



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE GUAYAQUIL

CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

PROYECTO DE TITULACIÓN

Previa la obtención del título de:

INGENIERO ELÉCTRICO

TEMA

“Simulación y automatización del control de regulación de voltaje en sistemas de distribución”

AUTORES

Cedeño Murillo Milton Rolando

Reyes Molina Peter Eloy

DIRECTOR: Ing. David Humberto Cárdenas Villacrés

GUAYAQUIL

2019

CERTIFICADOS DE RESPONSABILIDAD Y AUDITORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, **MILTON ROLANDO CEDEÑO MURILLO** y **PETER ELOY REYES MOLINA** autorizamos a la **Universidad Politécnica Salesiana** la publicación total o parcial de este trabajo de titulación y su reproducción sin fines de lucro.

Además, declaramos que los conceptos, análisis desarrollados y las conclusiones del presente trabajo son de exclusiva responsabilidad de los autores.

Guayaquil, Enero del 2019

Milton Rolando Cedeño Murillo

C.I. 0923883193

Peter Eloy Reyes Molina

C.I. 0931006522

CERTIFICADO DE SESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UPS

Yo, **MILTON ROLANDO CEDEÑO MURILLO**, con documento de identificación N° **0923883193**, manifiesto mi voluntad y cedo a la **UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA** la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del trabajo de grado titulado “**SIMULACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DEL CONTROL DE REGULACIÓN DE VOLTAJE EN SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN**” mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de **INGENIERO ELÉCTRICO**, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la universidad facultada para ejercer plenamente los derechos antes cedidos.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscrito este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, Enero del 2019

Milton Rolando Cedeño Murillo

0923883193

CERTIFICADO DE SESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UPS

Yo, **PETER ELOY REYES MOLINA**, con documento de identificación N° **0931006522**, manifiesto mi voluntad y cedo a la **UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA** la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del trabajo de grado titulado **“SIMULACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DEL CONTROL DE REGULACIÓN DE VOLTAJE EN SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN”** mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de **INGENIERO ELÉCTRICO**, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la universidad facultada para ejercer plenamente los derechos antes cedidos.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscrito este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, Enero del 2019

Peter Reyes Molina

0931006522

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN SUSCRITO POR EL TUTOR

Yo, **DAVID HUMBERTO CÁRDENAS VILLACRÉS**, director del proyecto de Titulación denominado “**SIMULACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DEL CONTROL DE REGULACIÓN DE VOLTAJE EN SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN**” realizado por los estudiantes, **MILTON ROLANDO CEDEÑO MURILLO** y **PETER ELOY REYES MOLINA**, certifico que ha sido orientado y revisado durante su desarrollo, por cuanto se aprueba la presentación del mismo ante las autoridades pertinentes.

Guayaquil, Enero del 2019

Ing. David Humberto Cárdenas Villacrés

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de titulación en primer lugar a Dios que me dio la sabiduría para culminar una meta anhelada, a mis padres Enrique y Piedad que con su esfuerzo, dedicación y consejos me ayudaron a seguir adelante, a mi abuelito Pedro que me demostró que en la vida cuando se desea algo, se debe luchar para tenerlo, y una dedicatoria especial a 3 personas que hoy en día no están conmigo pero que dejaron un legado importante en mi vida mi tía Susana, mi abuelita Esmeralda, y mi abuelita Elena, que también fueron pilares fundamentales para mi

Peter Eloy Reyes Molina.

Dedico este trabajo de tesis en primer lugar a Dios, por ser el inspirador y darme la fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados. A mis padres Antonio y María, por ser los principales promotores de mis sueños, por confiar y creer en mis expectativas, por los consejos, valores y principios que me han inculcado.

A mi abuelita Eloísa, que siempre ha estado pendiente de mí y que ahora me guía y cuida desde el cielo, con todo el cariño y amor que siempre me demostró.

Milton Rolando Cedeño Murillo.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos principalmente a Dios que es mi guía, a mis padres que son mi motor para seguir adelante dando lo mejor de mí, a mi compañero de tesis que me apoyo hasta la culminación de este proyecto, y a mis amigos del colegio que en todo momento estuvieron presente. Un especial agradecimiento a los Ingenieros Jose Yépez y Carlos Quiroga, por la ayuda oportuna que nos dieron en la finalización del proyecto.

Peter Reyes Molina

Agradezco a Dios y a mis Padres por ser la inspiración que necesité para dar lo mejor de mí y siempre salir adelante.

A los docentes de la Universidad Politécnica Salesiana, por permitirme concluir con una etapa de mi vida, gracias por su paciencia, orientación y guiarme en el desarrollo de esta investigación.

Agradezco a mis familiares y amigos que siempre han estado presentes en los momentos buenos y malos y por brindarme siempre su apoyo incondicional. A mis compañeros de trabajo, que durante toda mi etapa de formación me supieron brindar sus consejos y me dieron una mano cuando yo la necesitaba.

Milton Cedeño Murillo

RESUMEN

Tema: SIMULACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DEL CONTROL DE REGULACIÓN DE VOLTAJE EN SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN

Autor: Milton R. Cedeño Murillo, Peter E. Reyes Molina

Director de Tesis: Ing. David Cárdenas Villacrés

La calidad en el suministro del servicio eléctrico está en constante mejora, por lo que se ha observado la implementación de tecnologías que ayuden con este proceso. Por esta razón se plantea para este proyecto la simulación del control de un regulador de voltaje monofásico a través de la construcción de un módulo didáctico que ayude a una mejor comprensión en el uso de estos dispositivos. Esto se realiza por medio de un controlador lógico programable que simula la lectura en la medición del voltaje de entrada, y de esta manera determinar si necesita ser corregida (puede ser necesario el aumento o reducción del nivel de voltaje), de ser el caso se observa la variación del TAP (selector mecánico o conmutador) del transformador por medio de un motor de pasos.

La simulación se la realizo con los programas WinCC RT Advanced y TIA Portal, el proyecto no solo contempla el tema de estudio en mención, sino que permitirá al estudiante de la carrera de Ingeniería Eléctrica diseñar diferentes sistemas de control utilizando un PLC. En los capítulos siguientes se describirá conceptos básicos referentes a los reguladores de tensión y normativas; las partes o elementos que comprenden el maletín de didáctico, una guía de programación para el uso de los diferentes comandos del programa.

Palabras clave: CONTROL, AUTOMATIZACIÓN, REGULACIÓN, DISTRIBUCIÓN, VOLTAJE.

ABSTRACT

Topic: SIMULATION AND AUTOMATION OF VOLTAGE REGULATION CONTROL IN DISTRIBUTION SYSTEMS

Authors: Milton R. Cedeño Murillo, Peter E. Reyes Molina

Thesis Director: Ing. David Cárdenas Villacrés

The quality in the supply of electric service is constantly improving the implementation of technologies help with this process. For this reason, the simulation of the control of a single phase voltage regulator through the construction of a didactic module to better understand the use of these devices. This is done by means of a programmable logic controller that simulates the reading in the measurement of the input voltage, and in this way determine if it needs to be corrected (it may be necessary to increase or decrease the voltage level) to observe the variation of the TAP (mechanical selector or switch) of the transformer by means of a step motor.

The simulation was carried out with the WinCC RT Advanced and TIA Portal programs, the project not only contemplates the subject of study in question, but will allow the student of the Electrical Engineering career to design different control systems using a PLC. In the following chapters, basic concepts related to voltage regulators and standards will be described; the parts or elements that comprise the didactic case, a programming guide for the use of the different program commands.

KEYWORDS: Control, Automation, Regulation, Distribution, Voltage.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICADOS DE RESPONSABILIDAD Y AUDITORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	i
CERTIFICADO DE SESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UPS	ii
CERTIFICADO DE SESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UPS	iii
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN SUSCRITO POR EL TUTOR	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTOS.....	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1: EL PROBLEMA.....	2
1.1. Descripción del Problema	2
1.2. Importancia y Alcances	2
1.3. Antecedentes	2
1.4. Delimitación.....	2
1.5. Objetivos.....	3
1.5.1. Objetivo General	3
1.5.2. Objetivos Específicos.....	3
1.6. Marco Metodológico.....	3
CAPITULO 2: MARCO TEÓRICO	4
2.1. Calidad de Energía.....	4
2.2. Importancia de la regulación de tensión en sistemas de distribución	4
2.3. Perturbaciones en las líneas de distribución	5
2.4. Equipos para regulación en media tensión	5
2.5. Regulador de Tensión para Sistemas de Distribución	5
2.6. Funcionamiento de un regulador de tensión.	7
2.7. Regulación de control de voltaje 004/001 CONELEC (Consejo Nacional de Electricidad).....	7

CAPITULO 3: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL MODULO.....	9
3.1. Diseño y construcción parte metalmecánica del maletín de pruebas.....	9
3.2. Elementos de la tapa de rótulos, señales de entrada y salida.....	10
3.3. Instalación y distribución de los elementos internos del módulo de prácticas	14
3.4. Conexión de los elementos	16
CAPITULO 4: ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	18
4.1. PRACTICA 1.....	19
4.1.1.Tema:.....	19
4.1.2.Objetivos:	19
4.1.3.Marco Teórico:.....	19
4.1.4.Marco Procedimental:	19
4.1.5.Recursos utilizados:	20
4.1.6. Tiempo estimado:.....	21
4.1.7.Conclusiones:	21
4.1.8.Recomendaciones:.....	21
4.2. PRACTICA 2.....	22
4.2.1.Tema:.....	22
4.2.2.Objetivos:	22
4.2.3.Marco teórico:	22
4.2.4.Marco procedimental:	22
4.2.5.Programación:	25
4.2.6 Análisis y Pruebas:	26
4.2.7 Recursos utilizados:	27
4.2.8 Tiempo estimado:.....	27
4.2.9 Conclusiones:	27
4.2.10Recomendaciones:	27
4.3. PRACTICA 3.....	28
4.3.1.Tema:.....	28
4.3.2.Objetivos:	28
4.3.3.Marco Teórico:.....	28
4.3.4.Marco procedimental:	29
4.3.5 Análisis y Pruebas:	30
4.3.6 Recursos utilizados:	33
4.3.7 Tiempo estimado:.....	33

4.3.8 Conclusiones:	33
4.3.9 Recomendaciones:.....	34
4.4. Practica 4.....	35
4.4.1. Tema.....	35
4.4.2. Objetivos	35
4.4.3. Marco Teórico	35
4.4.4. Procedimiento	37
4.4.5. Análisis y pruebas	40
4.4.6. Recursos utilizados.....	41
4.4.7. Tiempo estimado.....	41
4.4.8. Conclusiones	42
4.4.9. Recomendaciones.....	42
4.5. GUÍA DE PROGRAMACION PARA PRACTICAS DE LABORATORIO .	43
4.5.1. Como crear un proyecto	43
4.5.2. Como ingresar variables.....	45
4.5.3. Convertidores	45
4.5.4. Calculate.....	47
4.5.5. MUL.....	48
4.5.6. ADD	49
4.5.7. Cargar Programa	49
4.5.8. Configurar Ventana Grafica (WinCC).....	51
4.5.9. Compilar Programa y Ventana.....	55
CAPITULO 5: Conclusiones y Recomendaciones.....	58
5.1. Conclusiones	58
5.2. Recomendaciones.....	58
BIBLIOGRAFÍA	59
ANEXOS	61

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. ESQUEMA BÁSICO DE SISTEMA DE ALIMENTACIÓN	4
FIGURA 2 - REGULADOR DE VOLTAJE DE MEDIA TENSIÓN	6
FIGURA 3- ESQUEMA BÁSICO DE UN REGULADOR DE TENSIÓN LTC	7
FIGURA 4- DISEÑO DEL MALETÍN EN FORMATO CAD	9
FIGURA 5 – DISEÑO DE PLACA CON LOS RÓTULOS DE LAS SEÑALES Y EQUIPOS INSTALADOS	9
FIGURA 6- TAPA DE RÓTULOS Y ELEMENTOS DE SEÑALES DE ENTRADA Y SALIDA	10
FIGURA 7 - CAJA DE MALETÍN DE PRUEBAS	10
FIGURA 8- LUCES PILOTO	10
FIGURA 9- SELECTOR DOS POSICIONES.....	11
FIGURA 10- JACK.....	11
FIGURA 11- VOLTÍMETRO ANALÓGICO	12
FIGURA 12- FUENTE VARIABLE 0-10VDC.....	12
FIGURA 13- POTENCIÓMETRO 1K Ω PARA VARIAR TENSIÓN	12
FIGURA 14 - CIRCUITO DEL REGULADOR DE VOLTAJE 0-10VDC	13
FIGURA 15- TAPA DE RÓTULOS, ELEMENTOS DE MANDO Y RECEPCIÓN DE SEÑALES.....	13
FIGURA 16- PLAFÓN CON RIEL DIN Y CANALETAS	14
FIGURA 17- PLC S7-1200	14
FIGURA 18- FUENTE DE ALIMENTACIÓN 24 VDC	14
FIGURA 19 - RELÉS REPLICADORES	15
FIGURA 20- BASE RELÉS REPLICADORES.....	15
FIGURA 21- TERMINALES USADOS PARA CONEXIÓN ENTRE ELEMENTOS	15
FIGURA 22- ALIMENTACIÓN, INTERRUPTOR, TERMINAL DE COMUNICACIÓN.....	16
FIGURA 23- CABLEADO SECCIÓN DE SALIDAS DIGITALES	16
FIGURA 24 - CABLEADO DE LA TAPA SUPERIOR DEL MÓDULO DE PRÁCTICAS	16
FIGURA 25 - RESULTADO FINAL DEL CABLEADO	17
FIGURA 58- VISTA INTERIOR DEL MÓDULO DE AUTOMATIZACIÓN	20
FIGURA 59- INTERRUPTOR ENCENDIDO Y APAGADO.....	23

FIGURA 60- PLC ENCENDIDO	23
FIGURA 61- MEDICIÓN DE LA FUENTE VARIABLE.....	23
FIGURA 62- MEDICIÓN DEL PANEL DE ALIMENTACIÓN VDC.....	24
FIGURA 63- COMPROBACIÓN DEL VOLTÍMETRO ANALÓGICO	24
FIGURA 64- SEGMENTO 1 P2.....	25
FIGURA 65- SEGMENTO 2 P2.....	26
FIGURA 66- VERIFICAR P1.....	26
FIGURA 67- VERIFICAR S4.....	26
FIGURA 68 -VERIFICAR FUNCIONES NORM_X Y SCALE_X	31
FIGURA 69- VARIACIÓN DE TAP.....	31
FIGURA 70 - DIAGRAMA DE CONTROL.....	36
FIGURA 71- DIAGRAMA FÍSICO	36
FIGURA 72- MEDICIÓN DE ENTRADA.....	40
FIGURA 73- PORCENTAJE VARIADO	40
FIGURA 74- TAP ENCENDIDO	40
FIGURA 26- CREAR PROYECTO TIA PORTAL	43
FIGURA 27- CONFIGURAR DISPOSITIVO	43
FIGURA 28- AGREGAR DISPOSITIVO	44
FIGURA 29 - VISTA DE DISPOSITIVOS	44
FIGURA 30- PLC CON SIGNAL BOARD	44
FIGURA 31- VARIABLES DECLARADAS.....	45
FIGURA 32- NORM_X.....	46
FIGURA 33- NORMALIZAR VALORES	46
FIGURA 34 - ESCALAR VALORES	47
FIGURA 35- CONVERTIDORES NORM Y SCALE.....	47
FIGURA 36 - FUNCIÓN CALCULATE	48
FIGURA 37 - INSTRUCCIÓN FUNCIÓN CALCULATE	48
FIGURA 38- FUNCIÓN MULT	48
FIGURA 39- FUNCIÓN ADD	49
FIGURA 40- COMPILAR PROGRAMA.....	49
FIGURA 41- CARGAR EN DISPOSITIVO	50
FIGURA 42- BÚSQUEDA DE DISPOSITIVO	50
FIGURA 43- DISPOSITIVO ENCONTRADO.....	50
FIGURA 44-VISTA PRELIMINAR DE CARGA	51

FIGURA 45 - FINALIZAR CARGA.....	51
FIGURA 46- AGREGAR DISPOSITIVO	51
FIGURA 47- AGREGAR PUERTO DE COMUNICACIÓN	52
FIGURA 48- VISTA DE REDES	52
FIGURA 49 - CONEXIÓN DE EQUIPOS	53
FIGURA 50- ÁREA DE TRABAJO.....	53
FIGURA 51- CONFIGURAR COMO TIPO SALIDA	54
FIGURA 52- DECLARACIÓN DE VARIABLES	54
FIGURA 53- VISTA FINAL VENTANA GRAFICA	55
FIGURA 54- COMPILACIÓN DE AUTÓMATA.....	55
FIGURA 55 – CARGA DE PROGRAMACIÓN AL AUTÓMATA	56
FIGURA 56 - RUNTIME DE LA IMAGEN	56
FIGURA 57 - VALOR DIGITALIZADO.....	57

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1 NIVELES DE VOLTAJE ADMITIDOS	8
TABLA 2- DATA SHEET INDICADOR LED	11
TABLA 3- DATA SHEET SELECTOR DOS POSICIONES.....	11
TABLA 4- DATASHEET TERMINALES JACK.....	11
TABLA 5- ELEMENTOS PLACA REGULADORA DE VOLTAJE	12
TABLA 6- DATASHEET RELÉS REPLICADORES	15
TABLA 7 - COMPROBACIÓN DE LÓGICA DEL PROGRAMA	27
TABLA 8- VARIACIÓN DE TAP	32
TABLA 9 - VALORES POR TAP	33

ÍNDICE DE ECUACIONES

ECUACIÓN 1- ECUACIÓN DE NORM_X	46
ECUACIÓN 2- ECUACIÓN SCALE_X.....	47
ECUACIÓN 3- VOLTAJE VARIADO POR CADA TAP	28
ECUACIÓN 4- VOLTAJE VARIADO POR CADA TAP	35

INTRODUCCIÓN

La variación en el voltaje se produce por la sobrecarga, por tal razón las empresas encargadas del suministro eléctrico emplean dispositivos que permitan la regulación del voltaje, y así mantener un nivel óptimo para el consumidor final. En la actualidad la mayoría de los procesos sean estos industriales o eléctricos, emplean sistemas de automatización. El presente proyecto de titulación se basa en la simulación y automatización de un sistema regulador de voltaje monofásico para sistemas de distribución; y su comportamiento con la variación de tensión por cargas de diferente tipo. En el documento el lector tendrá disponible, la información necesaria para comprender el uso de un regulador de tensión monofásico LTC (Load TAP charge), como realizar la programación, los ajustes que debe tomar en cuenta, y como simular el cambiador de TAP.

El estudiante de la Universidad Politécnica Salesiana – Sede Guayaquil de la carrera de Ingeniería Eléctrica podrá poner en práctica los conocimientos adquiridos en Automatización Industrial. Con el desarrollo de estas prácticas los estudiantes conocerán las diferentes características y configuraciones de los sistemas de automatización además estarán en la capacidad de diseñar e implementar circuitos de control.

En el capítulo 1 se mencionan los aspectos generales que se toman a consideración, como es el planteamiento del problema, antecedente, y los objetivos que se pretenden lograr con el desarrollo del proyecto. En el capítulo 2 son revisados los conceptos básicos referentes a reguladores de tensión, la importancia de mantener la calidad del suministro de energía, la normativa aplicada, y los diferentes sistemas utilizados para la regulación. En el capítulo 3 son descritos las partes y elementos que comprenden el maletín de pruebas, y su proceso de construcción. En el capítulo 4 se detallan los resultados obtenidos.

CAPÍTULO 1: EL PROBLEMA

1.1. Descripción del Problema

En la actualidad los módulos de automatización de la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil están desactualizados, por lo cual se vio la necesidad de implementar un módulo didáctico y una guía de prácticas que brinde mejores prestaciones y que sea compatible con las maquinas, y tableros de la carrera de Ingeniería Eléctrica.

1.2. Importancia y Alcances

Los estudiantes de la carrera de Ingeniería eléctrica de la Universidad politécnica Salesiana serán los principales beneficiarios con la implementación del módulo didáctico, que proporcionará los mecanismos necesarios para poder realizar las prácticas y de esta manera se facilite y optimice el aprendizaje.

1.3. Antecedentes

Los procesos industriales en la actualidad, tienen como elemento principal un PLC (Controlador Lógico Programable) para sus sistemas de automatización. Con esta premisa las instituciones de educación superior orientadas a ingeniería obligan a implementar en la metodología de enseñanza mecanismos que permitan al estudiante una mejor comprensión, y aprendizaje del uso de esto equipos. Lo que se quiere lograr con este proyecto, es que el estudiante este en la capacidad de diseñar un sistema de control para un sistema de regulación de voltaje.

1.4. Delimitación

Temporal: El tiempo estimado para la elaboración del proyecto es aproximadamente 1 año.

Espacial: Se desarrolló en la Universidad Politécnica Salesiana – Sede Guayaquil, en el Laboratorio de Instalaciones Industriales.

Académico: El tema de estudio está enfocado en la simulación de un regulador de tensión monofásico de sistemas de distribución mediante el uso del módulo didáctico de automatización y un motor paso a paso.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General

Simular mediante el módulo de automatización el funcionamiento de un regulador de tensión monofásico aplicado a sistemas de distribución de energía eléctrica.

1.5.2. Objetivos Específicos

- Diseñar e implementar mediante el módulo de automatización la configuración de un regulador de voltaje monofásico convencional.
- Aprender el uso del PLC S7-1200
- Aprender el uso de la librería del programa TIA PORTAL.
- Elaborar una guía de prácticas de laboratorio para el empleo del módulo de automatización.

1.6. Marco Metodológico

En el proyecto se empleó el método de investigación empírico, a través del enfoque experimental porque resulta eficaz para verificar por medio de un motor de paso las variaciones de los TAP de un transformador de distribución que permitirá una mayor comprensión de su funcionamiento, y la aplicación del mismo en el mercado eléctrico. Para la elaboración de las prácticas se empleó el método descriptivo que permitirá a los estudiantes tener una visión clara de los objetivos que se quieren obtener con el desarrollo de las mismas.

CAPITULO 2: MARCO TEÓRICO

2.1. Calidad de Energía

Las compañías generadoras y distribuidoras de energía eléctrica buscan como uno de sus objetivos principales la calidad del servicio para los consumidores, lo cual requiere de la consideración de varios aspectos. Las razones por las que se mantiene el interés en la calidad, es por el incremento en el uso de dispositivos electrónicos, los cuales son sensibles a la existencia de perturbaciones en la red, debido a que estos contienen tarjetas de control incorporadas con microprocesadores y dispositivos electrónicos de potencia; el uso de equipos que permitan la mejora en la eficiencia de los sistemas de potencia dan como resultado un aumento en el contenido de armónicos existentes en las líneas y la interconexión de las redes eléctricas ocasiona que si existe una falla en uno de los equipos conectados a esa red tenga consecuencia sobre los demás.

2.2. Importancia de la regulación de tensión en sistemas de distribución

La variación de tensión que sufre una línea en el sistema de distribución de energía eléctrica, es ocasionada por la mala impedancia que tiene la línea, así como a las diferentes cargas y sobrecargas que se presentan en algunos puntos [3].

Las compañías a cargo de la distribución de la energía eléctrica, mantienen la tensión suministrada al consumidor dentro del rango de $\pm 8\%$ del valor nominal, en la Figura 1 se observa un diagrama general de un sistema de alimentación, se observa que si la impedancia es alta, la tensión se reduce a un valor bajo cuando existe una demanda grande de corriente, en cambio si la tensión aumenta para recuperar la caída, se corre el riesgo de que exista una sobretensión si la carga llega a disminuir [3].

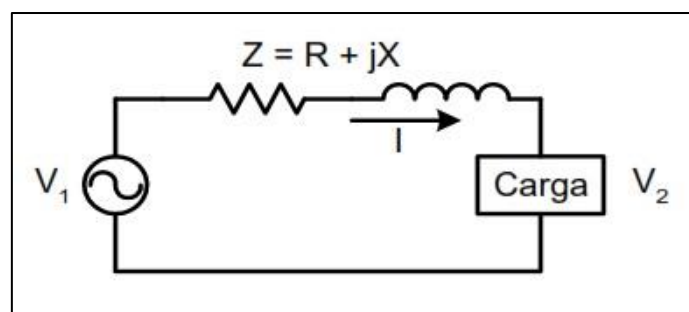


Figura 1. Esquema básico de sistema de alimentación

Considerando la necesidad de garantizar a los consumidores del suministro eléctrico, un servicio continuo y fiable que no se vea afectado por las interrupciones antes

mencionadas, se emplean equipos que ayuden a controlar y mantener niveles óptimos de tensión [1].

2.3. Perturbaciones en las líneas de distribución

Las perturbaciones más comunes que se encuentran en las líneas de distribución son ocasionadas por la sobretensión (Incremento de la tensión por un periodo de tiempo por la desconexión de una carga grande), la baja Tensión (Reducción de la tensión por un periodo de tiempo mayor a un minuto, por sobrecarga en las líneas), los armónicos (Es una tensión donde la curva de la frecuencia esta distorsionada respecto a la del sistema) y el parpadeo (Variaciones cíclicas de la tensión ocasionados por ciertos tipos de carga) [3].

2.4. Equipos para regulación en media tensión

Existen diferentes equipos para la regulación de voltaje en media tensión como la instalación de capacitores, en serio o paralelo, el uso de capacitores estáticos de Voltios Amperios Reactivos (VAR), el empleo de transformadores con conmutación en carga y el uso de reguladores de tensión por pasos.

2.5. Regulador de Tensión para Sistemas de Distribución

En la actualidad casi todos los transformadores incorporan algunos medios para ajustar su relación de voltaje, se los utiliza como equipos para mantener optimo el nivel de tensión. El cambiador de tomas en carga debe proporcionar un flujo de corriente ininterrumpido durante la operación de transición de una toma a otra, el flujo de corriente debe mantenerse sin interrupciones sin cortocircuitos parciales del devanado roscado.

Es un dispositivo de conmutación que transfiere la potencia de rendimiento de un toque del transformador a uno adyacente, durante esta operación, las dos tomas se conectarán a través de la impedancia de transición ajustada, en esta fase los dos tap compartirán la corriente de carga a partir de entonces, la conexión con el toque anterior se interrumpirá y la carga se transferirá al nuevo toque, el dispositivo que realiza este cambio se llama interruptor de desviación.

El cambiador de tomas se instala para cumplir con la variación de voltaje en los sistemas conectados al transformador, no es seguro que el objetivo sea mantener un voltaje secundario constante en todo momento, la red saliente también puede tener una caída de

voltaje y esto también debe ser compensado. En principio, el cambiador de tomas solo recibe órdenes: subir o bajar.

Los reguladores de voltaje son equipos utilizados desde los primeros sistemas de generación, transmisión y distribución, son aplicados tanto para alta, media y baja tensión, en los dos primeros son instalados en las líneas de transmisión y distribución, para el caso de baja tensión, se colocan en la entrada de los equipos que necesiten un valor constante[3].

En el caso real, los sistemas de distribución eléctrica no son completamente confiables, se requiere de equipos que permita entregar al usuario final un nivel de tensión óptimo para el buen funcionamiento de sus equipos a pesar de las fluctuaciones que tenga la carga. En este caso de estudios analizaremos el regulador de tensión, que es una solución práctica para resolver los efectos indeseables que se generan en las líneas de distribución por la caída de tensión, debido a que estas fallas son inevitables en este tipo de sistemas [1].

El variador de TAP es físicamente un motor asíncrono que está ubicado en la caja del transformador, este dispositivo es el que permite aumentar o disminuir la relación del devanado que está controlado por una configuración que permite mantener la tensión del suministro en su valor nominal lo más constante posible [2]



Figura 2 - Regulador de voltaje de media tensión

En los sistemas de distribución es comúnmente utilizado un banco de reguladores monofásicos, en vez de los trifásicos, debido a que las fases en la red en la realidad no están balanceadas, y es preferible que se haga la regulación independiente de cada una de las fases. En el caso de que las fases estén balanceadas un regulador de tensión trifásico sería igual de eficiente [2].

2.6. Funcionamiento de un regulador de tensión.

Los reguladores de voltaje mediante LTC (Load Tap Changer) son de acción lenta, estos son programados de tal manera que cuando la tensión haya variado a un tiempo mayor al que fue programado, este empiece a cambiar automáticamente hasta que la tensión se haya estabilizado. El tiempo común utilizado en estos equipos para completar dicho movimiento es de 5 segundos, el cual es conocido como tiempo de retardo mecánico, este de aquí es establecido para evitar el cambio frecuente por un aumento o reducción del voltaje que dure pocos segundos, y de ser así este no presentaría mayor problema a la red, pero estaría ocasionando desgastes mecánicos por el movimiento innecesario del variador [5].

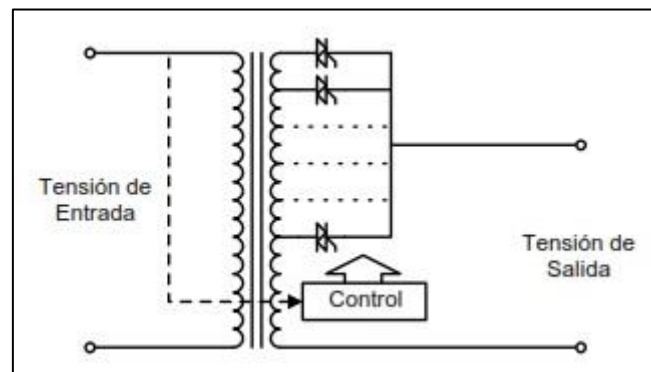


Figura 3- Esquema básico de un regulador de tensión LTC

2.7. Regulación de control de voltaje 004/001 CONELEC (Consejo Nacional de Electricidad)

El objetivo de esta regulación es establecer los niveles óptimos de calidad de la prestación del servicio eléctrico y los procedimientos de evaluación a ser observados por parte de las empresas distribuidoras. Estos niveles de calidad se miden tomando en cuenta al nivel de voltaje, las perturbaciones de voltaje y el factor de potencia.

Para los niveles de voltaje, la regulación establece que, si el distribuidor no cumple con el nivel de voltaje en el punto de medición respectivo, sea de 5% o más del periodo de medición de 7 días continuos, en cada el servicio lo suministre incumpliendo los límites de voltaje, para lo cual el presente trabajo de investigación se relaciona directamente con el nivel de voltaje en un sistema de distribución.

Cabe mencionar que CONELEC ha definido límites para mejorar sus indicadores de calidad en dos subetapas, hasta la actualidad no se ha superado la subetapa 1. Para el

presente trabajo se tomará los límites de la subetapa 2 ya que estos límites son similares a los valores de la norma ANSI C.84 1 2006 y se señalan a partir de la tabla 1. [4]

Alto Voltaje	0.05
Medio Voltaje	0.08
Bajo Voltaje: Urbanas	0.08
Bajo Voltaje: Rurales	0.1

Tabla 1 Niveles de voltaje admitidos

2.8. Controlador Lógico Programable (PLC)

Los controladores lógicos programables son dispositivos electrónicos que son comúnmente usados en automatización de sistemas industriales. Un PLC permite el control del funcionamiento de los procesos de una planta o sistema, estos reciben y procesan las señales digitales y analógicas que son usadas en la lógica de control.

El PLC es una máquina de secuencias que ejecutan el programa diseñado por el usuario y almacenado en la memoria del dispositivo, el cual genera las órdenes y señales de mando a partir de las señales de entrada que se vayan a utilizar y realizar el mando a través de las señales de salida [10].

En este proyecto se usará el PLC S7-1200 de Siemens CPU 1214C DC/DC/DC, para poder realizar la programación de este dispositivo se utiliza el programa TIA PORTAL (Totally Integred Automation Portal), adicional para este caso de estudio se usará el lenguaje tipo Escalera o KOP.

2.9. Simatic WinCC

Es una aplicación del TIA Portal, que permite programar y configurar soluciones de control, visualización y accionamiento. El software es para todas las aplicaciones HMI desde las más simple hasta las soluciones SCADA en sistemas multiusuarios basadas en PC. Este cuenta con una perfecta interacción con STEP 7 y evita la necesidad de introducir varias veces los mismos datos y se garantiza la homogeneidad en la gestión de datos.

CAPITULO 3: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL MÓDULO.

EL diseño del módulo de automatización proporcionará una herramienta para los estudiantes que permita poner en práctica lo aprendido en las aulas de clases tanto a nivel eléctrico como a nivel industrial, porque permite el uso del PLC con la integración de los tableros existentes en los diferentes laboratorios.

3.1. Diseño y construcción parte metalmecánica del maletín de pruebas

Se realizó el diseño de la parte metalmecánica y de la placa con los nombres de las señales de entrada, salida y de los equipos instalados en la maleta, en formato CAD tal como se muestra en la figura 4 y 5. Posterior a esto se tiene la aprobación y construcción del maletín, incluyendo las modificaciones solicitadas por el tutor de tesis.

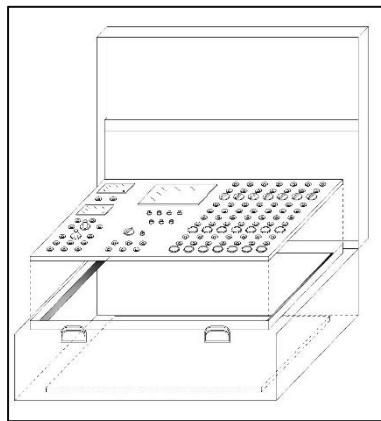


Figura 4- Diseño del módulo didáctico de automatización en formato CAD

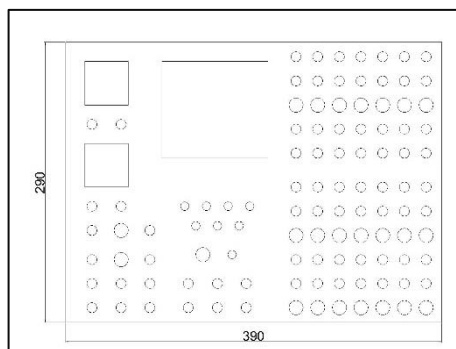


Figura 5 – Diseño de placa con los rótulos de las señales y equipos instalados

Una vez aprobado el diseño del maletín se lo construyó en base al diseño metalmecánico con planchas de acero de 1.4 mm, que se llevaron a la máquina de corte, para realizar el maletín y la tapa donde van a ser instalados los elementos. Cortadas las planchas, se procese a realizar los doblajes para darle forma al maletín.

Doblada y dándole la forma de la maleta se procede a soldar las uniones, se sueldan los pernos que va a sujetar la tapa de la porta cables y el plafón. Se procede a sumergir el maletín en tinas para la desoxidación del material se lo ingresa a un comportamiento cerrado donde se le aplica la pintura electrostática, y pasa por un horno para el secado de la pintura. Dando como resultado la caja y la tapa donde se instalara los elementos (Figura 6 y 7).



Figura 6- Vista interior de la tapa de rótulos y elementos de señales de entrada y salida



Figura 7 – Base del módulo didáctico

3.2. Elementos de la tapa de rótulos, señales de entrada y salida.

Luces piloto Salida PLC S7-1200 establecen el estado de las salidas del PLC, si están activadas o no (Figura 8).



Figura 8- Luces piloto

Marca	Camsco
V. operación	24 Vdc
Tipo	Led

Tabla 2- Datasheet indicador led

Selector dos posiciones (Figura 9) están ubicadas en las entradas digitales (desde IO.7 a II.5) y en las salidas digitales que tienen dos tipos de operación que puede ser PMW o RELE (contactos NO), y son conectadas a través de los jack (Figura 10) para las salidas de Q0.0 a Q1.1.



Figura 9- Selector dos posiciones

Marca	Camsco
Terminales	3 (COM, NO, NC)
Capacidad	5 Amp.
Señal	250 VAC

Tabla 3- Datasheet selector dos posiciones



Figura 10- Jack

Tipo	Banana
Capacidad	32 Amp.
Colores	Rojo, Negro, Azul, Verde, Blanco

Tabla 4- Datasheet terminales Jack

Voltímetros Analógicos en esta sección del módulo de práctica podremos realizar la medición de voltaje en el rango de 0 a 30 VDC en cualquier sección del módulo de prácticas que se requiera (Figura 11).



Figura 11- Voltímetro analógico

Marca	Camsco
Medición	0 – 30 Vdc
Resistencia	15 Ohmios

Tabla 5 – Datasheet voltímetro analógico

Panel de Alimentación Variable VDC (Figura 12) En esta sección contamos con dos módulos reguladores de tensión de 0 a 10 VDC.



Figura 12- Fuente variable 0-10VDC

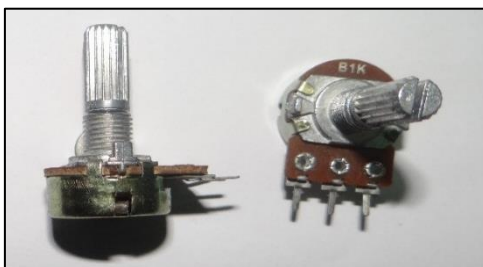


Figura 13- Potenciómetro 1kΩ para variar tensión

El circuito y la fuente variable de 0 a 10 VDC fue diseñado por nosotros los materiales usados para su construcción son:

Cant.	Elemento
1	Resistencia 210 Ω
1	Resistencia 1.5 k Ω
1	Potenciómetro 1 k Ω
1	Transistor LM317
3	Diodo 1N4007

Tabla 6- Elementos placa reguladora de voltaje

Para que el LM317 entregue la salida variable de 0 a 10 VDC se requiere de la combinación con otros elementos como son las resistencias, el circuito electrónico para la configuración del variador es mostrado en la siguiente figura.

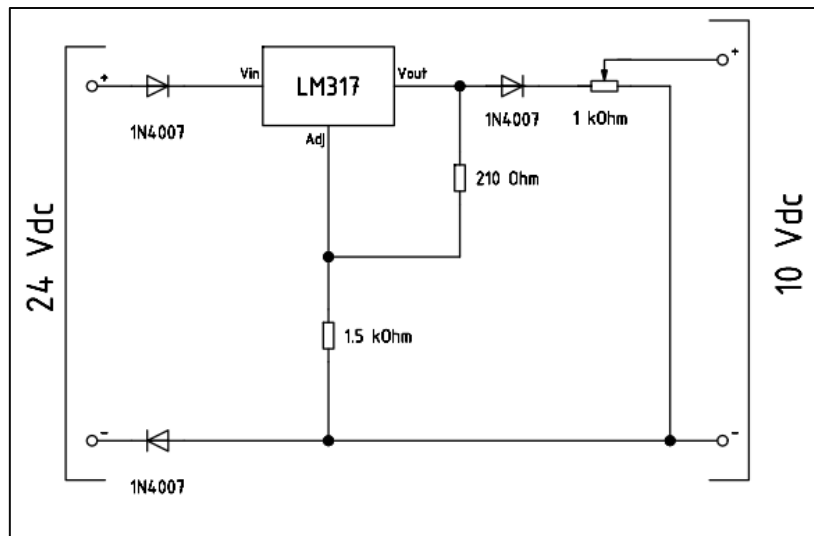


Figura 14 - Circuito del regulador de voltaje 0-10VDC

Entradas y salidas Analógicas En esta sección están conectados los jack que provienen del PLC S7-1200 que permiten el uso de las mismas. **Panel de Alimentación 24 VDC** En esta sección están conectados los jack que vienen de la fuente de alimentación para entregar el voltaje antes mencionado, cuenta con un selector de dos posiciones para encendido y apagado de las salidas. **Entradas digitales** En esta sección están conectados los jack que vienen del PLC S7-1200, cuenta con 7 pulsadores para activar las entradas de I0.0 a I0.6, y 7 selectores de dos posiciones para las entradas de I0.7 a I1.5

Una vez instalados los elementos en la tapa (Figura 15) la presentación de esta se la observa en la Figura.

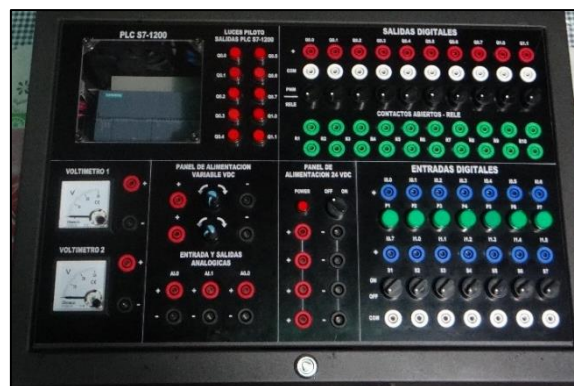


Figura 15- Tapa de rótulos, elementos de mando y recepción de señales

3.3. Instalación y distribución de los elementos internos del módulo de prácticas

La instalación y distribución de los elementos internos del módulo se lo realizo tomando en cuenta los posibles cambios o aumento de algún elemento (el caso específico en que se requiera añadir un módulo de adquisición de datos). Los Elementos no fueron instalados directamente sobre la parte metalmecánica del módulo, sino que se agregó un plafón donde existen dos Riel din y canaletas en sus bordes para el recorrido de cables para conexionado interno (Figura 16).

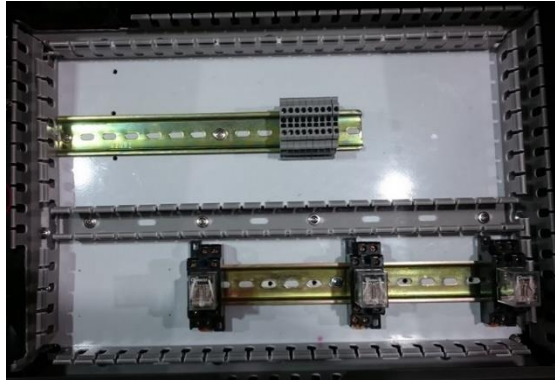


Figura 16- Plafón con riel din y canaletas

En el riel din de la parte superior tenemos el PLC S7-1200 CPU 1214C DC/DC/DC (Figura 17) al cual está integrado un signal board SB1232 AQ 1 x 12BIT. Junto al PLC estará instalada la fuente de alimentación de 120 VAC a 24 VDC que es el voltaje nominal al cual debe ser alimentado el PLC (Figura 18).



Figura 17- PLC S7-1200

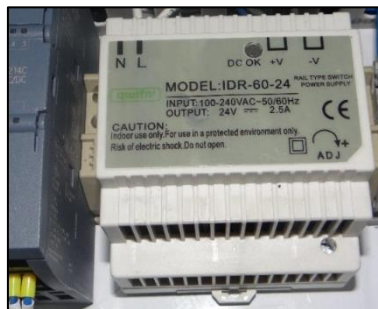


Figura 18- Fuente de alimentación 24 VDC

En la esquina superior derecha y la esquina inferior izquierda se instalaron las placas portafusibles. En el riel din inferior se instalaron los relés replicadores (Figura 19) con sus respectivas bases (Figura 20).



Figura 19 - Relés replicadores

Marca	Camsco
Contactos	2 COM, 2NO, 2NC
Alimentación	24 VDC

Tabla 7- Datasheet relés replicadores

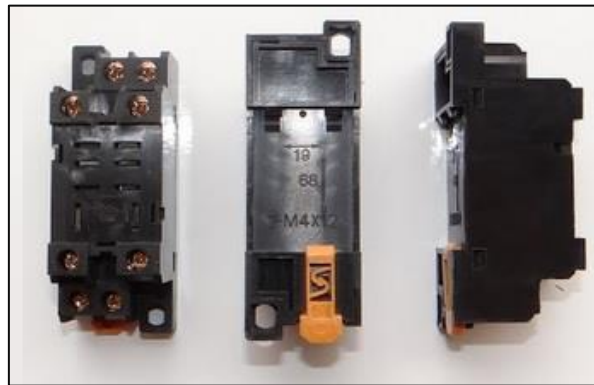


Figura 20- Base relés replicadores

Esta distribución permite el fácil acceso a los elementos y el posible cambio de ser requerido en caso de falla de uno de ellos o por labores de mantenimiento. Todos los cables están debidamente marquillados y con sus respectivos terminales (Figura 21), para su fácil reconocimiento.



Figura 21- Terminales usados para conexión entre elementos

En la parte externa del módulo de prácticas del lado izquierdo podemos observar el terminal para el cable de alimentación, el interruptor para encender y apagar el sistema, y el puerto de comunicación entre el PLC y el computador.



Figura 22- Alimentación, interruptor, terminal de comunicación.

3.4. Conexión de los elementos

Una vez instalados los elementos del módulo de prácticas y hayan quedado fijos se procede al respectivo cableado, empezando por los elementos que están en la sección de entradas digitales tal como se muestra en la Figura asegurándose de fijar recorridos y ordenando los cables de tal manera que su manipulación y su presentación sean aceptable, esto se lo realiza mediante amarras plásticas tal como se muestra en la siguiente figura 23 y se lo va realizando desde la parte superior a la parte inferior tal como se muestra en la figura 24.



Figura 23- Cableado sección de salidas digitales



Figura 24 - Cableado de la tapa superior del módulo de prácticas

Una vez concluido el cableado de los elementos de la tapa se procede a realizar el cableado de los elementos que están en la parte interna del módulo como es el PLC, los relés replicadores, los portafusibles, el puerto de comunicación y alimentación.



Figura 25 - Resultado final del cableado

Una vez finalizado el conexionado, se alimenta el módulo de prácticas, se verifica que se tenga el voltaje deseado en la entrada y se procede a realizar las pruebas necesarias para verificar su correcto funcionamiento.

CAPITULO 4: ANÁLISIS DE RESULTADOS

En este capítulo se describe el desarrollo de las prácticas que se realizó para la ejecución del tema de estudio y del mantenimiento del módulo de automatización, las cuales servirán como guía para los estudiantes.


Las prácticas desarrolladas se mencionan a continuación:

Practica 1: Mantenimiento y Seguridad del Módulo de Automatización.

Practica 2: Comprobación del Funcionamiento de los elementos del módulo de Automatización.

Practica 3: Simulación de un Regulador de Voltaje monofásico para sistemas de distribución.

Practica 4: Simulación un Regulador de Voltaje monofásico mediante el uso de WinCC y un motor Paso a Paso.

PRACTICA #1	
	MANUAL DE PRACTICAS DE LABORATORIO
CARRERA:	Ingeniería Eléctrica
SEDE:	Guayaquil

4.1. PRACTICA 1

4.1.1. Tema:

Mantenimiento y Seguridad del Módulo de Automatización.

4.1.2. Objetivos:

Objetivo General:

- Comprobar el buen estado de los elementos.

Objetivos Específicos:

- Implementar una guía que permita mantener el buen estado del módulo y los elementos que la conforman.
- Mantener siempre habilitado y disponible el módulo.

4.1.3. Marco Teórico:

Guía para la revisión del módulo.

4.1.4. Marco Procedimental:

- Antes de iniciar el mantenimiento del módulo se sugiere comprobar que la fuente de alimentación este desconectada, retirar el cable de alimentación ubicado en la parte izquierda del módulo y poner a tierra.
- Con la llave se desbloquea el seguro de la tapa donde están todas las conexiones internas entre los elementos y se la procede a levantar.



Figura 26- Vista interior del módulo de automatización

- Se debe realizar una inspección Visual al estado de los elementos que están instalados en el módulo de automatización, que ningún cable se encuentre flojo o desconectado, que los elementos se encuentren bien ajustados y en buen estado.
- En caso de que algún elemento se encuentre en mal estado, se debe realizar el respectivo reemplazo y de la misma manera en caso que algún cable este flojo se lo debe ajustar o machinar con un nuevo terminal dependiendo el caso.
- Una vez que se realicen las correcciones en caso de que existieran se procede comprobar que toda conexión quede bien ajustada midiendo continuidad de punto a punto (en caso de no contar con el diagrama unifilar, los cables están debidamente marquillas con origen y destino).
- Después de cualquier trabajo el encargado de la revisión del módulo debe asegurarse que no quede ningún objeto dentro del maletín.
- Cerrar la tapa del módulo de automatización con el seguro.

4.1.5. Recursos utilizados:

- Guía para la revisión del módulo de automatización.
- Diagrama de conexión.
- Multímetro.
- Llave de seguridad.
- Alicata.
- Bornero.
- Brocha.
- Corta Frio.
- Machinadora.

- EPP (guantes de tacto fino, gafas).

4.1.6. Tiempo estimado:


- El tiempo estimado para las practicas es de aproximadamente 1 hora.

4.1.7. Conclusiones:

- El uso de la guía para la revisión técnica del módulo de prácticas permitirá prolongar la vida útil de los elementos y el mantener el modulo en correcto funcionamiento.

4.1.8. Recomendaciones:

- La inspección del módulo didáctico deber ser realizado siempre, bajo supervisión del docente encargado de la materia y solo cuando el modulo esté des energizado y desconectado (como medida de seguridad).
- En caso de reemplazarse algún elemento no se debe quedar cables desconectados porque podrían ocasionar un cortocircuito.

PRACTICA #2	
	MANUAL DE PRACTICAS DE LABORATORIO
CARRERA:	Ingeniería Eléctrica
SEDE:	Guayaquil

4.2. PRACTICA 2

4.2.1. Tema:

Comprobación del funcionamiento de los elementos del módulo de automatización.

4.2.2. Objetivos:

Objetivo General

Conocer el funcionamiento de los elementos del módulo de automatización.

Objetivos Específicos

- Implementar un diagrama básico para verificar el estado de las entradas y salidas digitales.
- Verificar el buen funcionamiento de los elementos de medición.
- Verificar las fuentes de alimentación variable.

4.2.3. Marco teórico:

Principio de funcionamiento del módulo de automatización.

4.2.4. Marco procedimental:

Para comprobar el correcto funcionamiento de los elementos instalados en el módulo de automatización se lo debe realizar de la siguiente manera

○ **Alimentación del módulo.**

Se comprueba con un multímetro, y se verifica que este bien conectada la fase, el neutro y la tierra del tomacorriente que se va a utilizar.

Posterior a la comprobación de la alimentación del módulo de automatización se enciende presionando el interruptor que está situado en la parte lateral inferior izquierda (Figura 27), el cual al ser activado encenderá el circuito interno, y se aprecia visualmente en el PLC (Figura 28) y los ventiladores.



Figura 27- Interruptor encendido y apagado



Figura 28- PLC encendido

- **Panel de alimentación variable VDC**

Para la comprobación del panel de alimentación variable VDC se debe encender el módulo y verificar con un multímetro los terminales de salida para ver que entregue el voltaje variable dentro del rango de 0 a 10 VDC tal como se muestra en la Figura 29.



Figura 29- Medición de la fuente variable

- **Panel de alimentación 24 VDC**

Para la comprobación del panel de alimentación 24 VDC con el modulo encendido y puesto el selector del panel en ON (led de POWER encendido), se conecta el multímetro directo a los terminales + y -, posterior se procede a la medición del voltaje de salida tal como se muestra en la Figura 30.



Figura 30- Medición del panel de alimentación VDC

- **Voltímetros Analógicos (0-30 VDC)**

Para comprobar el buen funcionamiento de los voltímetros analógicos con el módulo encendido se debe usar el panel de alimentación variable VDC del módulo de automatización en paralelo con un multímetro para verificar que lo que se muestra en el voltímetro analógico sea igual a lo medido en el multímetro tal como se muestra en la Figura 31.



Figura 31- Comprobación del voltímetro analógico

- **Entradas y salidas digitales**

Para comprobar que las entradas y salidas digitales estén en buen estado se procede a realizar un programa básico que actuara con los selectores y pulsadores instalados en el módulo de automatización (revisar sección 4.5.1 de la guía de programación).

4.2.5. Programación:

Una vez agregada todas las variables se procede a configurar la programación de la práctica en la parte derecha (revisar sección 4.5.3 de la guía de programación).

Segmento 1

En este segmento se ingresará las entradas digitales de la siguiente manera:

- I0.0 (pulsador P1) en paralelo con I1.2 (selector S4) que activarán la salida Q0.0 (luz piloto).
- I0.1 (pulsador P2) en paralelo con I1.3 (selector S5) que activarán la salida Q0.1 (luz piloto).
- I0.2 (pulsador P3) en paralelo con I1.4 (selector S6) que activarán la salida Q0.2 (luz piloto).
- I0.3 (pulsador P4) en paralelo con I1.5 (selector S7) que activarán la salida Q0.3 (luz piloto).

Tal como se muestra en la Figura 32.

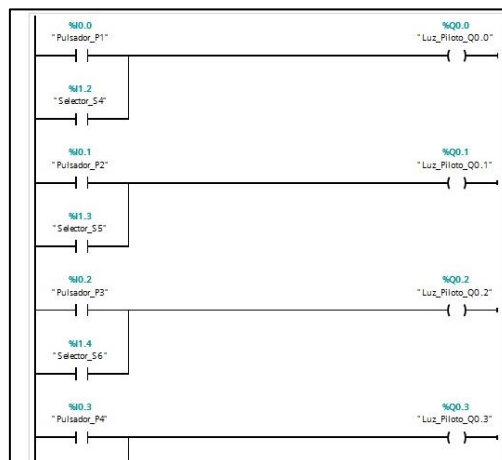


Figura 32- Segmento 1 P2

Segmento 2

En este segmento se ingresará las entradas digitales de la siguiente manera:

- I0.4 (pulsador P5) activará Q0.4 (luz piloto).
- I0.5 (pulsador P6) activará Q0.5 (luz piloto).
- I0.6 (pulsador P7) activará Q0.6 (luz piloto).
- I0.7 (selector S1) activará Q0.7 (luz piloto).
- I1.0 (selector S2) activará Q1.0 (luz piloto).
- I1.1 (selector S3) activará Q1.1 (luz piloto).

Tal como se muestra en la Figura 33.

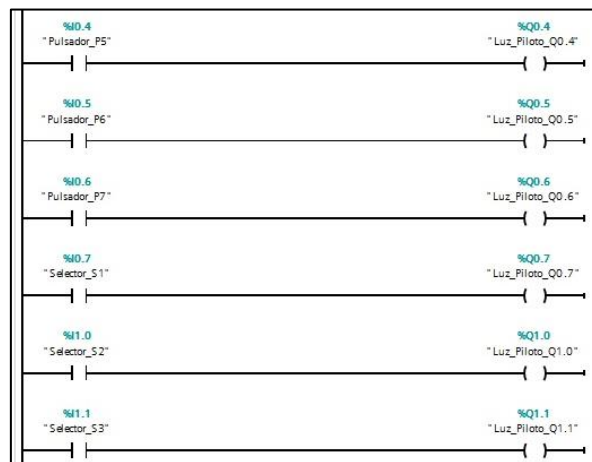


Figura 33- Segmento 2 P2

4.2.6 Análisis y Pruebas:

- Para comprobar el funcionamiento del programa se debe establecer *Modo Online* con el dispositivo para verificar en el programa y en el módulo el funcionamiento del mismo.
- Establecida la conexión se procede a probar la lógica del programa, y que este cumpla su función, en el caso de la primera salida Q0.0 al presionar I0.0 (P1) o I1.2 (S4), esta se active (ver Figura 34 y 35)



Figura 34- Verificar P1



Figura 35- Verificar S4

Se verifica que todas las entradas y salidas cumplan con la programación con la siguiente tabla.

ENTRADA	Q0.0	Q0.1	Q0.2	Q0.3	Q0.4	Q0.5	Q0.6	Q0.7	Q1.0	Q1.1
P1	X									
S4	X									
P2		X								
S5		X								
P3			X							
S6			X							
P4				X						
S7				X						
P5					X					
P6						X				
P7							X			
S1								X		
S2									X	
S3										X

Tabla 8 - Comprobación de lógica del programa

4.2.7 Recursos utilizados:

- Computador con TIA PORTAL V13.
- Módulo de Automatización.
- Cable Ethernet.
- Multímetro.
- Guía de práctica.

4.2.8 Tiempo estimado:


El tiempo estimado de la práctica es aproximadamente 2 Horas.

4.2.9 Conclusiones:

- Se realizó la comprobación de los elementos de medición, conectándolos en paralelo a un voltímetro y alimentándolo desde los terminales de salida de 24 voltios del módulo didáctico, mostrando valores iguales de voltaje DC.
- Se observó la variación de voltaje que existe en las fuentes variables colocándolas en paralelo con los voltímetros del módulo, en los cuales se observó una variación de 0Vdc a 10 Vdc.

4.2.10 Recomendaciones:

- Se debe comprobar la alimentación del módulo de automatización, que esta se encuentre bien polarizada, porque de no ser el caso al momento de ejecutar un programa este puede mandar a STOP el PLC.
- No se debe realizar bajo ninguna circunstancia puentes entre los terminales positivos y negativos porque esto ocasionaría un corto que podría quemar los fusibles instalados.

PRACTICA #3	
	MANUAL DE PRACTICAS DE LABORATORIO
CARRERA:	Ingeniería Eléctrica
SEDE:	Guayaquil

4.3. PRACTICA 3

4.3.1. Tema:

Simulación de un regulador de tensión monofásico.

4.3.2. Objetivos:

Objetivo General

- Simular el control de un regulador de tensión monofásico de sistemas de distribución a través del PLC S7-1200.

Objetivos Específicos

- Comprender el funcionamiento de un regulador de tensión monofásico.
- Aprender el funcionamiento y programación de las entradas y salidas analógicas del módulo.
- Implementar la configuración de un regulador de tensión monofásico en el módulo de prácticas.

4.3.3. Marco Teórico:

- *CONFIGURACIÓN DE REGULADOR DE TENSIÓN*

Un regulador de tensión monofásico convencional posee 32 pasos para variar el voltaje (16 por encima del nominal y 16 por debajo del nominal), la regulación CONELEC 004/001 indica que para media tensión el porcentaje a variar es $\pm 8\%$ por lo tanto el valor máximo respecto a la nominal será **14904 V** y el valor mínimo respecto a la nominal será **12696 V**.

$$\text{Voltaje variado por cada TAP} = \frac{V_{nomi} * \%Var}{\# \text{ de pasos}} = \frac{13800 * 0.08}{16} = 69 V$$

Ecuación 1- Voltaje variado por cada TAP

4.3.4. Marco procedimental:

- Se inicia el Programa TIA Portal V13.
- Se crea el proyecto.
- Configuramos el dispositivo.
- Se procede a agregar las variables que se van a utilizar.
- Una vez agregada las variables se empieza a configurar la programación de la práctica (revisar sección 4.5.3 de la guía de programación).

Paso 1 En este segmento el pulsador %I0.0 activará la marca %M0.0 que permitirá el encendido de la programación. Para evitar usar enclavamiento la bobina de accionamiento se la configura como SET (S) que al momento de recibir un pulso quede en estado lógico 1 (Para cambiar a SET (S) se da doble click en la bobina y se escoge la opción (S)).

Paso 2 En este segmento el pulsador %I0.1 activará el RESET (R) de la Marca %M0.0 que permitirá el apagado de la programación. La bobina de accionamiento se la configura como RESET que al momento de recibir un pulso quede en estado lógico 0 (Para cambiar a RESET (R) se da doble click en la bobina y se escoge la opción (R)).

Paso 3 En este segmento cuando la marca %M0.0 este encendida el contacto NO activará la salida Q0.0 que físicamente en el tablero es el indicador luminoso Q0.0, que indicará que el programa esta encendido.

Paso 4 En este segmento los valores a ingresar en NORM_X son **Int** to **Real**, y se configura la siguiente información (revisar sección 4.5.3 de la guía de programación):

MIN: 0 (Valor mínimo).

VALUE: %IW64 (es el valor que se va a tomar de la entrada física AI.0).

MAX: 27648 (Valor máximo de la entrada analógica revisar marco teórico).

OUT: %MD50 (Valor normalizado en el rango de 0 a 1).

Los valores a ingresar en SCALE_X (Figura 36) son **Real** to **DInt**, y configura la siguiente información:

MIN: 12628 (El valor mínimo al que se va a escalar la entrada)

VALUE: %MD50 (El valor adquirido dela función NORM_X)

MAX: 14972 (El valor máximo al que se va a escalar la entrada)

OUT: %MD4 (Valor escalado en el rango establecido en MIN y MAX)

Para el funcionamiento de este segmento se debe tener activada la marca %M0.0 para que el contacto NO se cierre y alimente las funciones, caso contrario no se activará.

Se utiliza las funciones NORM_X y SCALE_X para convertir los valores que lee las entradas analógicas y expresarlas, en los niveles de tensión requeridos.

Paso 5 En este segmento se especificará el rango en que se activará cada TAP.

Para el funcionamiento de este segmento se debe tener activada la marca %M0.0 para que el contacto NO se cierre y alimente el segmento, caso contrario no se activará.

Pasó 6 En este segmento se indicara las salidas digitales a utilizar para mostrar cada TAP La salida digital %Q0.1 para mostrar cuando el regulador de tensión se encuentra dentro de los TAP +1 al +4.

La salida digital %Q0.2 para mostrar cuando el regulador de tensión se encuentra dentro de los TAP +5 al +8.

La salida digital %Q0.3 para mostrar cuando el regulador de tensión se encuentra dentro de los TAP +9 al +12.

La salida digital %Q0.4 para mostrar cuando el regulador de tensión se encuentra dentro de los TAP +12 al +16.

La salida digital %Q0.6 para mostrar cuando el regulador de tensión se encuentra dentro de los TAP -1 al -4.

La salida digital %Q0.7 para mostrar cuando el regulador de tensión se encuentra dentro de los TAP -5 al -8.

La salida digital %Q1.0 para mostrar cuando el regulador de tensión se encuentra dentro de los TAP -9 al -12.

La salida digital %Q1.1 para mostrar cuando el regulador de tensión se encuentra dentro de los TAP -14 al -16.

4.3.5 Análisis y Pruebas:

- Se procede a compilar y cargar el programa en el PLC (revisar sección 4.5.4 de la guía de programación).
- Se establece conexión online.
- Se activa la observación.
- Para comprobar el funcionamiento del programa, se presiona la entrada I0.0 para encender el programa y se debe encender la luz piloto Q0.0.

- Solo es necesario un pulso para mantener activa la marca M0.0 y la salida Q0.0, dado que la bobina está configurada como SET.
- Para comprobar las funciones NORM_X y SCALE_X se debe variar el voltaje de la entrada analógica AI.0 y verificar que la salida %MD4 marque los valores deseados tal como se muestra en la Figura 37.

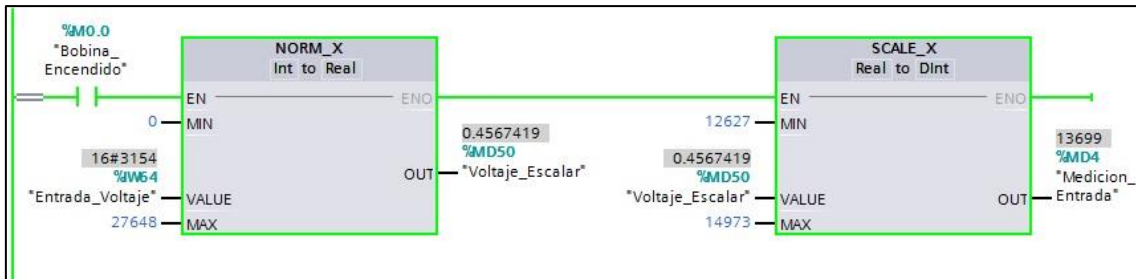


Figura 36 -Verificar funciones norm_x y scale_x

- Se debe verificar que conforme se va variando el voltaje de entrada se van cambiando los TAP, en el caso de los TAP del +1 al +4 que se activan cuando la tensión se reduce dentro de los valores establecidos.

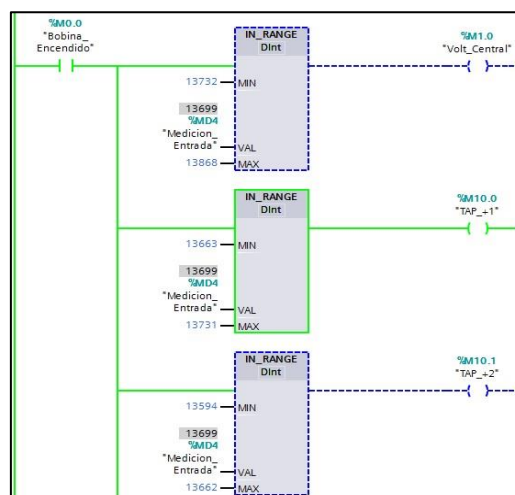


Figura 37- Variación de TAP

Y de la misma manera se varía los voltajes hasta el mínimo y máximo establecido para comprobar el funcionamiento.

- El cambio de TAP se puede verificar físicamente con las salidas digitales, en vista que no se cuenta con las salidas digitales necesarias para verificar los TAP se los separo cada 4 TAP se encienda una luz indicadora.

De igual manera se deben comprobar las otras variaciones del TAP.

ENTRADA	Q0.0	Q0.1	Q0.2	Q0.3	Q0.4	Q0.5	Q0.6	Q0.7	Q1.0	Q1.1
P1	X									
TAP										
TAP +1		X								
TAP +2		X								
TAP +3		X								
TAP +4		X								
TAP +5			X							
TAP +6			X							
TAP +7			X							
TAP +8			X							
TAP +9				X						
TAP +10				X						
TAP +11				X						
TAP +12				X						
TAP +13					x					
TAP +14					x					
TAP +15					x					
TAP +16					x					
TAP -1							X			
TAP -2							X			
TAP -3							X			
TAP -4							X			
TAP -5								X		
TAP -6								X		
TAP -7								X		
TAP -8								X		
TAP -9									x	
TAP -10									x	
TAP -11									x	
TAP -12									x	
TAP -13										x
TAP -14										x
TAP -15										x
TAP -16										x

Tabla 9- Variación de TAP

Los valores calculados para cada TAP

Voltaje Central	13800	Variación por TAP	67 V
+ 8%	14904		
- 8%	12696		

Tap Central		Rango			
		13767	-	13833	
Variación de Voltaje	TAP (+)	Rango		TAP (-)	Rango
67	1	13700	-	1	13834 - 13900
134	2	13633	-	2	13901 - 13967
201	3	13566	-	3	13968 - 14034
268	4	13499	-	4	14035 - 14101
335	5	13432	-	5	14102 - 14168
401	6	13365	-	6	14169 - 14235
468	7	13298	-	7	14236 - 14302
535	8	13231	-	8	14303 - 14369
602	9	13164	-	9	14370 - 14436
669	10	13097	-	10	14437 - 14503
736	11	13031	-	11	14504 - 14569
803	12	12964	-	12	14570 - 14636
870	13	12897	-	13	14637 - 14703
937	14	12830	-	14	14704 - 14770
1004	15	12763	-	15	14771 - 14837
1071	16	12696	-	16	14838 - 14904

Tabla 10 - Valores por TAP

4.3.6 Recursos utilizados:

- Computador con TIA PORTAL V13.
- Módulo de Automatización.
- Cable Ethernet.
- Guía de Practica.

4.3.7 Tiempo estimado:


El tiempo estimado de la práctica es aproximadamente 2 Horas.

4.3.8 Conclusiones:

- Se aprendió el uso de las funciones como SCALE_X y NORM_X, que facilitan la interpretación de las señales de entrada y salida en el módulo.
- Se implementó un regulador de tensión monofásico utilizando las entradas y salidas analógicas, junto con las salidas digitales.

4.3.9 Recomendaciones:

- Para comprobar la lectura de las entradas analógicas se lo puede realizar por medio de los voltímetros analógicos del mismo.
- Se debe entender bien el uso de las funciones NORM_X y SCALE_X para su uso en el módulo.

PRACTICA #4	
	MANUAL DE PRACTICAS DE LABORATORIO
CARRERA:	Ingeniería Eléctrica
SEDE:	Guayaquil

4.4. Practica 4

4.4.1. Tema

Programación y comunicación del PLC con WinCC para la simulación de un regulador de tensión monofásico en sistemas de distribución.

4.4.2. Objetivos

Objetivo General

- Programar y simular el control de un regulador de tensión monofásico de sistemas de distribución a través del PLC S7-1200

Objetivos Específicos

- Controlar un Motor Paso a Paso por medio de un arduino conectado al PLC.
- Programar y simular una ventana grafica con WinCC que tenga lectura de los valores a utilizar en esta práctica.
- Demostrar físicamente la regulación de los TAP con el motor paso a paso y formar un sistema SCADA (Supervisión, control y adquisición de datos).

4.4.3. Marco Teórico

- *CONFIGURACIÓN DE REGULADOR DE TENSION*

Un regulador de tensión monofásico convencional posee 32 pasos para variar el voltaje (16 por encima del nominal y 16 por debajo del nominal), la regulación CONELEC 004/001 indica que para media tensión el porcentaje a varia es $\pm 8\%$ por lo tanto el valor máximo respecto a la nominal será **14904 V** y el valor mínimo respecto a la nominal será **12696 V**.

$$\text{Voltaje variado por cada TAP} = \frac{V_{\text{nomi}} * \%Var}{\# \text{ de pasos}} = \frac{13800 * 0.08}{16} = 69 \text{ V}$$

Ecuación 2- Voltaje variado por cada TAP

Los reguladores de tensión monofásico trabajan con señales de corriente y tensión, y en vista que el modulo didáctico de pruebas, no cuenta con entradas analógicas de corriente, se usaran las de voltaje, utilizando las opciones de RANGE para establecer los valores en los que funcionara cada TAP.

○ *DIAGRAMA DE CONTROL Y FUERZA*

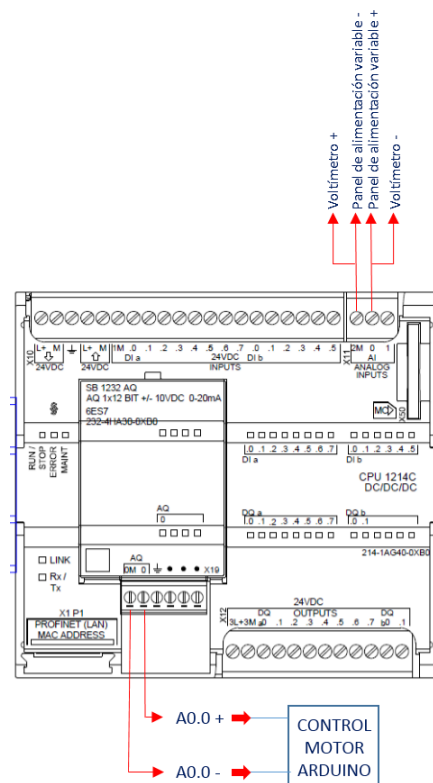


Figura 38 - diagrama de control

○ *DIAGRAMA FÍSICO*

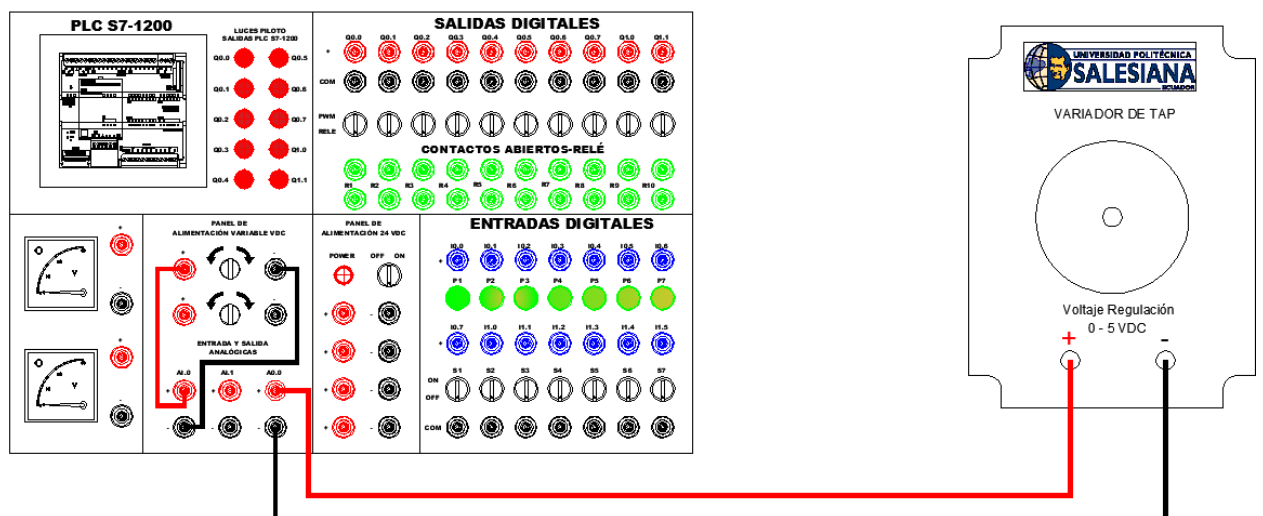


Figura 39- Diagrama físico

4.4.4. Procedimiento

- Se inicia el Programa TIA Portal V13.
- Se crea el proyecto.
- Configuramos el dispositivo.
- Se procede a agregar las variables que se van a utilizar.
- Una vez agregada las variables se empieza a configurar la programación de la práctica agregando los elementos de cada segmento se arrastra el elemento a la línea de segmento

Paso 1 En este segmento el pulsador I0.0 activará una marca M0.0 que permitirá el encendido de la programación, la bobina de accionamiento se la configura como SET para cuando reciba un pulso quede en estado lógico 1 (Para cambiar a SET (s) se da doble click en la bobina y se escoge la opción S).

Paso 2 En este segmento el pulsador I0.1 activará el RESET de la Marca M0.0 lo que permitirá el apagado de la programación. La bobina de accionamiento se la configura como RESET para cuando reciba un pulso quede en estado lógico 0

Paso 3 En este segmento se utilizará un contacto NO de la marca M0.0 que activará la salida Q0.0 que físicamente en el tablero es un LED, que nos indicará que el programa está encendido.

Paso 4 En este segmento se utilizará los convertidores NORM_X y SCALE_X Los valores a ingresar en NORM_X son **Int** to **Real**, y se configura la siguiente información:

MIN: 0 (Valor mínimo).

VALUE: %IW64 (es el valor que se va a tomar de la entrada física AI.0).

MAX: 27648 (Valor máximo de la entrada analógica revisar marco teórico).

OUT: %MD50 (Valor normalizado en el rango de 0 a 1).

Los valores a ingresar en SCALE_X son **Real** to **DInt**, y configura la siguiente información:

MIN: 12628 (El valor mínimo al que se va a escalar la entrada)

VALUE: %MD50 (El valor adquirido de la función NORM_X)

MAX: 14972 (El valor máximo al que se va a escalar la entrada)

OUT: %MD4 (Valor escalado en el rango establecido en MIN y MAX)

Para el funcionamiento de este segmento se debe tener activada la marca %M0.0 para que el contacto NO se cierre y alimente las funciones, caso contrario no se activará.

Se utiliza las funciones NORM_X y SCALE_X para convertir los valores que lee las entradas analógicas y expresarlas, en los niveles de tensión requeridos.

Segmento 5

Los valores a ingresar en NORM_X son **Int** to **Real**, y se configura la siguiente información:

MIN: 12628

VALUE: %MD4 (es el valor que se va a tomar de la Medición de entrada).

MAX: 14972

OUT: %MD54

Los valores a ingresar en SCALE_X son **Real** to **DInt**, y se configura la siguiente información:

MIN: -8

VALUE: %MD50 (El valor adquirido de la función NORM_X)

MAX: 8

OUT: %MD12 (Valor escalado en el rango establecido en MIN y MAX)

Los valores a ingresar en MUL son **DInt**, y se configura la siguiente información:

IN1: %MD12

VALUE: -1

OUT: %MD40

En este segmento se muestra el valor en porcentaje del regulador de tensión en la salida %MD40

Segmento 6

Los valores a ingresar en NORM_X son **Int** to **Real**, y se configura la siguiente información:

MIN: 12628

VALUE: %MD4 (es el valor que se va a tomar de la Medición de entrada).

MAX: 14972

OUT: %MD62

Los valores a ingresar en SCALE_X son **Real** to **DInt**, y se configura la siguiente información:

MIN: -16

VALUE: %MD62 (El valor adquirido de la función NORM_X)

MAX: 16

OUT: %MD20 (Valor escalado en el rango establecido en MIN y MAX)

Los valores a ingresar en MUL son **DInt**, y se configura la siguiente información:

IN1: %MD36

VALUE: -1

OUT: %MD36

En este segmento se mostrará la variación del TAP que se visualizará en la ventana gráfica.

Segmento 7

En este segmento se especificará el rango en que se activará cada TAP.

Para el funcionamiento de este segmento se debe tener activada la marca %M0.0 para que el contacto NO se cierre y alimente el segmento, caso contrario no se activará.

Segmento 8

En este segmento se especificará el rango en que se activará cada TAP.

Para el funcionamiento de este segmento se debe tener activada la marca %M0.0 para que el contacto NO se cierre y alimente el segmento, caso contrario no se activará.

Segmento 9

Los valores a ingresar en CALCULATE son **Real**, y se configura la siguiente información:

I1N: 13800

IN2: %MD4

OUT: %MD78

Los valores a ingresar en MUL son **Real**, y se configura la siguiente información:

IN1: 13800

IN2: %MD78

OUT: %MD58

Los valores a ingresar en ADD son **DInt**, y se configura la siguiente información:

IN1: %MD4

IN2: %MD58

OUT: %MD82

En este segmento se mostrará el valor real de la salida del regulador de tensión.

- Una vez Agregada las variables y realizada la programación en el MAIN, se procede a configurar el dispositivo de la ventana grafica para la lectura y muestra de datos en la computadora.

4.4.5. Análisis y pruebas

Si el programa está encendido se mostrará activada el PlotLight encendido y la salida %Q0.0 encendida. Los valores que se muestran en el programa deben ser iguales a lo que se muestran en la ventana gráfica.

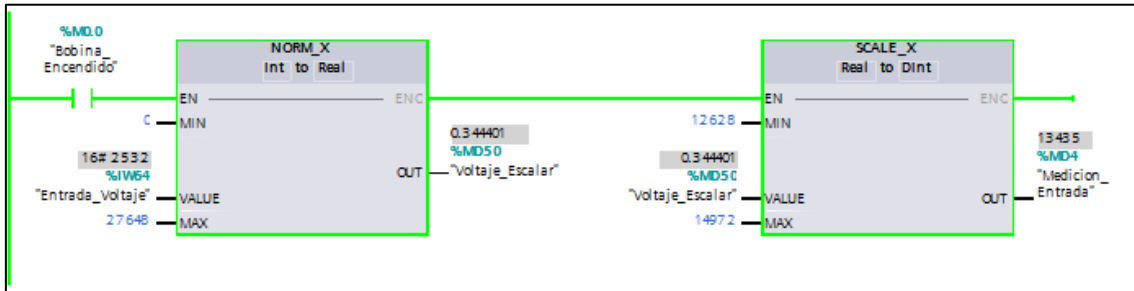


Figura 40- Medición de entrada

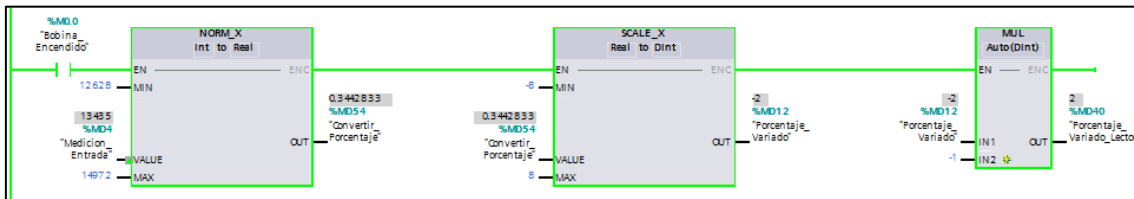


Figura 41- Porcentaje variado

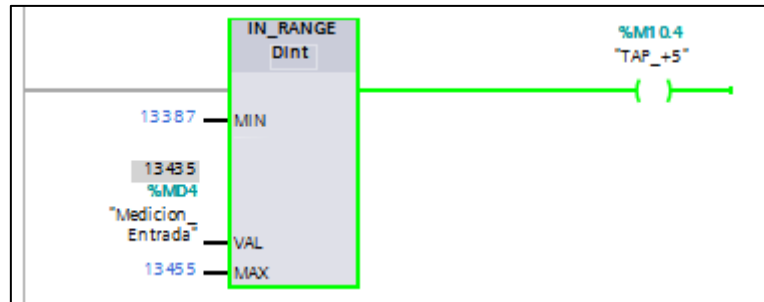


Figura 42- TAP encendido

- Valores de cada TAP

Voltaje Central	13800	Variación por TAP	67 V
+ 8%	14904		
- 8%	12696		

Tap Central		Rango			
		13767	-	13833	
Variación de Voltaje	TAP (+)	Rango		TAP (-)	Rango
67	1	13700	-	1	13834 - 13900
134	2	13633	-	2	13901 - 13967
201	3	13566	-	3	13968 - 14034
268	4	13499	-	4	14035 - 14101
335	5	13432	-	5	14102 - 14168
401	6	13365	-	6	14169 - 14235
468	7	13298	-	7	14236 - 14302
535	8	13231	-	8	14303 - 14369
602	9	13164	-	9	14370 - 14436
669	10	13097	-	10	14437 - 14503
736	11	13031	-	11	14504 - 14569
803	12	12964	-	12	14570 - 14636
870	13	12897	-	13	14637 - 14703
937	14	12830	-	14	14704 - 14770
1004	15	12763	-	15	14771 - 14837
1071	16	12696	-	16	14838 - 14904

- Para poder probar con el motor paso a paso se debe tener el Driver del motor, y cargar la configuración del arduino descrita en los anexos

4.4.6. Recursos utilizados

- Computador con TIA PORTAL V13.
- Módulo de Automatización.
- Cable Ethernet.
- Motor paso a paso.
- Driver de motor paso a paso.
- Arduino.
- Programa Arduino

4.4.7. Tiempo estimado

El tiempo estimado de la práctica es aproximadamente 2 Horas.

4.4.8. Conclusiones

- Se logró controlar el motor paso a paso utilizando una tarjeta arduino, enviando un voltaje variable de 0 a 5 Vdc por medio de la salida analógica del módulo.
- Se realizó la programación de una ventana grafica para demostrar virtualmente la variación de los TAP del transformador, al existir variación del voltaje de entrada.
- Se demostró la regulación de los TAP con el movimiento del motor paso a paso y se observó una simulación en tiempo real entre el motor y el SCADA.

4.4.9. Recomendaciones

- Se debe tener cuidado con la conexión del motor paso a paso para evitar problemas en su funcionamiento.
- Tomar en cuenta que las entradas analógicas del módulo solo se pueden alimentar hasta 10 VDC máximo.
- La corriente de motor no debe superar los 20 mA.

4.5. GUÍA DE PROGRAMACION PARA PRACTICAS DE LABORATORIO

A continuación se describe la programación a utilizar para la ejecución de las prácticas de laboratorio.

4.5.1. Como crear un proyecto

- Abrir el programa TIA PORTAL V13.
- La primera ventana al abrir el Tía Portal V13 mostrará un menú, donde la primera pestaña se utilizará la opción **Crear proyecto**, en donde se colocará el nombre del proyecto, la ubicación en donde se guardará la práctica, el autor.

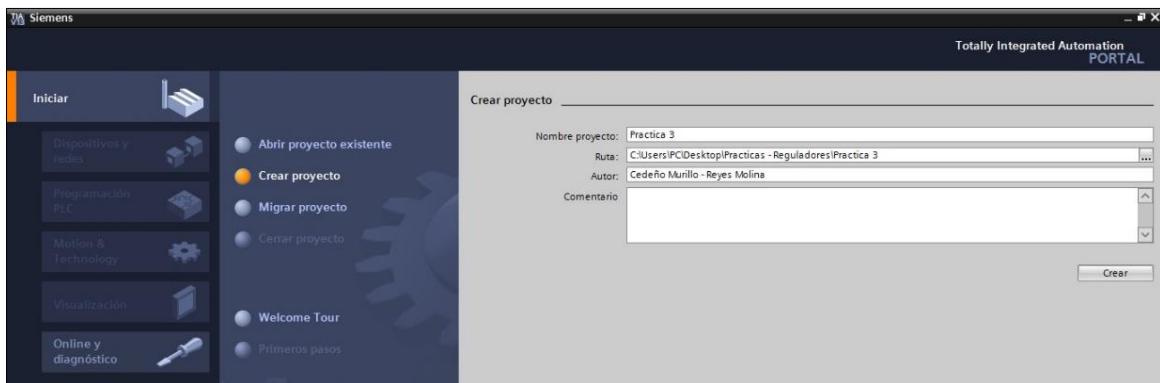


Figura 43- Crear proyecto TIA PORTAL

Una vez ingresado estos datos se dará click en **Crear**.

- Después de crear el proyecto se habilitará automáticamente la opción **Primeros Pasos** donde se configurará el dispositivo

Iniciar > Primeros Pasos > Configurar un dispositivo.

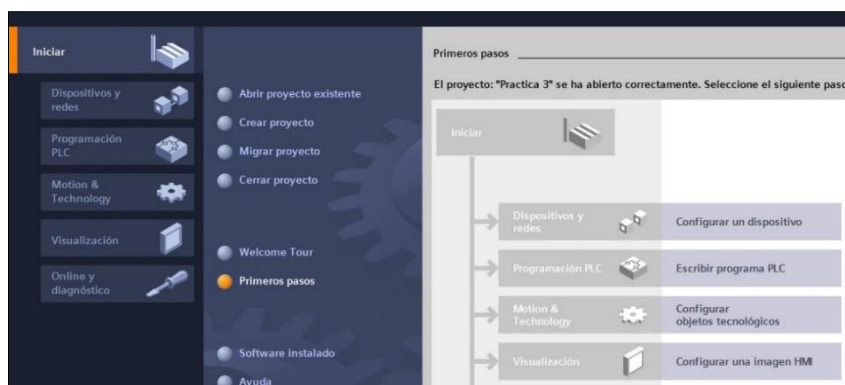


Figura 44- Configurar dispositivo

- Automáticamente se nos activa la pestaña de **Dispositivos y redes** donde se escogerá la opción **Agregar un dispositivo** y se seleccionará el PLC:

Controladores > Siemens > CPU > 1214C DCDCDC > 6ES7 214-AG40-0XB0

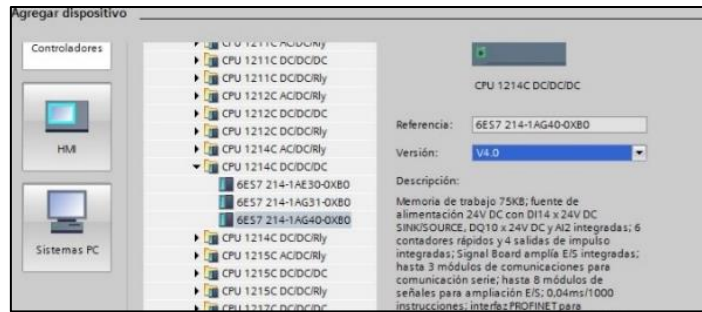


Figura 45- Agregar dispositivo

Se escoge del lado derecho de la ventana la versión 4.0, siguiente se da click en **Agregar** (Para ver la serie del módulo de automatización se encuentra en la placa amarilla que dice INFORMACIÓN).

- Una vez agregado el dispositivo se abrirá una ventana (Figura 46) donde se mostrará el PLC que ingresamos, y otras opciones de configuración.

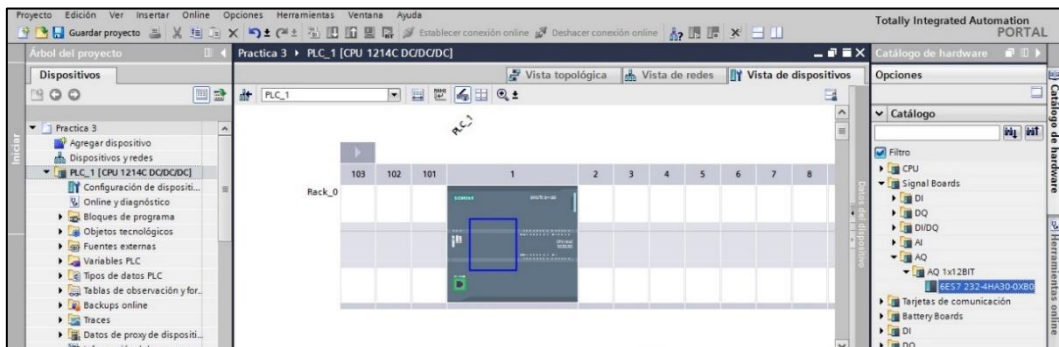


Figura 46 - Vista de dispositivos

- Del lado derecho de la pantalla (Figura 47), en la pestaña **Catálogos de hardware** se escogerá la signal board:

Signal Board > AQ > AQ 1X12BIT > 6ES7 232-4HA30-0XB0

Se selecciona la signal board (información en la placa amarilla del módulo de automatización), y se la arrastra hasta el CPU.

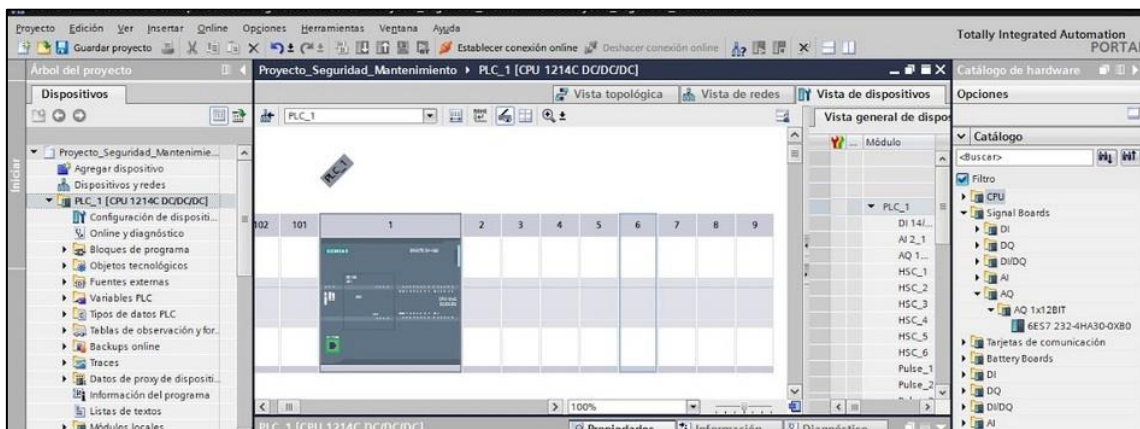


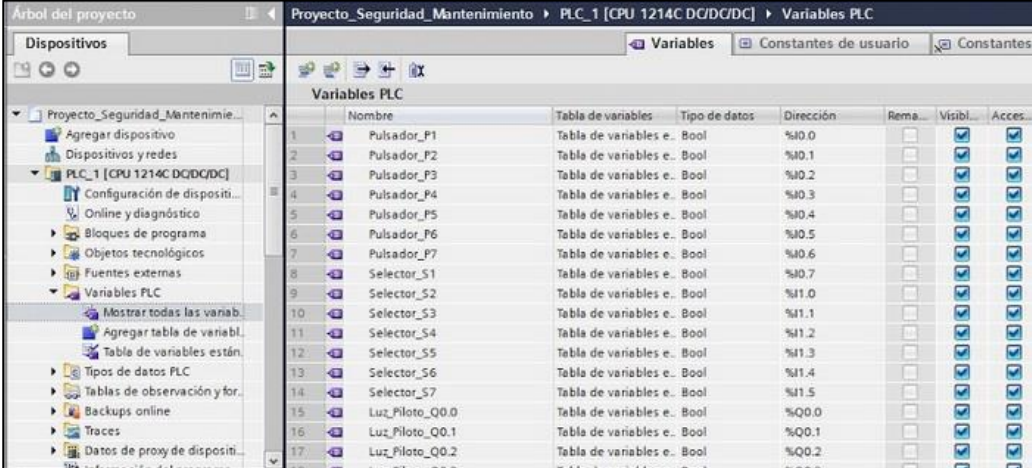
Figura 47- PLC con signal board

4.5.2. Como ingresar variables

- Para agregar las variables que se van a utilizar se accede a la parte izquierda del menú de la pestaña **Dispositivos**

PLC_1 [CPU 1214C DC/DC/DC] > Variables PLC > Agregar tabla de variables.

En esta sección se declarará todas las variables que se usarán en la programación del proyecto.



	Nombre	Tabla de variables	Tipo de datos	Dirección	Rema...	Visibl...	Acces...
1	Pulsador_P1	Tabla de variables e.	Bool	%I0.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2	Pulsador_P2	Tabla de variables e.	Bool	%I0.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3	Pulsador_P3	Tabla de variables e.	Bool	%I0.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
4	Pulsador_P4	Tabla de variables e.	Bool	%I0.3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
5	Pulsador_P5	Tabla de variables e.	Bool	%I0.4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
6	Pulsador_P6	Tabla de variables e.	Bool	%I0.5		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
7	Pulsador_P7	Tabla de variables e.	Bool	%I0.6		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
8	Selector_S1	Tabla de variables e.	Bool	%I0.7		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
9	Selector_S2	Tabla de variables e.	Bool	%I1.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
10	Selector_S3	Tabla de variables e.	Bool	%I1.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
11	Selector_S4	Tabla de variables e.	Bool	%I1.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
12	Selector_S5	Tabla de variables e.	Bool	%I1.3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
13	Selector_S6	Tabla de variables e.	Bool	%I1.4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
14	Selector_S7	Tabla de variables e.	Bool	%I1.5		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
15	Luz_Piloto_Q0.0	Tabla de variables e.	Bool	%Q0.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
16	Luz_Piloto_Q0.1	Tabla de variables e.	Bool	%Q0.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
17	Luz_Piloto_Q0.2	Tabla de variables e.	Bool	%Q0.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Figura 48- Variables declaradas

PROGRAMACION

Para iniciar la programación de los segmentos del proyecto nos ubicamos en el menú que tenemos en la parte izquierda de la ventana y se selecciona lo siguiente:

- *PLC_1 [CPU 1214C DC/DC/DC] > Bloques de programa > Main*
- Donde se agregarán los segmentos de la programación del PLC (para agregar cada elemento se arrastra este a la línea de segmento).

4.5.3. Convertidores

NORM_X (Normalizar)

La instrucción “Normalizar” permite que el valor de entrada analógico sea presentado de forma digitalizada, esta función normaliza el valor numérico para que sea coincidente con el valor de magnitud física.

Para que el valor cuenta con una mayor exactitud la normalización debe realizarse con la conversión de valores al tipo de dato REAL, para evitar en lo posible errores de redondeo.

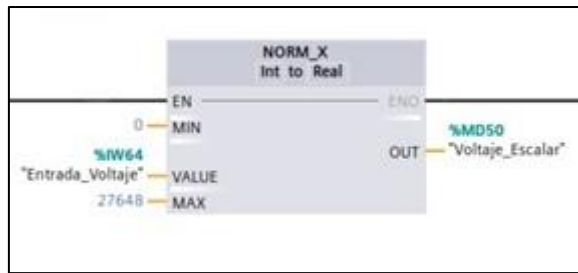


Figura 49- NORM_X

La función NORM_X, permite que la entrada VALUE sea normalizada representándola en una escala lineal. Los parámetros MIN y MAX son los encargados de establecer el rango de valores que se refleja en la escala.

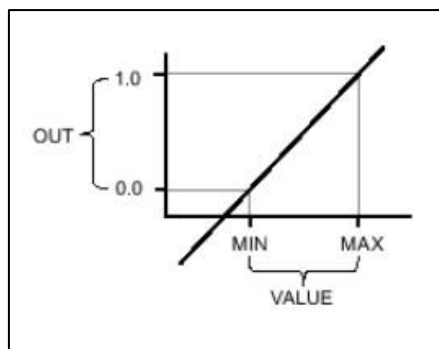


Figura 50- Normalizar valores

Si el valor que se va a normalizar es igual al valor de entrada MIN, la salida OUT devuelve el valor “0.0”. Si el valor que se va a normalizar es igual al valor de entrada MAX, la salida OUT devuelve el valor “1.0”

La ecuación que utiliza la función normalizar es:

$$OUT = (VALUE - MIN) / (MAX - MIN)$$

Ecuación 3-Ecuación de norm_x

SCALE_X

La función SCALE_X escala el valor de la entrada VALUE en un determinado rango de valores. Al ejecutar la instrucción “Escalar”, el número en coma flotante de la entrada VALUE se escala al rango de valores definido por los parámetros MIN y MAX. El resultado de la escala es un número entero que se deposita en la salida OUT. [11]

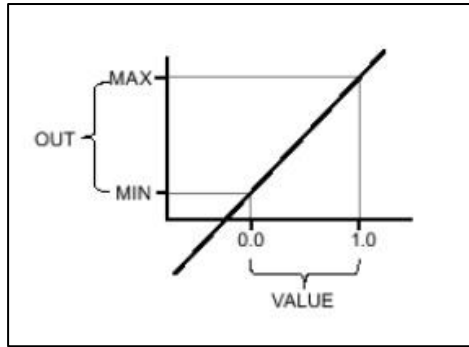


Figura 51 - Escalar valores

La ecuación que utiliza la función escalar es:

$$OUT = [VALUE * (MAX - MIN)] + MIN$$

Ecuación 4- Ecuación scale_x

Los convertidores NORM_X y SCALE_X se encuentran en la parte derecha en la pestaña instrucciones (Figura 52).

Instrucciones Básica > Conversión > NORM_X o SCALE_X

Y de igual manera que todos los elementos se arrastra hacia la línea del segmento donde se lo va a utilizar.

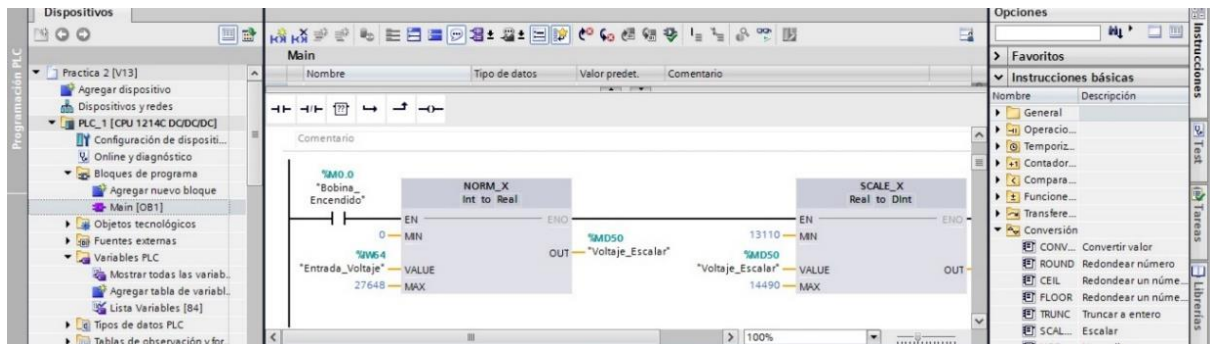


Figura 52- Convertidores norm y scale

4.5.4. Calculate.

Esta función matemática se configura según la necesidad del programa, en este cuadro se permite establecer operaciones matemáticas con dos valores de entrada por defecto, ya sea para sumar, restar o dividir, o una combinación de todas ellas (en caso de requerir un tercer valor este se lo debe especificar en la fórmula para que sea agregado automáticamente).

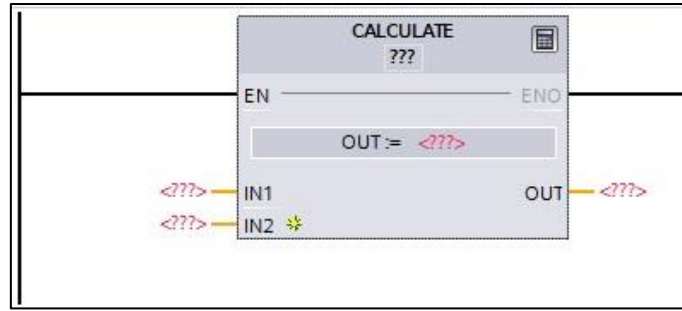


Figura 53 - Función calculate

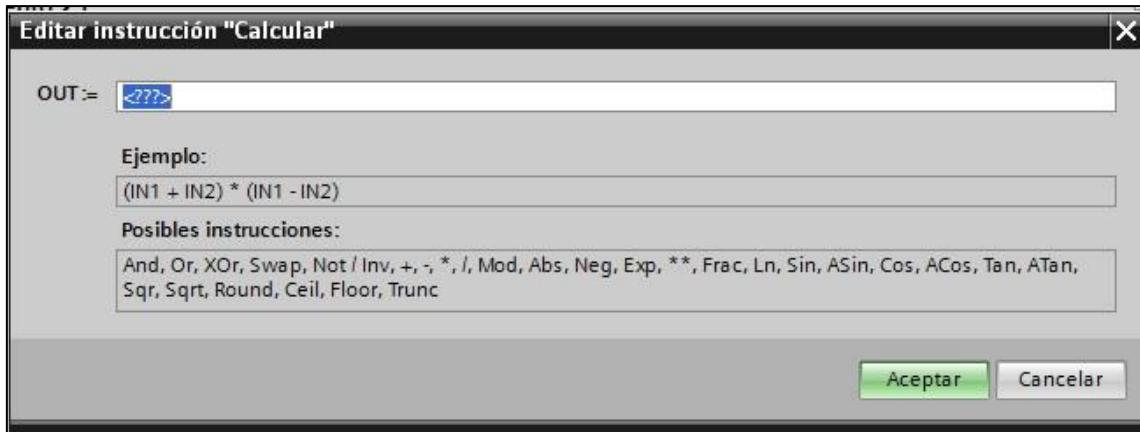


Figura 54 - Instrucción función calculate

Para que se pueda activar este cuadro se debe tener un estado lógico 1 en la entrada de la función (EN), y los valores a ingresar son los siguientes:

IN1: Es el primer valor que se usa para las operaciones.

IN2: Es el segundo valor que se usa para las operaciones.

OUT: =: Se debe ingresar la operación matemática que se va a realizar. (Figura 55).

OUT: Es el valor que se muestra según la operación realizada

4.5.5. MUL

Esta función matemática permite multiplicar dos valores que se especifican en las entradas.

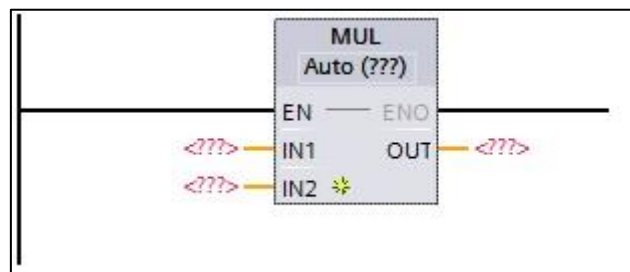


Figura 55- Función mult

Para que se pueda activar este cuadro se debe tener un estado lógico 1 en la entrada de la función (EN), y los valores a ingresar son los siguientes:

Auto (???): Aquí se ingresa el tipo de datos de entrada a calcular.

IN1: Es el primer valor que se usa para la multiplicación.

IN2: Es el segundo valor que se usa para la multiplicación.

OUT: Es el valor que se muestra después de la multiplicación.

4.5.6. ADD

Esta función matemática permite sumar dos valores que se especifican en las entradas.

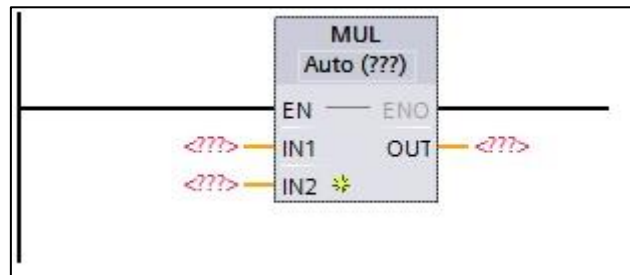


Figura 56- Función add

Para que se pueda activar este cuadro se debe tener un estado lógico 1 en la entrada de la función (EN), y los valores a ingresar son los siguientes:

Auto (???): Aquí se ingresa el tipo de datos de entrada a calcular.

IN1: Es el primer valor que se usa para la suma.

IN2: Es el segundo valor que se usa para la suma.

OUT: Es el valor que se muestra después de la multiplicación.

4.5.7. Cargar Programa

- Para compilar el programa en el PLC primero se debe compilarlo de la siguiente manera:

PLC_1 > Compilar > Hardware y software (Solo cambios).

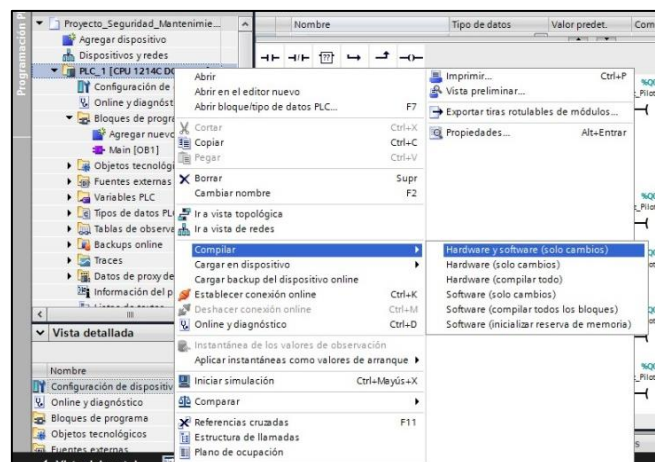


Figura 57- Compilar programa

- Se procede a *Cargar en dispositivo* (Figura 58)

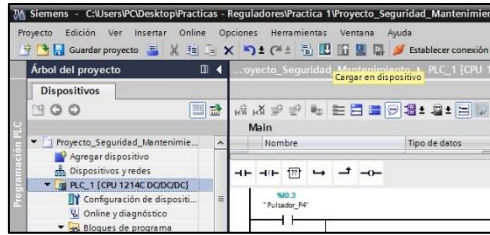


Figura 58- Cargar en dispositivo

Para realizar la carga avanzada, se debe tener encendido el PLC y conectado mediante Ethernet para que lo reconozca seleccionando:

Tipo de Interfaz PG/PC: *PN/IE*

Interfaz PG/PC: *Intel(R) 82579LM Gigabit Network Connection*

Y se procede a *Iniciar búsqueda*

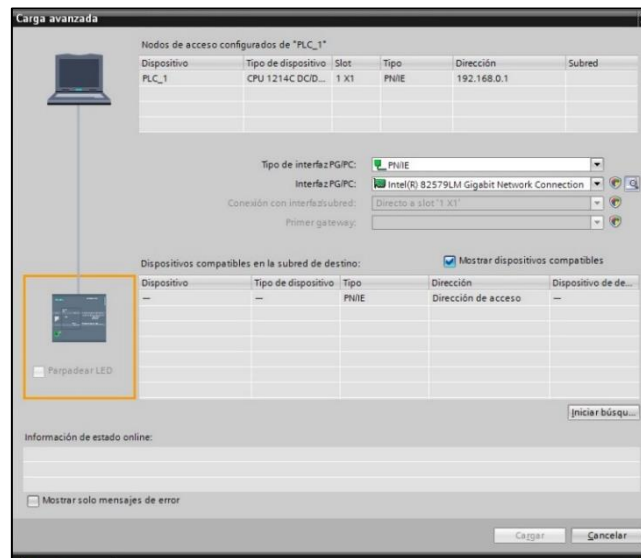


Figura 59- Búsqueda de dispositivo

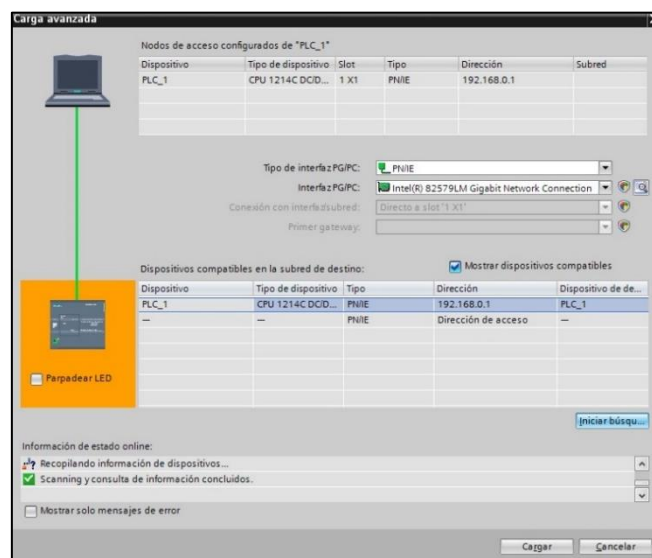


Figura 60- Dispositivo encontrado.

- Una vez que se reconoce el PLC se proceder a *Cargar* y se abre la ventana de *Vista preliminar de Carga*.

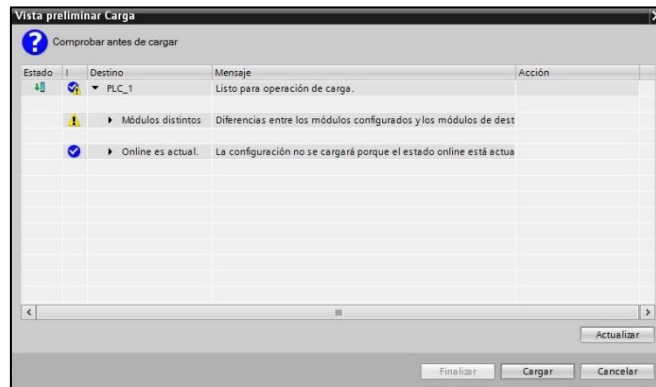


Figura 61-Vista preliminar de carga

En el caso de existir un programa previamente cargado se deberá escoger la opción *Carga con coherencia*.

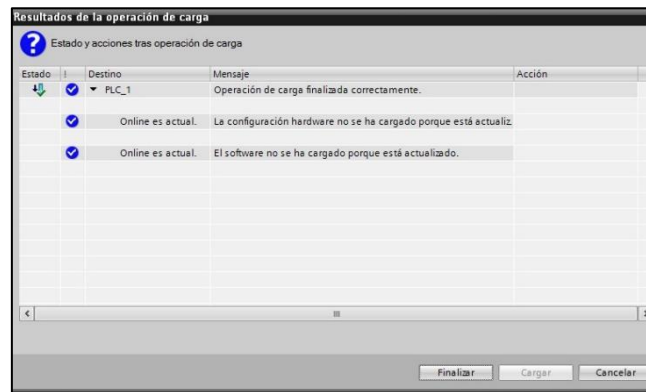


Figura 62 - Finalizar carga

Una vez cargado se da click en finalizar.

4.5.8. Configurar Ventana Grafica (WinCC)

En la sección derecha damos click en **Agregar Dispositivo**

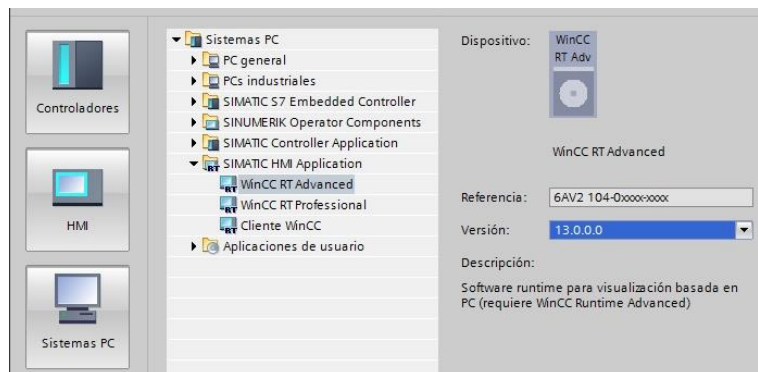


Figura 63- Agregar dispositivo

Se escoge la opción *Sistemas PC>Sistemas HMI > WinCC Runtime Advanced > Aceptar*

Para comunicarse por vía Ethernet con el CPU S7-1200 se debe agregar un módulo de comunicación Ethernet en la sección de la derecha nos vamos a *Tarjetas de comunicación >Modulo de Comunicaciones > IE General*

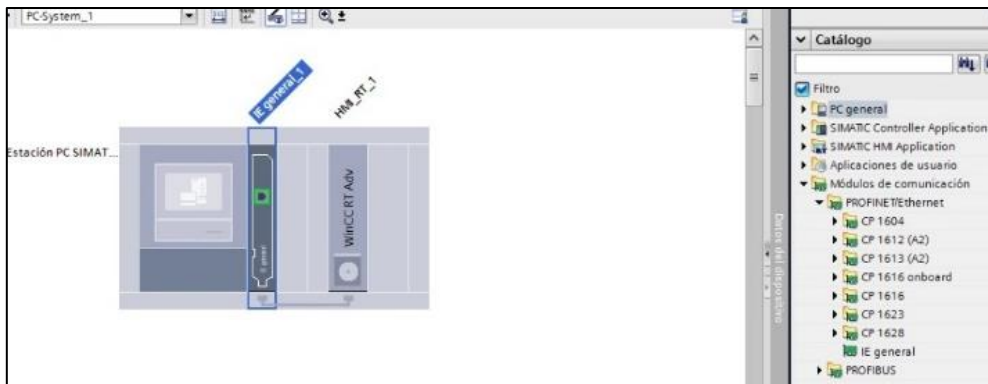


Figura 64- Agregar Puerto de Comunicación

El siguiente paso es configurar las redes se tiene que verificar las direcciones asignadas, dando click en vista de *Redes > Comunicación*.

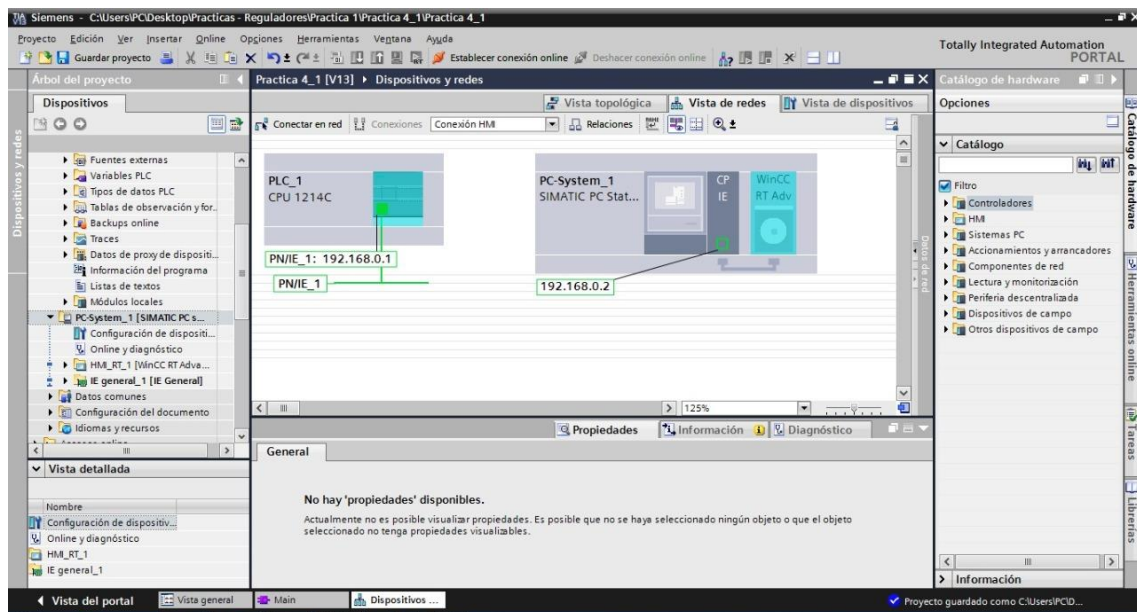


Figura 65- Vista de redes

La dirección IP del PLC no debe ser la misma que del Dispositivo HMI debemos realizar la conexión y para no tener problemas de conexión hay que sincronizarlos.

Vista de Redes > Conexiones > Conectar PLC con HMI

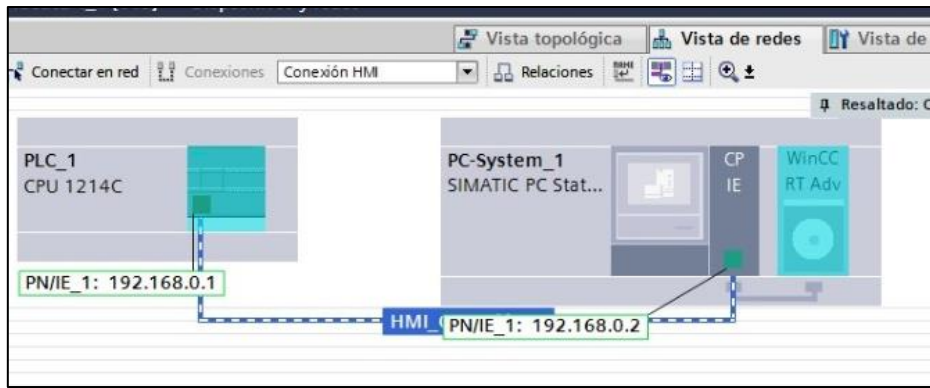


Figura 66 - Conexión de equipos

Para introducir la imagen en la pantalla seleccionamos *HMI > Imagen > Insertar Imagen*

En esta sección se agrega los elementos a utilizar en la pantalla desde la librería ubicada en la parte derecha

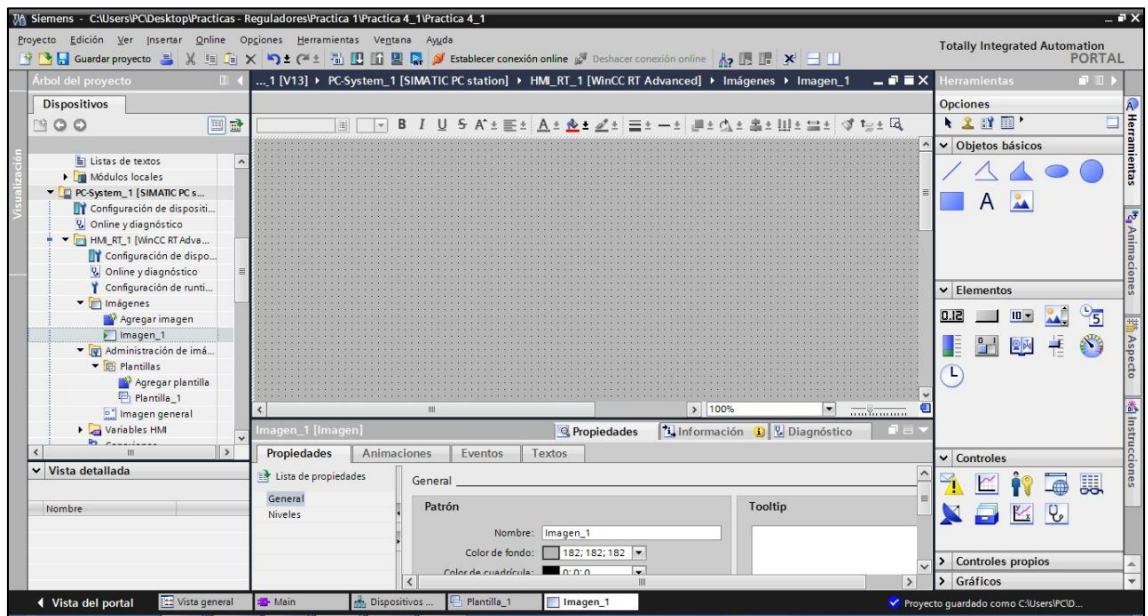


Figura 67- Área de trabajo

Se usará cuadros de textos que se configurarán como salidas, para mostrar los valores medidos a través de las entradas analógicas.

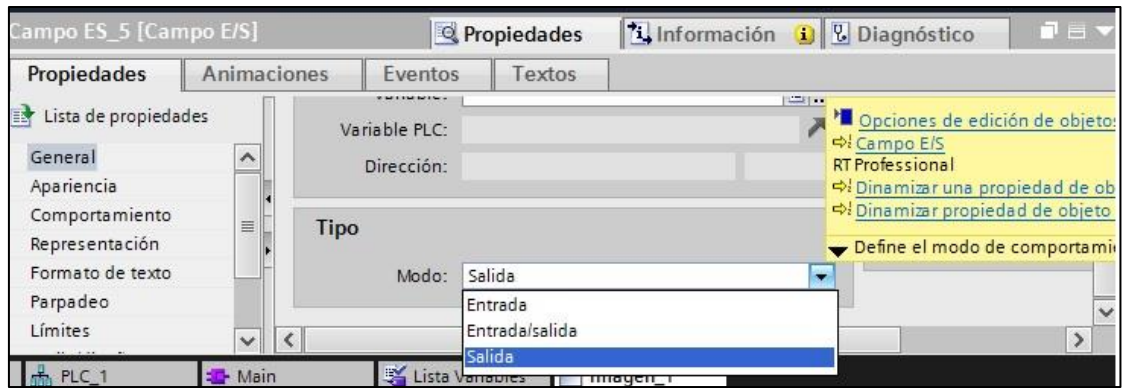


Figura 68- Configurar como tipo salida

Para configurar los elementos insertados, se da doble click en cada elemento y se procede a declarar la variable que se va a utilizar

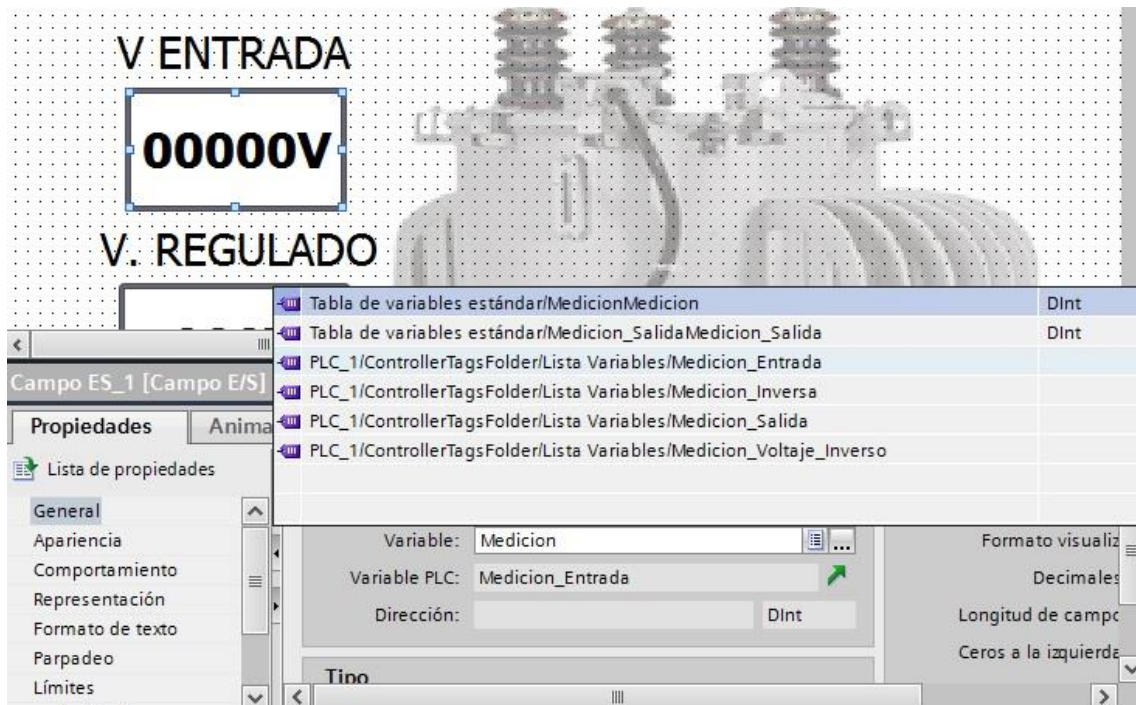


Figura 69- Declaración de variables

Las variables a declarar en cada campo E/S ingresado son las siguientes:

V. Entrada: Medicion_Entrada

V. Salida: Voltaje_Real

Regulación: Porcentaje_Variado_Lector

TAP: Tap_Motor

En el indicador Gauge:

Variable del proceso: Tap_Motor

En cada PlotLight_Square:

Variable: Volt_## (Cada variable dependiendo la ubicación del TAP)



SIMULACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DEL CONTROL DE REGULACIÓN DE VOLTAJE EN SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN

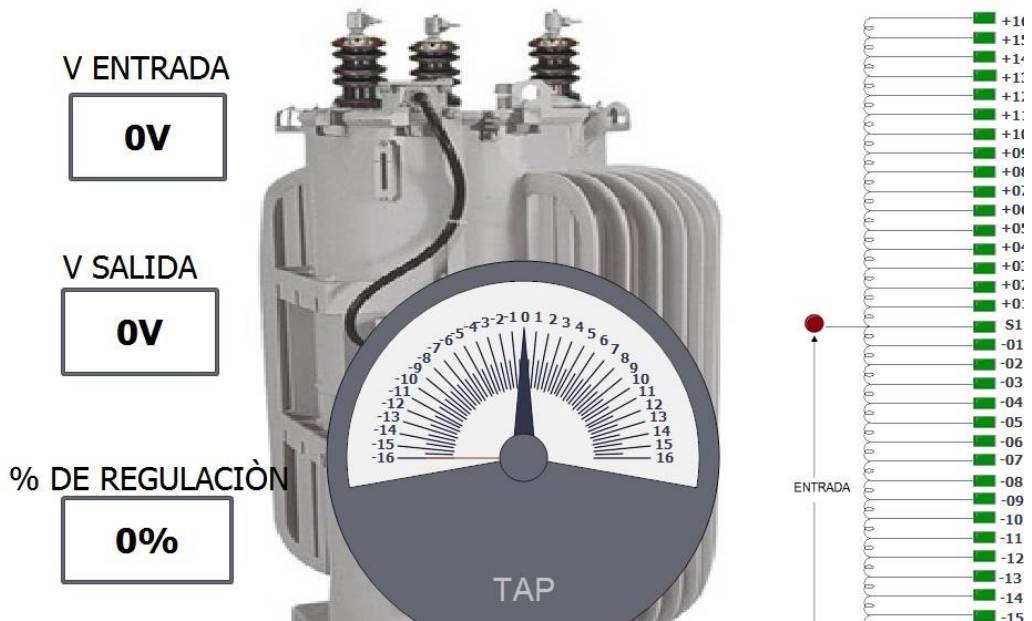


Figura 70- Vista final ventana gráfica

4.5.9. Compilar Programa y Ventana.

- Se Procede a Compilar las configuraciones del Autómata



Figura 71- Compilación de autómata

- Compilamos la pantalla
- Cargamos la programación al Autómata

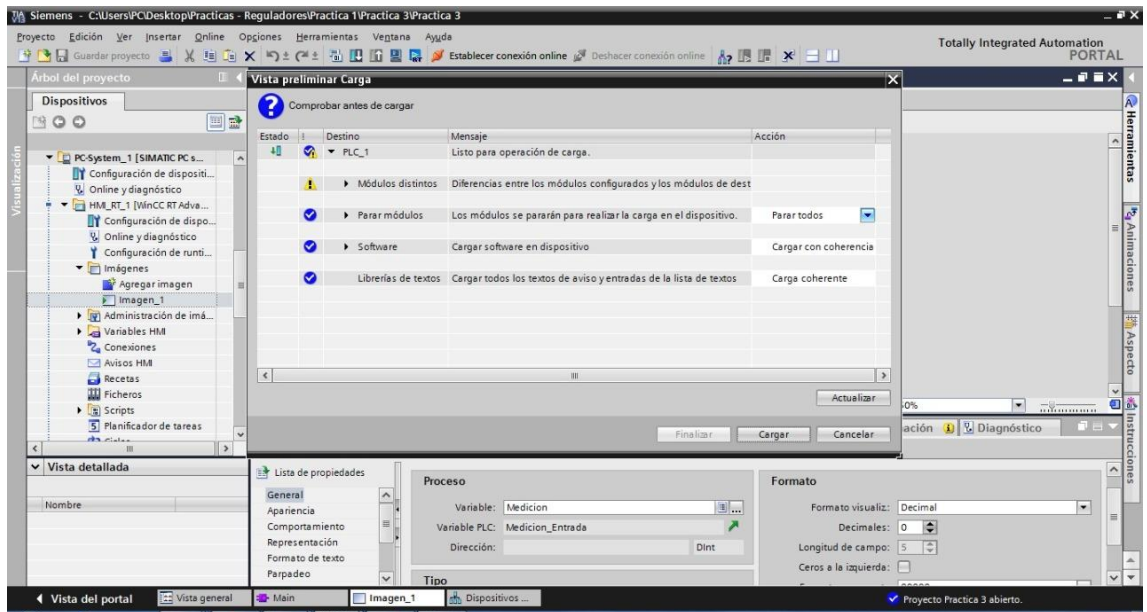


Figura 72 – Carga de programación al autómatas

- Para comprobar que funciona el programa se da click a **INICIAR RUNTIME** y se verifica lo que se muestra en la ventana gráfica sea lo mismo que el programa ejecuta.



SIMULACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DEL CONTROL DE REGULACIÓN DE VOLTAJE EN SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN

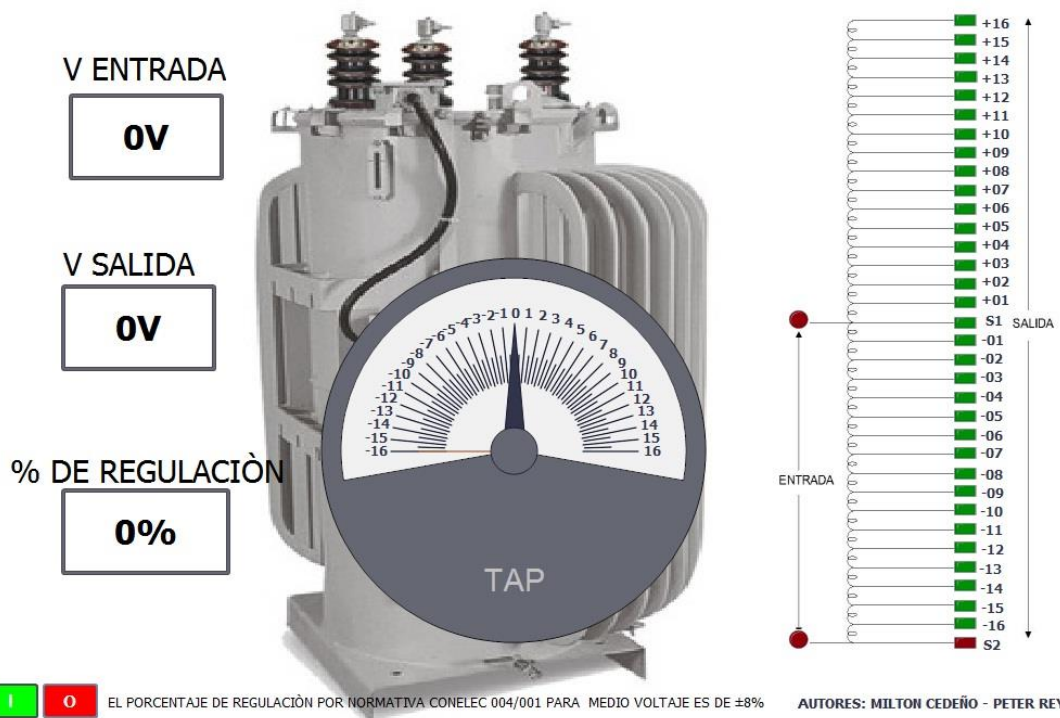


Figura 73 – Ventana gráfica

SEÑALES ANALÓGICAS

El CPU S7-1200 no solo permite leer entradas digitales, sino que permite la lectura de entradas analógicas, que a diferencia de una señal binaria que puede ser como estado lógico 1 (presencia de tensión) y estado lógico 0 (ausencia de tensión), las señales analógicas toman valores dentro de un rango determinado.

Al procesar magnitudes analógicas con la CPU el valor de tensión o corriente debe convertirse en información digital.

El CPU S7-1200 cuenta con dos entradas analógicas de voltaje con un rango de 0 a 10V, con una lectura de 10 bits y un rango total de 27648.

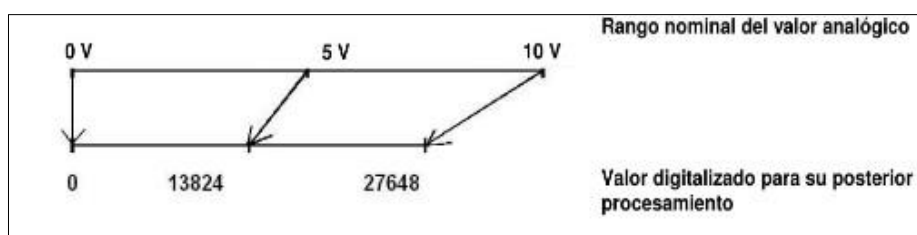


Figura 74 - Valor digitalizado

Las direcciones de las entradas analógicas integradas en la CPU son %IW64 e %IW66

TIPOS DE DATOS

Es muy importante establecer bien los tipos de datos para el procesamiento de valores analógicos, ya que estos valores tienen formato de números enteros “INT” y para que el procesamiento posterior sea correcto, se debe tener en cuenta el error de redondeo que tiene, y solo se considera los números con coma flotante “REAL”.

CAPITULO 5: Conclusiones y Recomendaciones

5.1. Conclusiones

- Se diseñó e implementó la configuración de un regulador de voltaje monofásico con el uso del módulo de prácticas y se logró una conexión y visualización de un sistema SCADA en tiempo real.
- Se aprendió el uso de las entradas y salidas, tanto analógicas como digitales con las que cuenta el PLC S7-1200 y se empleó lo aprendido en las prácticas de laboratorio.
- Se realizó la revisión de la librería del programa TIA PORTAL V13, con la cual se logró la comprensión y uso de los comando y permitió la ejecución de las prácticas de laboratorio.
- Se elaboró una guía de programación con 4 prácticas de laboratorio que permita al estudiante de la carrera el uso del módulo didáctico e implementar los conocimientos adquiridos.

5.2. Recomendaciones

- Se debe conocer los elementos que conforman el modulo, así como el Modelo del PLC y la Signal Board para que conozca sus prestaciones y limitaciones.
- Se debe leer la guía de programación previa a realizar una práctica en el módulo.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] JOHN FREDY FRANCO B., RAMÓN A. GALLEGOS R., DARIO E. RODAS RENDÓN., Localización óptima de reguladores de tensión en sistemas de distribución con un modelamiento trifásico, Diciembre de 2006.
- [2] YOV STEVEN RESTREPO GRISALES, MAURICIO GRANADA ECHEVERRI, RAMON ALFONSO GALLEGO RENDÓN, Instalación óptima de reguladores de tensión en sistemas de distribución usando la técnica de enfriamiento simulado, Septiembre de 2006
- [3] ECHAVARRIA RODOLFO Y BERBER EDUARDO, Reguladores Rápidos de Tensión, Junio 2009
- [4] CONSEJO NACIONAL DE ELECTRICIDAD CONELEC, Calidad del servicio eléctrico de distribución, Mayo 2001
- [5] ANTONIO PEREZ GARCIA, Reguladores de tensión.
- [6] JUAN ANTONIO YEBRA MORON, Sistemas Eléctricos de Distribución, 2009
- [7] ANDREY JIMENEZ OSES, Regulación de tensión de la red de distribución de Coopelecsa R.L. considerando la planta hidroeléctrica Chocosuelas II, Diciembre 2014
- [8] REPORTE TECNICO, Regulador de tensión monofásico, Toshiba 2014
- [9] M.C. RODOLFO ARTURO ECHAVARRIA SOLIS, Síntesis de un regulador monofásico de tomas de C.A para aplicaciones de media y baja tensión.
- [10] SIEMENS (Online), SIMATIC WinCC (Tía Portal)
- [11] PROGRAMACION SIEMENES [Online], Cómo realizar el escalado de una señal analógica en TIA Portal, <https://programacionsiemens.com/escalado-de-una-senal-analogica-en-tia-portal/>
- [12] SIMATIC S7-1200, Easy book Manual del producto, Abril 2012
- [13] M. T. BITSHOP, et al, “Single-Phase Voltage Regulators and Three-Phase Systems”, IEEE Industry Applications Magazine, Jul/Ago 1996

- [14] COOPER POWER SYSTEMS, How Step-Voltage Regulators Operate, Febrero 1993
- [15] SIEMENS POWER TRANSMISION & DISTRIBUTION, Distribution voltage regulators, 2008
- [16] ILKNUR COLAK Y DENIZ YILDIRIM, the Control Unit of a Single Phase Voltage Regulator, 8 Febrero 2018
- [17] CHELAN COUNTRY POWER, Single-Phase Step Voltage Regulator, Noviembre del 2013
- [18] TOSHIBA, Single-Phase Voltage Regulator, Marzo del 2012

ANEXOS