámetro de la selección de fuente de órdenes 1 <b>BOP</b> , 2 <b>PULSADORES EXTERNOS</b> , (Entradas de control digital: Marcha, paro, inversión de giro), presionamos el botón <b>P</b> y nos muestra el valor asignado, para modificarlo presionamos el botón <b>Fn</b> por medio de las flechas le asignamos un valor de <b>2</b> que significa que vamos a controlar el motor por medio de pulsadores externos, luego presionamos el botón <b>P</b> para guardar los cambios hechos.

Fuente: Autor

**ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE**

ELABORADO POR:  
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:  
soporte al sistema integrado de gestión

APROBADO POR: Asesor de planeación  
FECHA APROBACION:

Paso	Parametrización
14	<p><b>P1000</b> parámetro de la selección de la consigna de frecuencia para variar la velocidad, <b>1 DESDE EL PANEL BOP, 2 CONSIGNA ANALÓGICA POR POTENCIOMETRO, 3 FRECUENCIA FIJA</b>, seleccionamos la opción 2 presionamos el botón <b>P</b> y nos muestra el valor asignado, para modificarlo presionamos el botón <b>Fn</b> por medio de las flechas le asignamos un valor de <b>2</b> que significa que vamos a utilizar una consigna de frecuencia analógica (<b>Salida analógica del PLC</b>), luego presionamos el botón <b>P</b> para guardar los cambios hechos.</p>
15	<p><b>P1080</b> frecuencia mínima a la que va a operar el motor, presionamos el botón <b>P</b> y nos muestra el valor asignado, para modificarlo presionamos el botón <b>Fn</b>, para movernos a lo largo de los dígitos presionamos nuevamente el botón <b>Fn</b>, por medio de las flechas le asignamos un valor de la frecuencia mínima a la que va a operar el motor, luego presionamos el botón <b>P</b> para guardar los cambios hechos.</p>
16	<p><b>P1082</b> frecuencia máxima a la que va a operar el motor, presionamos el botón <b>P</b> y nos muestra el valor asignado, para modificarlo presionamos el botón <b>Fn</b>, para movernos a lo largo de los dígitos presionamos nuevamente el botón <b>Fn</b>, por medio de las flechas le asignamos un valor de la frecuencia máxima a la que va a operar el motor, luego presionamos el botón <b>P</b> para guardar los cambios hechos.</p>
17	<p><b>P1120</b> indica el tiempo de aceleración del motor va de 0 a 650s, presionamos el botón <b>P</b> y nos muestra el valor asignado, para modificarlo presionamos el botón <b>Fn</b>, para movernos a lo largo de los dígitos presionamos nuevamente el botón <b>Fn</b>, por medio de las flechas le asignamos el valor de aceleración del motor, luego presionamos el botón <b>P</b> para guardar los cambios hechos.</p>
18	<p><b>P1121</b> tiempo de desaceleración del motor, presionamos el botón <b>P</b> y nos muestra el valor asignado, para modificarlo presionamos el botón <b>Fn</b>, para movernos a lo largo de los dígitos presionamos nuevamente el botón <b>Fn</b>, por medio de las flechas le asignamos el valor de desaceleración del motor, luego presionamos el botón <b>P</b> para guardar los cambios hechos.</p>
19	<p><b>P1300</b> parámetro de modo de control, presionamos el botón <b>P</b> y nos muestra el valor asignado, para modificarlo presionamos el botón <b>Fn</b>, por medio de las flechas le asignamos el valor de <b>0</b> que significa que vamos a controlar <b>voltaje vs frecuencia</b> de forma lineal, luego presionamos el botón <b>P</b> para guardar los cambios hechos.</p>

Fuente: Autor

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE	
Paso	Parametrización
20	<b>P3900</b> parámetro de fin de la puesta de servicio, marcamos la opción <b>1</b> presionamos el botón <b>P</b> y nos muestra el valor asignado, para modificarlo presionamos el botón <b>Fn</b> , por medio de las flechas le asignamos el valor de <b>1</b> que significa inicio de puesta marcha rápida con borrado ajustes de fábrica, luego presionamos el botón <b>P</b> para guardar los cambios hechos.
21	Una vez realizados todos los cambios presionamos el botón <b>Fn</b> y luego el botón <b>P</b> para salir.

Fuente: Autor

**Anexo DD. Practica 2. Ajuste de rampas de aceleración y desaceleración**

	<b>UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER</b> <b>GUÍA DE LABORATORIO DE SISTEMAS DE CONTROL</b>
---	--

<b>UNIDAD ACADÉMICA: FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERIAS</b>	
<b>ASIGNATURA: LABORATORIO SISTEMAS DE CONTROL</b>	
<b>PRACTICA No. 2</b>	<b>AJUSTES DE RAMPAS DE ACELERACIÓN Y DESACELERACIÓN</b>

COMPETENCIA	RESULTADOS DE APRENDIZAJE
<ul style="list-style-type: none"> <li>Reducción del desgaste eléctrico en el motor al minimizar los picos de voltaje y amperaje en el motor</li> <li>Reducción del desgaste mecánico en el motor y sus acoples al controlar el arranque por medio de rampas de aceleración y desaceleración</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Conocer e identificar los parámetros necesarios para modificar diferentes rampas de aceleración y desaceleración</li> <li>Conocer los cambios físicos en la velocidad al modificar los parámetros para alcanzar los tiempos de aceleración y desaceleración</li> </ul>

MATERIALES Y EQUIPOS
<b>EQUIPOS</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Maletín didáctico de automatización</li> <li>Variador de velocidad sinamics</li> <li>Motor trifásico siemensn jaula de ardilla</li> </ul>

### ACTIVIDADES ANTES DE CLASE (para pre-informe)

#### DEFINICIONES:

- **FUNCION RAMPA:** Busca llevar la velocidad del motor de 0 RPM a una velocidad deseada, la velocidad es el valor de frecuencia programado en el **VDF**.
- **SUAVIZADO:** Es el que se le agrega al tiempo programado en la rampa de aceleración previamente establecido. El motor en el arranque y paro busca suavizar estos cambios de estado formando una rampa de aceleración y desaceleración entre el tiempo Vs frecuencia. Parámetro P 1130 (tiempo de suavizado de 20s) para el arranque.

### ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

**SIEMENS**
SIMATIC HMI

PROYECTO DE GRADO  
INGENIERIA ELECTROMECANICA  
MALETIN DIDACTICO PARA AUTOMATIZACION  
**RAMPAS DE ACELERACION Y DESACELERACION**

Determina el tiempo de redondeo inicial en segundos como muestra el diagrama.

Atrás

F1

F2

F3

F4

F5

F6

F7

F8

RAMPA DE ACELERACION Y DESACELERACION PARAMETRO P1060		
Frecuencia p-1058	Tiempo programado	%frecuencia nominal
60 Hz	10 s	100 %
45 Hz	7.5 s	75 %
30 Hz	5 s	50 %

TIEMPO DE SUAVIZADO PARAMETRO P1130 (20s)			
FRECUENCIA P-1058	TIEMPO PROGRAMADO		% FRECUENCIA NOMINAL
60 Hz	10 s	30 s	100 %
45 Hz	7.5 s	27.5 s	75 %
30 Hz	5 s	25 s	50 %

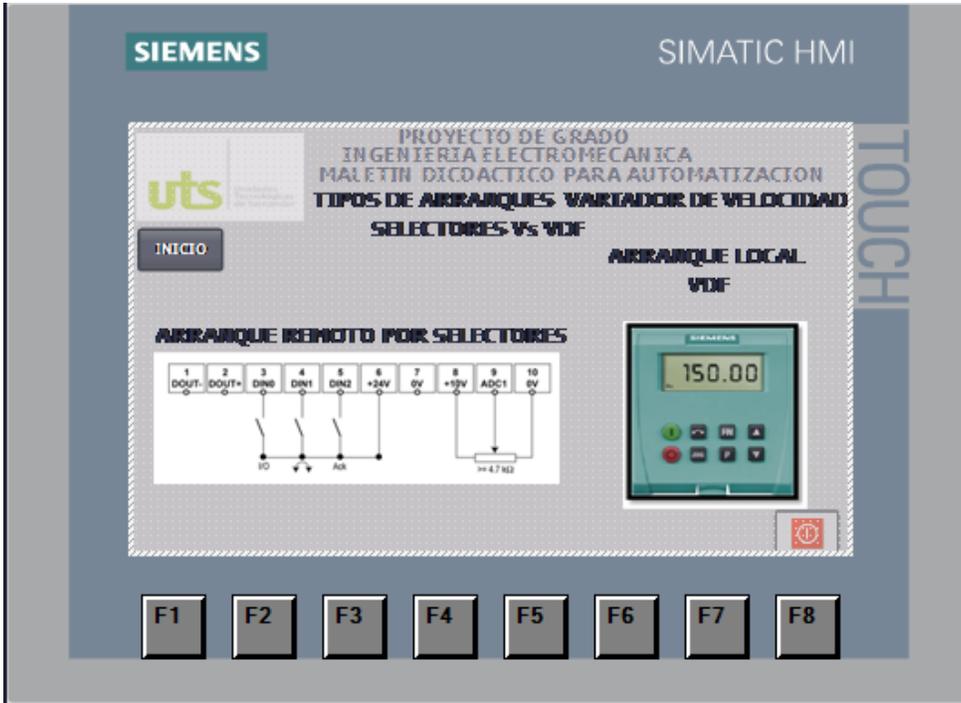
**Anexo EE.Practica 3. Diferentes tipos de arranques**

	<p><b>UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER</b> <b>GUÍA LABORATORIO DE SISTEMAS DE CONTROL</b></p>
---	---

<b>UNIDAD ACADÉMICA: FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERIAS</b>	
<b>ASIGNATURA: LABORATORIO SISTEMAS DE CONTROL</b>	
<b>PRACTICA No. 3</b>	<b>DETERMINAR LOS DIFERENTES TIPOS DE ARRANQUES QUE TIENE UN VARIADOR DE VELOCIDAD</b>

COMPETENCIA	RESULTADOS DE APRENDIZAJE
	El alumno identificara los diferentes tipos de arranque modificando parámetros en el variador de velocidad

MATERIALES Y EQUIPOS
<p><b>EQUIPOS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Maletín didáctico de automatización</li> <li>• Variador de velocidad sinamics</li> <li>• Motor trifásico siemens jaula de ardilla</li> </ul>

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE


- En esta práctica se realizará el arranque y cambio de sentido de giro del motor por medio de unos selectores externos y la frecuencia se modificará por medio de un potenciómetro generando una señal analógica de 0 a 10 v
- En esta práctica se realizará el arranque y cambio de sentido de giro del motor por medio del panel BOP y la frecuencia se modificará por medio de las teclas

**EVALUACION**

Identificar los diferentes tipos de arranque que tiene un variador de velocidad  
Cuando y para qué es necesario los diferentes tipos de arranque

**Fuente:** Autor

**Anexo FF.Practica 4. Temporizadores programados en un PLC**

	<p><b>UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER</b> <b>GUÍA DE LABORATORIO DE SISTEMAS DE CONTROL</b></p>
---	--

<b>UNIDAD ACADÉMICA: FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERIAS</b>	
<b>ASIGNATURA: LABORATORIO SISTEMAS DE CONTROL</b>	
<b>PRACTICA No. 4</b>	<b>FUNCIONAMIENTO DE TEMPORIZADORES PROGRAMADOS EN UN PLC.</b>

COMPETENCIA	RESULTADOS DE APRENDIZAJE
<p>3. El profesor mostrara a los alumnos el funcionamiento de los tipos de temporizadores programados en el PLC obteniendo una respuesta de salida en los indicadores luminosos que posee el maletín</p> <p>4. El objetivo de este tutorial es enseñar el funcionamiento y uso de los distintos tipos de temporizadores disponibles dentro del software de programación TIA PORTAL V14.</p>	<p>4. Que es un temporizador y bajo q condiciones se utiliza.</p> <p>5. Tipo de temporizadores</p> <p>6. Diferencias entre temporizadores digitales, mecánicos y programables en PLC</p>

## MATERIALES Y EQUIPOS

### EQUIPOS

- Maletín didáctico de automatización
- Variador de velocidad sinamics
- Motor trifásico siemens jaula de ardilla

Fuente: Autor

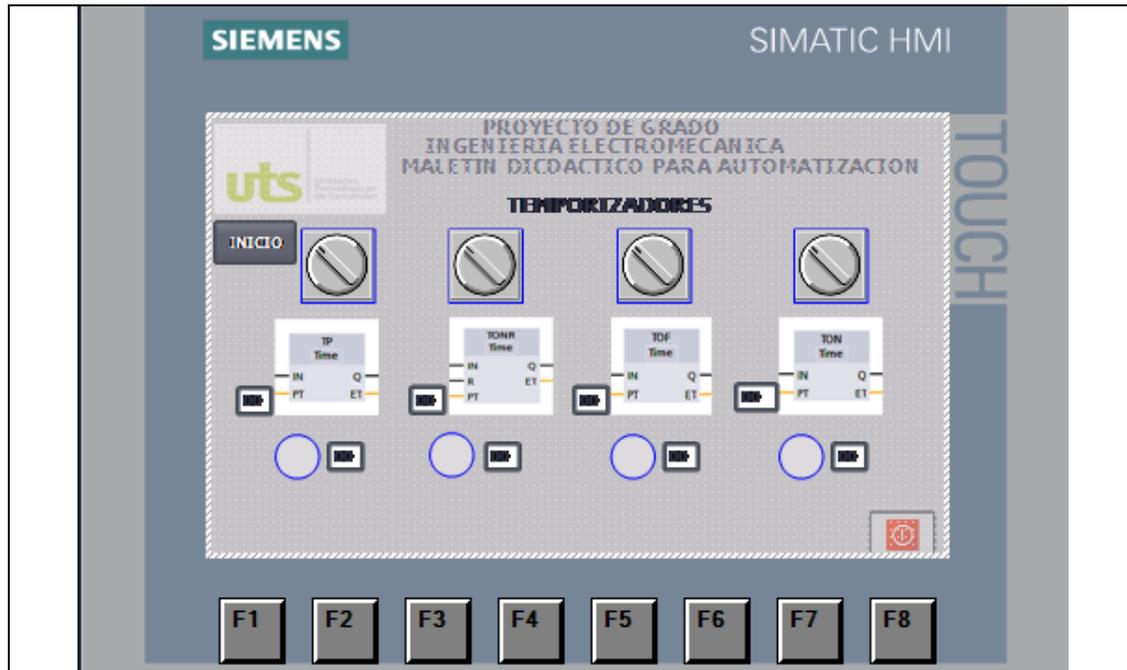
## ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

### DESCRIPCIÓN SENCILLA DE LO QUE ES UN TEMPORIZADOR:

Un temporizador es una instrucción que nos permite ejecutar ciertas acciones en función de un tiempo. Tipos de temporizadores que se explicaran

- **Temporizador de impulso**
- **Temporizador acumulador de tiempo**
- **Temporizador con retardo al desconectar**
- **Temporizador con retardo al conec**

### PROGRAMACIÓN Y FUNCIONAMIENTO DE TEMPORIZADORES DE IMPULSO



**IN:** Este parámetro **permite ejecutar la instrucción**, es de tipo bool o booleano (0, 1).

**PT:** Este parámetro es **la duración del impulso**, es decir el tiempo que estará el parámetro **Q activo**, es de tipo time o tiempo en segundos cantidades numéricas y unidad de tiempo.

**Unidades de tiempo:** MS (milisegundos), S(segundos), M(minutos), H(horas), D(días).

### ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

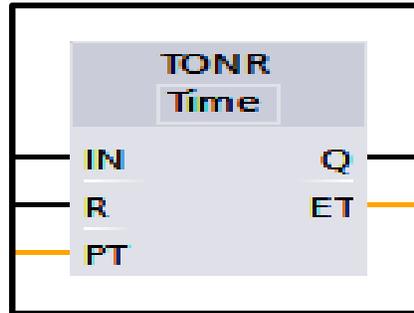
**Q:** Este parámetro es la **salida del temporizador**, es de tipo bool o booleano (0, 1).  
**ET:** Este parámetro indica **el tiempo transcurrido** desde que se activó el temporizador, es de tipo time o tiempo, **deja de contar una vez alcanza el valor del parámetro PT**.

#### Funcionamiento de la instrucción:

Cuando el parámetro IN pasa de 0 a 1 el temporizador de impulso activa el parámetro Q durante el tiempo que se haya programado en el parámetro PT, una vez transcurrido el tiempo programado el parámetro Q se desactiva.

## PROGRAMACIÓN Y FUNCIONAMIENTO DE UN TEMPORIZADOR ACUMULADOR DE TIEMPO

Temporizador acumulador de tiempo



IN: Este parámetro permite ejecutar la instrucción, es de tipo bool o booleano (0,

1).R: Este parámetro permite resetear el temporizador.

PT: Este parámetro es el tiempo necesario para activar el temporizador, es decir el tiempo que se tiene que acumular para activar el parámetro Q, es de tipo time o tiempo, por ejemplo, cinco segundos (T#5S) o (T#5M\_30S). La nomenclatura usada para definir el tiempo es, prefijo T#, después una o varias combinaciones de cantidades numéricas y unidad de tiempo.

### ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

**Unidades de tiempo:** MS (milisegundos), S(segundos), M(minutos), H(horas), D(días).

**Q:** Este parámetro es la **salida del temporizador**, es de tipo bool o booleano (0, 1).

**ET:** Este parámetro indica **el tiempo transcurrido** desde que se activó el temporizador, es de tipo time o tiempo, **deja de contar una vez alcanza el valor del parámetro PT.**

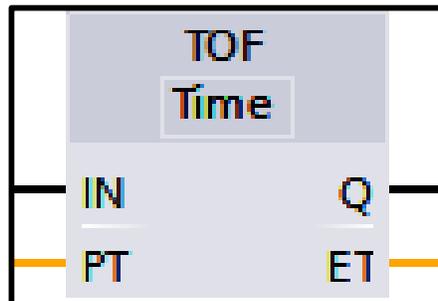
#### **FUNCIONAMIENTO DE LA INSTRUCCIÓN:**

Cuando el parámetro IN pasa de 0 a 1 el temporizador acumulador de tiempo comienza a contar el tiempo programado en el parámetro PT, el tiempo contado se va acumulando en el parámetro ET, si el parámetro IN pasa de 1 a 0 deja de contar, pero el parámetro ET retiene el tiempo contado hasta ese momento. Cuando el parámetro ET alcanza el valor de tiempo programado en el parámetro PT se activa el parámetro Q de forma permanente. El parámetro R desactiva el parámetro Q y pone el parámetro ET a 0, el parámetro R prevalece sobre el parámetro IN, es decir que si ambos están activos el temporizador permanecerá desactivado y no acumulará tiempo.

**Fuente:** Autor

### **ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE**

## PROGRAMACIÓN Y FUNCIONAMIENTO DE UN TEMPORIZADOR CON RETARDO AL DESCONECTAR



**IN:** Este parámetro **permite ejecutar la instrucción**, es de tipo bool o booleano (0, 1).

**PT:** Este parámetro es **la duración del impulso**, es decir el tiempo que estará el parámetro Q activo, es de tipo time o tiempo, por ejemplo, cinco segundos (T#5S) o (T#5M\_30S). La nomenclatura usada para definir el tiempo es, prefijo T#, después una o varias combinaciones de cantidades numéricas y unidad de tiempo.

**Q:** Este parámetro es **la salida del temporizador**, es de tipo bool o booleano (0, 1).

**ET:** Este parámetro indica **el tiempo transcurrido** desde que se activó el temporizador, es de tipo time o tiempo, **deja de contar una vez alcanza el valor del parámetro PT**.

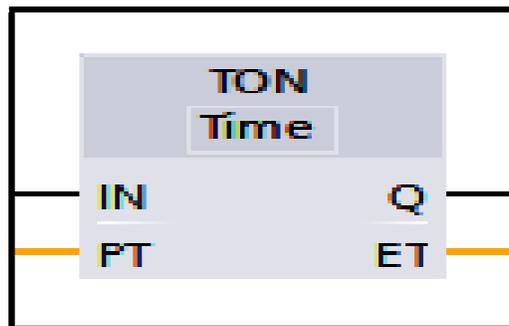
**Fuente:** Autor

### ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

Funcionamiento de la instrucción:

Cuando el parámetro IN pasa de 0 a 1 el temporizador con retardo al desconectar activa el parámetro Q, este se mantendrá activo mientras el parámetro IN permanezca a 1. Cuando el parámetro IN pasa de 1 a 0 el parámetro Q se mantiene activo durante el tiempo programado en el parámetro PT. Cuando el parámetro ET alcanza el valor de tiempo programado en el parámetro PT el parámetro Q se desactivará, si durante ese tiempo el parámetro IN pasa de 0 a 1 el tiempo acumulado en el parámetro ET se resetea.

#### PROGRAMACIÓN Y FUNCIONAMIENTO DE UN TEMPORIZADOR CON RETARDO AL CONECTAR



**IN:** Este parámetro **permite ejecutar la instrucción**, es de tipo bool o booleano (0, 1). **PT:** Este parámetro es **el tiempo necesario para activar el temporizador**, es decir el tiempo que se tiene que acumular para activar el parámetro Q, es de tipo time o tiempo, por ejemplo, cinco segundos (T#5S) o (T#5M\_30S).

La nomenclatura usada para definir el tiempo es, prefijo T#, después una o varias combinaciones de cantidades numéricas y unidad de tiempo.

**Q:** Este parámetro es la **salida del temporizador**, es de tipo bool o booleano (0, 1).

### ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

**ET:** Este parámetro indica **el tiempo transcurrido** desde que se activó el temporizador, es de tipo time o tiempo, **deja de contar una vez alcanza el valor del parámetro PT.**

#### **FUNCIONAMIENTO DE LA INSTRUCCIÓN:**

Cuando el parámetro IN pasa de 0 a 1 el temporizador con retardo al conectar empieza a contar el tiempo programado en el parámetro PT, el tiempo contado se va acumulando en el parámetro ET, si el parámetro IN pasa de 1 a 0 deja de contar y el tiempo acumulado en el parámetro ET se resetea. Cuando el parámetro ET alcanza el valor de tiempo programado en el parámetro PT se activa el parámetro Q, este se mantendrá activo mientras el parámetro IN permanezca a 1, en el momento que el parámetro IN pase de 1 a 0 el parámetro Q se desactivará.

**Fuente:** Autor

**Anexo GG.Practica 5.Arranque de motor electrico**

	<b>UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER</b> <b>GUÍA DE LABORATORIO DE SISTEMAS DE CONTROL</b>
---	--

<b>UNIDAD ACADÉMICA: FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERIAS</b>	
<b>ASIGNATURA:LABORATORIO SISTEMAS DE CONTROL</b>	
<b>PRACTICA No. 5</b>	<b>ARRANQUE DE UN MOTOR ELÉCTRICO POR MEDIO DE PULSADORES, VDF Y PLC</b>

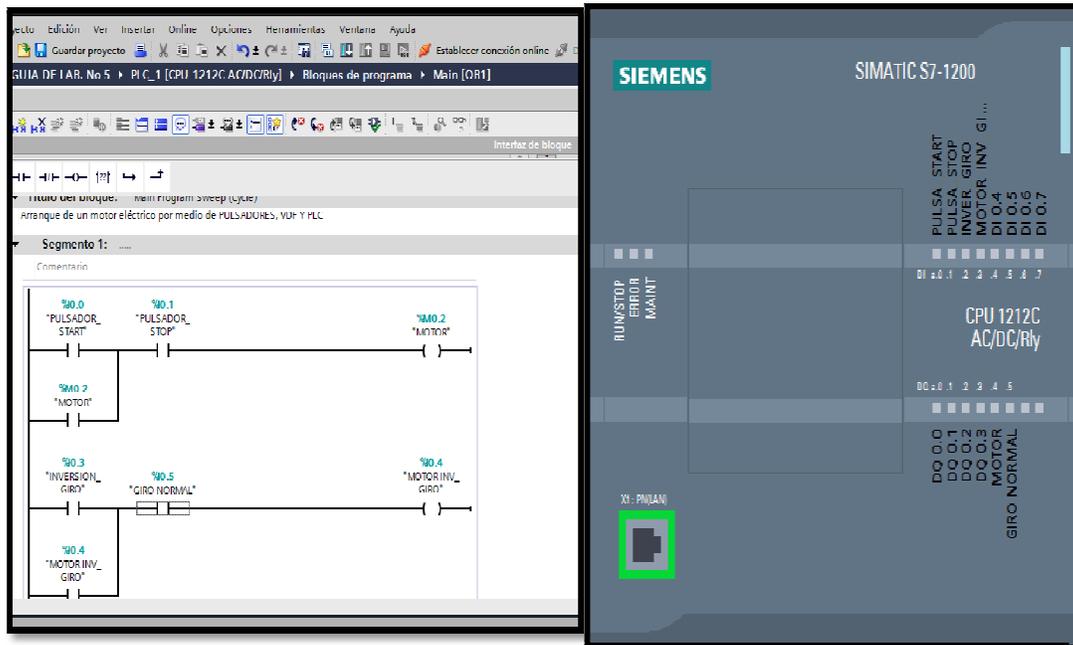
<b>COMPETENCIA</b>	<b>RESULTADOS DE APRENDIZAJE</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Mediante un ejemplo práctico se explicará según plano eléctrico las condiciones necesarias para arrancar el VDF por medio del diseño de un programa realizado el PLC.</li> <li>➤ Conocer los parámetros necesarios de programación el VDF para poder realizar este tipo de arranque por medio de un autómata.</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>7. Qué ventajas tiene el arranque y control de un motor eléctrico por medio de un PLC</li> <li>8. Ventajas de la programación Ladder en autómatas</li> </ol>

<b>MATERIALES Y EQUIPOS</b>
<p><b>EQUIPOS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Maletín didáctico de automatización</li> <li>• Variador de velocidad sinamics</li> <li>• Motor trifásico siemens jaula de ardilla</li> </ul>

## ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

### DESCRIPCION DE L ARACTICA

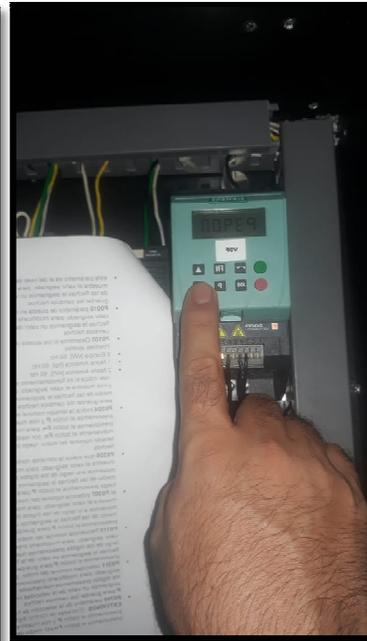
Mediante una programación realizada en el PLC, este recibirá la señal eléctrica de 2 pulsadores a la entrada y como respuesta en su salida se obtendrá una señal discreta que esta cableada hacia el variador para controlar su arranque y cambio de sentido de giro del motor eléctrico jaula de ardilla.



PROGRAMACIÓN LADDER

PLC

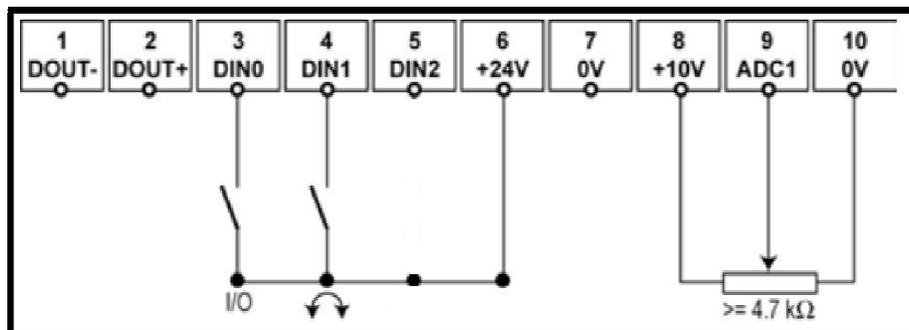
### ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE



MALETIN DE AUTOMATIZACION

PROGRAMACION

### CONEXIONES ELECTRICAS EN VDF



Fuente: Autor

### ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

#### PROEDIMIENTO Y DESARROLLO DE LA PRACTICA

El desarrollo del practica consiste dar a conocer el programa Ladder necesario para tener el control del motor y como el PLC recibe esta información teniendo una salida como respuesta.

PASOS 1: Entender programación Ladder y como se ejecuta en el PLC

PASO 2: Identificar los pulsadores en el maletín que intervendrán en la practica

PASO 3: Realizar el cambio de parámetros necesarios en el VDF para el arranque del variador desde modo remoto

PASO 4: Control del motor por medio de pulsadores, cambio de sentido de giro y control de velocidad utilizando autómata programable

**Fuente:** Autor

F-DC-125

Diseño e Implementación de un módulo didáctico de automatización industrial con Interfaz Hombre Máquina HMI, Variador de Frecuencia y Controlador Lógico Programable PLC para el control de velocidad y par de arranque de un motor AC

VERSIÓN: 01