

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE GUAYAQUIL CARRERA DE ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL Y CALIDAD PARA TRANSFORMADORES MONOFÁSICOS MEDIANTE TIA PORTAL

> Trabajo de titulación previo a la obtención del Título de Ingeniero en Electrónica

AUTORES: ANTHONY JOSUÉ VILLALTA CHIQUITO KEVIN HUMBERTO LUCAS PACHECO

TUTOR: ING. FRANCO CHRISTIAN REINA RAFAEL, MSC

Guayaquil – Ecuador 2024

N. 27 Potte CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE Guay: TITULACIÓN a la T

1 20, 55

Nosotros, Anthony Josué Villalta Chiquito con documento de identificación Nº 0950189969 y

Kevin Humberto Lucas Pacheco con documento de identificación Nº 0950193136, manifestamos Atenta que:

MASH

5,235

Declaramos ser los autores y responsables de este trabajo, y permitimos que la Universidad Politécnica Salesiana lo utilice, difunda, reproduzca o publique, total o parcialmente, sin fines de lucro.

Lorg Guayaquil, 23 de agosto del año 2024. 5 [8]

法告 1911

Atentamente,

Nost

Kevh

Atent

titula

X.600

Perie 115.2

phone

Anthony Josué Villalta Chiquito 095018996-9

Deuim non

Kevin Humberto Lucas Pacheco 095019313-6

a la U

in the

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

Nosotros, Anthony Josué Villalta Chiquito con documento de identificación N° 0950189969 y Kevin Humberto Lucas Pacheco con documento de identificación N° 0950193136, expresamos Atent nuestra intención y, mediante este documento, cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad de los derechos patrimoniales, en virtud de ser autores del Proyecto Técnico: "Diseño y simulación de un sistema de control y calidad para transformadores monofásicos mediante TIA Portal", el cual ha sido desarrollado para obtener el título de Ingeniero en Electrónica, autorizando a la Universidad para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

De acuerdo con lo expresado, firmamos este documento al entregar el trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 23 de agosto del año 2024.

Atentamente,

Nese Keyh Atentque:

Gingy

Anthony Josué Villalta Chiquito 095018996-9

Kevin Humberto Lucas Pacheco 095019313-6

Lucas

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

final e requis

timal.

Yo, Rafael Christian Franco Reina con documento de identificación Nº 0923328629, docente de

la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de

titulación: DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL Y CALIDAD PARA

TRANSFORMADORES MONOFÁSICOS MEDIANTE TIA PORTAL, realizado por Anthony

Atente Josue Villalta Chiquito con documento de identificación Nº 0950189969 y Kevin Humberto

Lucas Pacheco con documento de identificación Nº 0950193136, obteniendo como resultado

final el trabajo de titulación bajo la opción de Proyecto Técnico que cumple con todos los

requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

regist

Guayaquil, 23 de agosto del año 2024.

la Uni Guage titulac Atentamente,

IRAN

Man

1.00

tinal c

Ing. Rafael Christian Franco Reina, MSc.

C.1.: 0923328629

DEDICATORIA

A mi familia, Jenny, Antonio, tía María,

Sheyla y mis queridos sobrinos que estuvieron en cada momento de mi proceso, los cuales me llenaron de su amor genuino y son quienes me dan la fuerza para seguir adelante en cada paso que doy, me han enseñado a continuar y no rendirme por más adversa que sea la situación. Todo lo que he logrado es gracias a ustedes y por ustedes. ¡Con mucho cariño! Anthony Villalta Ch.

A mis amados padres, Anita y Humberto, por su apoyo incondicional y por impulsarme a alcanzar mis metas. Sin su amor y fortaleza no hubiera podido seguir adelante. A mis queridos hermanos, Lextin y Matías, por su cariño incondicional y por ser mi inspiración. Gracias por compartir conmigo momentos inolvidables. Los quiero con todo mi corazón.

Kevin Lucas P.

AGRADECIMIENTO

A Dios por el privilegio de contar con una familia maravillosa. Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a todas las personas que han sido fundamentales en la realización de mi carrera universitaria. A mi madre, Jenny Rosalía Chiquito García, a mi padre, Lorenzo Antonio Villalta Pincay y a mi tía María Chiquito por su amor, apoyo incondicional y sacrificios que han hecho posible mi educación y este logro. A mi hermana Sheyla Muñoz, por su constante motivación y palabras de aliento, por su apoyo y sabiduría. También, quiero agradecer a mis sobrinos Jared, Sebastián y Thiago, cuyas sonrisas y alegría han sido una fuente constante de inspiración.

Extiendo mi gratitud al Ing. Rafael Franco, mi tutor de tesis, por su valiosa orientación, paciencia y conocimientos que han sido cruciales para el desarrollo de este trabajo. Finalmente, a mis verdaderas amistades, por su apoyo incondicional, compañía y por estar siempre presentes en los momentos más importantes de esta etapa. Sin ustedes, este logro no habría sido posible,

Anthony Villalta Ch.

A Dios, que me ha permitido hoy llegar hasta aquí, a mis pilares fundamentales que son mis Padres, mi querida madre Ana Julia Pacheco García y mi gran padre Humberto Máximo Lucas Zambrano, gracias por el apoyo incondicional que me dan y me siguen brindado, gracias a ellos que son la base de todo lo que soy, a mis queridos hermanos Lextin y Matías, que cada día aprendo más de ellos a pesar de ser menores a mí, me enseñan a vivir y me motivan a ser un ejemplo para ellos, ellos que son mi familia y están conmigo para poder cumplir mis objetivos personales y académicos. Ellos que con cariño me han impulsado a seguir sus metas, mis metas, nuestras metas y nunca abandonarla frente a cualquier circunstancia. A mi tutor de tesis y a todos mis docentes que han sido parte de mi camino universitario, gracias por compartir sus conocimientos y transmitirlos de la mejor manera hacia sus alumnos. Por último, a mis compañeros, los cuales muchos de ellos se han convertido en mis

amigos, gracias por los momentos vividos y muchas horas compartidas, los trabajos realizados en equipo y mucha historia más.

Kevin Lucas P.

Resumen

El siguiente proyecto de grado muestra la simulación en el diseño y validación del sistema de control y calidad de transformadores, que permita visualizar y evaluar el rendimiento de un transformador monofásico de 5kVA en diferentes condiciones de pruebas. Utilizando herramientas como TIA Portal, se optimizan los parámetros del sistema de control y se evalúa su respuesta en escenarios adversos o de emergencia, todo de manera simulada. Este entorno automatizado y remoto permite simular para evaluar parámetros como la eficiencia, reducción de fallos y optimización de recursos, lo que resulta en una mayor productividad para la empresa.

La implementación de una interfaz HMI en TIA Portal V18, simulada, permite la conexión automática de transformadores monofásicos de 5kVA, mejorando la seguridad y la eficiencia en el proceso de pruebas en Carga al Vacío y Cortocircuito realizadas desde el PLC y HMI Maestros. La presente automatización simulada facilita pruebas precisas y reduce los riesgos asociados con la manipulación manual, además, el diseño simulado de un banco de pruebas sin carga permite evaluar las unidades de cada transformador en condiciones supervisadas por HMI Esclavo, al igual que en los estados de prueba en Cortocircuito, se mejora la capacidad de producción y la evaluación simultánea de múltiples unidades en una sola pantalla HMI de lectura. Las interfaces PLC y HMI se comunican mediante una conexión maestro-esclavo, que proporcionan datos en tiempo real, lo que aumenta la precisión y reduce los fallos. Estas interfaces se instalan a través de Profinet y se alimentan mediante Ethernet, mejorando así la competitividad de cualquier empresa en la industria.

Palabras Clave: transformadores, Kilo-vatio amperio, PLC, TIA Portal, HMI, Profinet.

Abstract

The following degree project shows the simulation in the design and validation of the transformer control and quality system, which allows visualizing and evaluating the performance of a 5kVA single-phase transformer under different test conditions. Using tools such as TIA Portal, the parameters of the control system are optimized and its response in adverse or emergency scenarios is evaluated, all in a simulated way. This automated and remote environment allows simulation to evaluate parameters such as efficiency, reduction of failures and optimization of resources, which results in greater productivity for the company.

The implementation of an HMI interface in TIA Portal V18, simulated, allows the automatic connection of 5kVA single-phase transformers, improving safety and efficiency in the process of Vacuum Load and Short Circuit tests carried out from the PLC and HMI Maestros. The present simulated automation facilitates accurate testing and reduces the risks associated with manual handling, in addition, the simulated design of a no-load test bench allows the units of each transformer to be evaluated under conditions monitored by Slave HMI, as well as in the short circuit test states, the production capacity and the simultaneous evaluation of multiple units on a single reading HMI screen is improved. The PLC and HMI interfaces communicate using a master-slave connection, which provide real-time data, increasing accuracy and reducing failures. These interfaces are installed via Profinet and powered by Ethernet, thus improving the competitiveness of any company in the industry.

Keywords: Transformers, Kilo-watt amp, PLC, TIA Portal, HMI, Profinet.

ÍNDICE DE CONTENIDO

I INTRODUCCIÓN	1
II PROBLEMA	2
III OBJETIVOS	3
3.1 Objetivo general	3
3.2 Objetivos específicos	3
IV FUNDAMENTO TEÓRICO	4
4.1 TIA Portal (versión 18)	4
4.2 SIMATIC HMI (KTP700 Basic)	5
4.3 LOGO! Power (SIEMENS 6EP1311-1SH13)	6
4.4 PLC SIMATIC S7-1200 (Siemens)	8
4.5 Principio de la Cocina de Inducción ;Error! Marcador no definid	0.
4.6 Módulo de PLC S7-1200	15
4.7 Comunicación Maestro y Esclavo	18
V MARCO METODOLÓGICO	20
5.1 Diseño de graficas para las pantallas 1 y 2 del HMI (KTP-700) en las cuales se	
representará los bancos de pruebas de transformadores monofásicos de 5kVA	22
5.1.1 Diseño de la simulación de HMI_1 (KTP-700) la cual es la pantalla Maestro)
de la programación	19

5.1.2 Diseño de la simulación de HMI_2 (KTP-700) la cual es la pantalla Esclavo de la programación.Error! Marcador no definido.

5.2.1 Diseño de la geometría de la bobina plana de calentamiento por inducción de208 mm de diámetro externo sin carga......;Error! Marcador no definido.

5.2.3 Ejecución de la solución del problema ;Error! Marcador no definido.

5.3 Código de Matlab para calcular la resistencia de inducción ¡Error! Marcador no definido.

5.3.1 Programa principal de Matlab Error! Marcador no definido.	5.3
5.3.2 Código de la función haciafemm208.m; Error! Marcador no definido.	5.3
5.3.3 Código de la función promedioH208.m; Error! Marcador no definido.	5.3
5.3.4 Código de la función resistencia208.m; Error! Marcador no definido.	5.3
VI RESULTADOS	VI R
6.1 Bobina de calentamiento por inducción de 140 mm de diámetro externo;Error!	6.1
Aarcador no definido.	Marcador n

6.2 Bobina de calentamiento por inducción de 208 mm de diámetro externo..;Error!Marcador no definido.

6.3 Análisis comparativo......;Error! Marcador no definido.

VII	CRONOGRAMA	93
VIII	PRESUPUESTO	94
IX	CONCLUSIONES	95
Х	RECOMENDACIONES	96
XI	REFERENCIAS	97
XII	ANEXO 1	102

Índice de Figuras

Figura 1. TIA Portal versión18 (SIEMENS, 2023)	5
Figura 2. SIMATIC HMI KTP 700 Basic (ADEGIS, 2019)	5
Figura 3. LOGO! Power (SIEMENS)	3
Figura 4. PLC SIMATIC S7-1200 10)
Figura 5. Transformador Monofásico de 5kVA 12	2
Figura 6. Módulo de PLC 16	5
Figura 7. Redes y conexiones de comunicaciones industriales. (IzqElec, 2015) 17	7
Figura 8. Diagrama de secuencia Maestro-Esclavo (PINEDA, 2015) 19)
Figura 9. Diagrama de Flujo del Proceso general	L
Figura 10. Bloques del programa PLC 1 22	2
Figura 11. Bloque FC del PLC 1	3
Figura 12. Bloque DB del PLC 1	1
Figura 13. Sistema de Protección de Emergencia	5
Figura 14. Programación ON para transformadores en PLC_1	3
Figura 15. Programación OFF para transformadores en PLC_1)
Figura 16. Normalización y escalado de los potenciómetros	L
Figura 17. Programación estados de transformadores	2
Figura 18. Rango de valores de corriente	3
Figura 19. Rango para la potencia de los transformadores	3

Figura 20. Estado de la prueba de cortocircuito	34
Figura 21. Operación de tensión de cortocircuito	35
Figura 22 Operación Perdidas de cortocircuito.	35
Figura 23. Bloques PUT.	36
Figura 24. Bloque Prueba Carga Vacío	37
Figura 25. estado de la prueba de carga vació	37
Figura 26. Operaciones perdidas de vacío.	38
Figura 27. Datos Int [DB1].	39
Figura 28. Bool-Int [DB5].	40
Figura 29. Bloques de datos Bool [DB2]	40
Figura 30. Main [OB1] PLC 1.	41
Figura 31. Bloques del programa PLC 2.	42
Figura 32. Bloque FC y DB del PLC 2	43
Figura 33. Estados de los trasformadores.	44
Figura 34. Estados prueba carga vacío.	45
Figura 35. Estados de Prueba Cortocircuito.	46
Figura 36. Bloques de datos Int [DB6].	47
Figura 37. Bloques de datos Bool [DB5]	47
Figura 38. Bloques de datos Bool-Int [DB7]	48
Figura 39. Título y subtitulo de la pantalla principal	49
Figura 40. Tema y autores	50
Figura 41. Botón de procesos	51
Figura 42. Interfaz Pruebas.	52

Figura 43. Botones estándar de TIA Portal	52
Figura 44. Panel de control y parámetros.	53
Figura 45. HM1_1 Pruebas	53
Figura 46. Agregar los títulos y subtítulos HMI_2	54
Figura 47. Indicadores del HMI_2	55
Figura 48. Campos de Datos	55
Figura 49. Visualización para mostrar los valores correspondientes a cada transformador	56
Figura 50. HM1_2 Pruebas Carga Vacío	57
Figura 51. Ingreso de prueba y estados de Cortocircuito	57
Figura 52. Cuadro de texto para ingreso de parámetros.	58
Figura 53. Ingreso de cuadros para los resultados de prueba en Cortocircuito	58
Figura 54. HM1_2 Pruebas Cortocircuito	59
Figura 55. Comunicación Maestro-Esclavo	60
Figura 56. Compilación PLC 1	61
Figura 57. Compilación PLC 2 Esclavo.	62
Figura 58. Compilación del HMI 1 Esclavo.	63
Figura 59. Compilación del HM2 Esclavo.	64
Figura 60. Etapa PLC 1	65
Figura 61. Etapa PLC 2	66
Figura 62. Etapa HMI 1	67
Figura 63. Etapa HMI 2.	68
Figura 64. Mensaje de bienvenida en Pantalla HMI_1	69
Figura 65. Mensaje de usuario y contraseña	70

Figura 66. Mensaje de invalidación de contraseña.	. 71
Figura 67. Ingreso correcto de usuario y contraseña.	. 71
Figura 68. Mensaje de Error, valores no permitidos	. 72
Figura 69. Se habilita el control luego que solucionar el mensaje de Error en HMI 1	. 72
Figura 70. Se ingresan los valores permitidos en HMI 1	. 73
Figura 71. Diagrama de flujo del mensaje de error.	. 74
Figura 72. Diagrama de flujo de selección de pruebas.	. 76
Figura 73. Selección de prueba al Vacío.	. 77
Figura 74. Ejemplo de conexión para prueba al vacío	. 78
Figura 75. Se proyecta el HMI 1 físico ya con sus respectivos parámetros	. 78
Figura 76. Carga al vacío de la pantalla HMI_2	. 79
Figura 77. Resultados de prueba Carga al vacío con valores aproximados a 264V	. 80
Figura 78. Resultados de prueba Carga al vacío con valores aproximados a 240V	. 82
Figura 79. Resultados de prueba Carga al vacío con valores aproximados a 220V	. 83
Figura 80. Diagrama de Flujo de Prueba Carga al Vacío	. 84
Figura 81. Selección de prueba Cortocircuito	. 85
Figura 82. Cortocircuito en pantalla HMI 2	. 86
Figura 83. Prueba de Cortocircuito con 0.50A.	. 88
Figura 84. Prueba de Cortocircuito con 0.63A.	. 89
Figura 85. Prueba de Cortocircuito con 1.11A.	. 91
Figura 86. Diagrama de flujo de prueba Cortocircuito.	. 92

Índice de Tablas

Tabla 1	
Tabla 2	
Tabla 3	
Tabla 4	
Tabla 5	
Tabla 6	
Tabla 7	
Tabla 8	
Tabla 9	
Tabla 10	
Tabla 11	

I INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo de titulación propone destacar la importancia de la simulación avanzada en el diseño y validación de sistemas de control y calidad, transformando positivamente las prácticas industriales. Los sistemas de control en la electricidad son fundamentales en la optimización y automatización de procesos industriales. Los mencionados sistemas, que incluyen tecnologías como los controladores lógicos programables (PLC), sistemas SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition), y las redes industriales, permiten una supervisión y control precisos de procesos complejos en tiempo real. En cuanto a la optimización de procesos, los sistemas de control gestionan el uso de energía de manera más eficiente, reduciendo el desperdicio y los costos operativos (IMEPI S.A, 2024).

La simulación del diseño y validación de un sistema de control y calidad para transformadores monofásicos de 5kVA, se utilizan herramientas avanzadas como TIA Portal V18, permite evaluar y optimizar el rendimiento del transformador en diversas condiciones operativas simuladas. Esta simulación mejora la seguridad y eficiencia del proceso de pruebas mediante una interfaz HMI que facilita la conexión automática de múltiples transformadores y proporciona datos en tiempo real, reduciendo los riesgos asociados con la manipulación manual. Además, se diseñará la simulación de un banco de pruebas sin carga para evaluar unidades en condiciones controladas, optimizando recursos y mejorando la eficiencia operativa. Este enfoque no solo mejora la calidad del producto final, sino que también incrementa la productividad y la competitividad en el sector de transformadores.

II PROBLEMA

En una de las industrias de transformadores como por ejemplo Moretran S.A, las pruebas de transformadores monofásicos se realizan de forma manual, evaluando cada uno de manera individual, porque no existe un sistema automatizado que permita probar múltiples transformadores simultáneamente, cada transformador se conecta manualmente, lo cual implica riesgos de seguridad, como la necesidad de salir, descargar a tierra y cambiar cables.

La ausencia de un sistema automatizado en empresas de transformadores como por ejemplo en (MORETRAN EC, 2023), en donde prueban lotes de transformadores monofásicos de 5 KVA tipo autoprotegido de voltaje primario 13800/7970 V y voltaje secundario 240/120V, carece de un diseño simulado para un banco de pruebas sin carga o en vacío como se le llama comúnmente, por ejemplo, cuando entran a pruebas 6 unidades simultáneamente, se limita la capacidad de producción y evaluación, además de la necesidad de intervención humana constante para realizar pruebas y cambiar conexiones de los cables a transformadores, que incrementa la posibilidad de errores humanos y reduce la consistencia en los resultados de las pruebas.

Sin un sistema automatizado y remoto, la gestión y monitoreo de las pruebas de transformadores de las 6 unidades monofásicas es menos precisa y más propensa a fallos, como a una conexión deficiente de los equipos, la carencia de no poder observar el proceso por la interfaz del HMI, eso asociado a pérdidas de tiempo con las pruebas manuales que afecta la productividad general de la empresa, impidiendo la optimización de los recursos y el cumplimiento de plazos.

III OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

Diseñar y simular un sistema de control y calidad para transformadores monofásicos mediante TIA PORTAL.

3.2 Objetivos específicos

- Programar las interfaces para el control y calidad del banco de transformadores monofásicos.
- Diseñar las etapas de mando automatizado mediante TIA Portal.
- Simular y evaluar el sistema simulado para transformadores monofásicos a través del HMI

IV FUNDAMENTO TEÓRICO

4.1 TIA Portal (versión 18)

"Es una plataforma de software creado por Siemens para la ingeniería de sistemas de automatización industrial. Esta plataforma integrada facilita a los ingenieros la planificación, diseño, programación y ejecución de proyectos de automatización de forma centralizada y eficiente" (infoPLC, 2023).

TIA Portal 18 es un software de automatización industrial de Siemens, conocido como Totally Integrated Automation (TIA) Portal. Este software proporciona un entorno unificado para el diseño, programación, configuración y mantenimiento de sistemas automatizados en diversos sectores industriales. Sus características incluyen una interfaz intuitiva que facilita la navegación y ejecución de tareas, la integración fluida de componentes como PLCs, HMIs y sistemas de control, herramientas avanzadas para diagnóstico y mantenimiento efectivo, mayor compatibilidad con nuevas tecnologías y dispositivos, así como mejoras en seguridad y conectividad. En resumen, TIA Portal 18 está diseñado para aumentar la eficiencia y reducir los tiempos requeridos para implementar y mantener sistemas automatizados en entornos industriales (SIEMENS, 2023). A continuación, se puede observar la interfaz de TIA Portal 18 mostrando diferentes funciones en la figura 1.

	-		Part of the local data		FILL STORE	FIRM IF.
	STEP 7	WinCC	WinCC Unified	Startdrive ()	SCOUT TIA 4	SIRIUS ES 🖗 🛔
	TIA Portal Wattuner Engineering					04
	TIA Portal Tearroutlar Galaway					04
	TIA Portal Cloud Connector					601
	TA User Management Compose	m.				64
	TIA Fortal CAX Publication Toolo					0.1
0 Li	SMATC Energy Suite ES		<u>≜04</u>	SINANICS DCC AND		
ier a	TA Portal Test Sorte 📥 🛔	SIVAre	<u>004</u>			
gine	Advanced					
Eni	SMATIC ADD 1					
	SINATIC OOK 15005 6					
	SWATIC Target"					
	SIMATIC STEP 7 CFC					
	SNUMERIC STEP 7 04					
	SWATIC PreCing		<u>ø£</u>			
100	SINATIC Energy Suits RT/ST-EE	E-Morator	04			
ime	SINATIC OPC UA	WINCE RT Options 11 🚯 🛔	Unified RT Options			Analable in DA Rostal Clovel
unt	SIMATIC Sale Kinematics					VD J Download
20	SINATIC STEP 7 CFC 🚯 🛔					
	SWATC					

Figura 1. TIA Portal versión18 (SIEMENS, 2023)

Nota: Características y componentes de la versión 18 de TIA Portal mostrando las diversas funciones de su actualización.

4.2 SIMATIC HMI (KTP700 Basic)

El SIMATIC HMI (KTP700 Basic) de Siemens cuenta con una pantalla táctil de 7 pulgadas que facilita la visualización y gestión de procesos críticos en la industria.

El SIMATIC HMI de Siemens (KTP700 Basic) es parte de una serie de paneles diseñados específicamente para automatizar procesos en entornos industriales. Destaca por su pantalla táctil de 7 pulgadas que muestra información crítica del proceso con una calidad de imagen adecuada. Viene equipado con interfaces estándar que permiten la conexión con PLCs y otros dispositivos de automatización, lo que facilita la supervisión y el control remoto de operaciones industriales. Compatible con el software de configuración y programación de Siemens, como TIA Portal, facilita su integración en sistemas completos de automatización. Además, está diseñado para soportar condiciones adversas como vibraciones, polvo y amplios rangos de temperatura, garantizando su fiabilidad en entornos industriales exigentes, en la figura 2, se puede observar una ilustración de SIMATIC HMI KTP700 Basic.

A CONTRACTOR OF		and the second se	General information		
SIEME	15	SIMATIC HMI	Product type designation	KTP700 Basic color PN	
		100	Display		
		OUG	Design of display	TFT widescreen display, LED backlighting	
			Screen diagonal	7 in	
			Display width	154.1 mm	
			Display height	85.9 mm	
			Number of colors	65 536	
			Resolution (pixels)		
-			Horizontal image resolution	800 Pixel	
			• Vertical image resolution	480 Pixel	

Figura 2. SIMATIC HMI KTP 700 Basic (ADEGIS, 2019)

Nota: Interfaz de usuario avanzada diseñada para el control y supervisión en entornos industriales.

4.3 LOGO! Power (SIEMENS 6EP1311-1SH13)

Fuente de alimentación confiable y eficiente diseñada para sistemas de automatización industrial. Este dispositivo asegura un suministro de energía estable, protege contra sobrecargas y cortocircuitos. Se puede observar las características del LOGO! Power de Siemens, la cual muestra detallada las especificaciones para el uso correcto del equipo e instalación.

Las fuentes de alimentación Siemens LOGO! Power son una opción versátil y eficiente para una variedad de aplicaciones industriales y comerciales, su diseño compacto y su facilidad de montaje en riel DIN las hacen ideales para entornos donde el espacio es limitado, es así que, la alta eficiencia energética no solo ayuda a reducir costos operativos, sino que también las convierte en una opción sostenible. La variedad de modelos disponibles permite elegir la opción que mejor se adapte a las necesidades específicas de voltaje y corriente de cada aplicación, por tanto, las características de protección robustas garantizan una operación segura y confiable, lo cual es crucial en entornos industriales. Según (**DIRECT INDUSTRY**, 2024). "Además, la capacidad de operar en un amplio rango de temperaturas y las certificaciones internacionales aseguran que estas fuentes de alimentación puedan utilizarse en diversas condiciones y regiones del mundo, lo que añade un valor significativo para los clientes globales". La capacidad de operar en un amplio rango de temperaturas y contar con certificaciones internacionales aumenta considerablemente el valor de las fuentes de alimentación para los clientes globales. Estas características garantizan un rendimiento fiable en diversas condiciones ambientales y aseguran el cumplimiento de estándares de seguridad y calidad reconocidos a nivel mundial, así, no solo refuerza la confianza del cliente en la durabilidad y desempeño del producto, sino que también simplifica la logística y el cumplimiento normativo en proyectos internacionales, haciendo de estas fuentes de alimentación una opción atractiva y segura para aplicaciones industriales en todo el mundo.

La amplia gama de modelos disponibles permite seleccionar la opción que mejor se ajuste a las necesidades específicas de voltaje y corriente de cada aplicación. Sus características de protección robustas aseguran una operación segura y confiable, lo cual es crucial en entornos industriales. La capacidad de operar en un amplio rango de temperaturas y las certificaciones internacionales garantizan que estas fuentes de alimentación puedan utilizarse en diversas condiciones y regiones del mundo, añadiendo un valor significativo para los clientes globales. (SIEMENS, 2023).

La disponibilidad de una amplia gama de modelos permite a los usuarios elegir la opción que mejor se adapte a sus necesidades específicas de voltaje y corriente. Las características robustas de protección aseguran un funcionamiento seguro y confiable, especialmente importante en entornos industriales, además, la capacidad de operar en un amplio rango de temperaturas y las certificaciones internacionales aseguran que estas fuentes de alimentación puedan utilizarse

7

en diversas condiciones ambientales y regiones del mundo, lo que añade un valor significativo para los clientes globales. Se puede visualizar en la figura 3 el dispositivo con sus características.

		CARACTERÍSTICAS	
		Тіро	AC/DC
1111	111 000a	Producción	estabilizado
INPUTAC 100-240V	11111	Tecnologia	traspuesta
	OUTPUT DC SVE 74	Red	fase única
		Montaje	Riel DIN
TIVIENS	LOCOLE	Certificaciones	CE
	COGOIPower	Aplicaciones	Para aplicaciones industriales
		Otras características	Alto Voltaje
	14	Voltaje de entrada	Máx.: 240 V
			Min.: 100 V
		Tensión de salida	5 voltios
12/13/16/13/13	SV O.K	Actual	3 A, 6,3 A
		Fuerza	15 W, 31,5 W
		Frecuencia de salida	50 Hz, 60 Hz

Figura 3. LOGO! Power (SIEMENS).

Nota: (ACON SOLUTIONS, 2023) Indica "LOGO! Power de Siemens

4.4 PLC SIMATIC S7-1200 (Siemens)

Es una solución sumamente adaptable y eficiente para la automatización y control de procesos industriales, su arquitectura modular permite a los usuarios añadir módulos de expansión según sea necesario, lo que facilita la personalización del sistema a diferentes requisitos de entrada y salida, además, cuenta con capacidades de comunicación integradas como PROFINET y admite otros protocolos como Modbus TCP/IP, asegurando una conectividad amplia y eficaz con diversos dispositivos y sistemas en una red industrial (PROFIBUS, 2023).

Es una solución adaptable y eficiente para la automatización y control de procesos industriales, con una arquitectura modular que permite añadir módulos de expansión según las necesidades, también, incluye capacidades de comunicación integradas como PROFINET y es compatible con Modbus TCP/IP, garantizando una conectividad amplia y eficaz en redes industriales.

El S7-1200 se destaca por su interfaz de usuario intuitiva ofrecida a través del software TIA Portal, lo que facilita la programación y configuración del PLC, reduciendo el tiempo de desarrollo y simplificando la implementación de proyectos de automatización, además, incluye funciones avanzadas como control PID, generación de señales PWM y temporización y contaje, lo que lo hace adecuado para aplicaciones complejas que requieren un control preciso y confiable, también incorpora características de seguridad que protegen contra el acceso no autorizado y garantizan la integridad del sistema en entornos industriales exigentes. Los beneficios del PLC SIMATIC S7-1200 son múltiples. Su diseño modular permite un crecimiento escalable según las necesidades de la aplicación, optimizando la inversión inicial y proporcionando una ruta clara para futuras expansiones. La capacidad de comunicación integrada facilita la creación de sistemas automatizados complejos y mejora la interoperabilidad. Además, las herramientas avanzadas de diagnóstico y programación reducen el tiempo de desarrollo, instalación y mantenimiento, disminuyendo los costos operativos, así como, su diseñado para entornos industriales, ofrece alta fiabilidad y resistencia, garantizando un funcionamiento continuo y minimizando el riesgo de fallos que puedan interrumpir la producción. (PROGRAMACIÓNSIEMENS, 2023).

El S7-1200 se distingue por su interfaz intuitiva mediante el software TIA Portal, que simplifica la programación y configuración del PLC, reduciendo el tiempo de desarrollo y facilitando la implementación de proyectos de automatización, ofrece funciones avanzadas como control PID, generación de señales PWM, y temporización y conteo, adecuadas para aplicaciones complejas. Su diseño modular permite un crecimiento escalable, optimizando la inversión inicial

9

y permitiendo futuras expansiones. La capacidad de comunicación integrada mejora la interoperabilidad en sistemas automatizados complejos, además, las herramientas avanzadas de diagnóstico y programación reducen los costos operativos. Se puede observar en la siguiente figura 4 el dispositivo y sus características.



General information	
Product type designation	CPU 1217C DC/DC/DC
Firmware version	V4.2
Engineering with	
Programming package	STEP 7 V14 or higher
Supply voltage	
Rated value (DC)	
• 24 V DC	Yes
permissible range, lower limit (DC)	20.4 V
permissible range, upper limit (DC)	28.8 V
Reverse polarity protection	Yes
Load voltage L+	
 Rated value (DC) 	24 V
 permissible range, lower limit (DC) 	20.4 V
• permissible range, upper limit (DC)	28.8 V
Input current	
Current consumption (rated value)	600 mA; CPU only
Current consumption, max.	1 600 mA; CPU with all expansion modules

Figura 4. PLC SIMATIC S7-1200

Nota: (PLCKIT, 2022) Indica que "El PLC SIMATIC S7-1200, con su diseño modular y su interfaz intuitiva en TIA Portal, facilita la automatización eficiente y escalable en entornos industriales". Se puede visualizar sus características y especificaciones.

4.5 Transformador Monofásico de 5kVA

La empresa (**INELDEC**, **2024**), indica que "El transformador monofásico autoprotegido convencional de 5 kVA trae con sigo elementos de protección tanto internos como externos para aislarlo de la red cuando ocurra alguna falla".

El transformador monofásico autoprotegido convencional de 5 kVA está diseñado para proporcionar una solución confiable y duradera en la distribución de energía eléctrica en aplicaciones residenciales y comerciales. Con su capacidad de 5 kVA, es adecuado para alimentar equipos y sistemas que requieren una potencia moderada, además, la función de autoprotección incorporada añade una capa extra de seguridad, resguardando el transformador contra sobrecargas, cortocircuitos y fluctuaciones de tensión, lo que ayuda a evitar daños y garantiza un funcionamiento estable, su diseño convencional permite una integración sencilla en sistemas eléctricos existentes sin necesidad de ajustes complicados. Fabricado para cumplir con estándares de calidad y seguridad, ofrece un rendimiento fiable y prolongado, es así que, la facilidad de instalación y mantenimiento reduce costos operativos y asegura una rápida puesta en marcha.

Para niveles de tensión de transformadores según (CALLE, 2013) "el sistema ecuatoriano en forma general, se manejan bajo voltajes de distribución de 240/120V y de medio voltaje de 6.3kV, 13.8kV y de 22kV" el sistema eléctrico ecuatoriano se utilizan dos niveles de voltaje principales. El primero es para la distribución de electricidad, que maneja voltajes de 240/120V, utilizados para suministrar energía a residencias y pequeñas empresas. El segundo nivel es de subtransmisión, que maneja un voltaje de 69kV, utilizado para transportar electricidad a largas distancias y para alimentar subestaciones que luego reducirán el voltaje para su distribución final.

El transformador monofásico de 5kVA, es un componente clave en los sistemas eléctricos, apreciado por su efectividad y su rol esencial, su operación se fundamenta en la inducción electromagnética. Aunque hay varios tipos de transformadores, la mayoría comparte características técnicas similares, que se detallan en su placa de datos, se examina la placa de

11

datos de transformador para comprender o refrescar el significado de cada uno de los atributos técnicos. (Trafomex, 2017). se puede observar una imagen de un transformador monofásico en la figura 5, adicional una especificación de parámetros en la tabla 1.

Tabla 1

Datos de placa para transformador monofásico de 5kVA

Transformador	Tipo autoprotegido
Potencia	5 kVA
Voltaje primario	13800- 7970 V
Voltaje secundario	240 – 120 V
Corriente nominal primaria	0.63 A
Corriente nominal secundaria	20.83 A
Frecuencia	60 Hz



Figura 5. Transformador Monofásico de 5kVA

Nota: (SISTEL, 2023) Se puede observar "Transformador monofásico autoprotegido de 5 kVA, ideal para aplicaciones residenciales y comerciales. Ofrece protección integrada contra sobrecargas y cortocircuitos, asegurando un suministro de energía fiable y estable. Su diseño convencional permite una fácil integración y mantenimiento".

Tabla 2

Tabla de valores de corriente y perdidas sin carga y con carga, (INEN, 2012).

	Clase medio voltaje \leq 25 kV _{f.f} / clase bajo voltaje \leq 1,2 kV _{f.f} referidos a 85° C						
Potencia Nominal kVA	l _。 (% de l _n)	P (Ŵ)	P. (W)	P, (Ŵ)	U _z (%		
3	2,5	21	70	91	3,		
5 10	2,5	31 52	91 142	122 194	3, 3, 3,		
15	2,4	68	192	260	3,		
25	2,0	98	289	387	3,		
50	2,0	160	512	672	3, 3,		
75	1,7	214	713	927	3,		
100	1,6	263	897	1 160	3,		

4.5.1 Prueba de vacío con el voltaje nominal en el secundario

La prueba de vacío, realizada aplicando el voltaje nominal al secundario del transformador, es una variación del método estándar. Esta prueba es útil, sobre todo cuando el secundario opera a una tensión más baja, lo que facilita la aplicación del voltaje y mejora la seguridad

- Aplicación del Voltaje:
- Conectar una fuente de alimentación al secundario y aplicar la tensión nominal correspondiente.
- Medición:
- Registrar la tensión aplicada al secundario.
- Medir la corriente en el secundario (I0), que será baja dado que el primario está desconectado y sin carga.
- Registrar la potencia consumida (P0) mostrada por el módulo.

• Pérdidas en el Núcleo: La potencia medida (P0) refleja principalmente las pérdidas en el núcleo, como las debidas a histéresis y corrientes parásitas. Dado que la corriente de vacío es baja, las pérdidas en el cobre son mínimas.

• Relación de Transformación: La comparación entre la tensión aplicada al secundario y la tensión inducida en el primario (si se mide) permite confirmar la relación de transformación del transformador.

Esta prueba permite cuantificar las pérdidas en el núcleo, lo que es crucial para entender el rendimiento del transformador sin carga (Alvarado, 2020).

4.5.2 Ensayo de Cortocircuito del transformador monofásico

La prueba de cortocircuito en un transformador monofásico se realiza para evaluar las pérdidas en el cobre y la impedancia equivalente del transformador. A continuación, se describen los pasos principales para realizar esta prueba:

- Conectar un cortocircuito en el secundario del transformador.
- Ajustar la tensión de la fuente hasta que el amperímetro indique la corriente nominal en el primario (I1N).
- Registrar las lecturas de voltaje de cc, corriente nominal, perdidas de cc, factor de potencia.
- Aplicación de Voltaje:

• Aumentar gradualmente la tensión en el primario desde la fuente de alimentación hasta que la corriente en el primario alcance su valor nominal. Es importante tener en cuenta que la tensión aplicada durante esta prueba es mucho menor que la tensión nominal del transformador.

• Medición:

• Registrar la tensión aplicada (Ucc) con el módulo.

• Registrar la potencia absorbida (Pcc) indicada por el módulo.

Esta prueba es esencial para analizar el rendimiento del transformador bajo condiciones de carga y ayuda a detectar cualquier problema potencial relacionado con la resistencia del devanado o la impedancia (Electronica Lugo, 2018).

4.6 Módulo didáctico de automatización con PLC S7-1200

Según (FACOGEM INDUSTRIAL S.R.L., 2024), "Un tablero eléctrico de automatización es aquel que está constituido por equipos electromagnéticos y cuya función es albergar diferentes dispositivos eléctricos y electrónicos que gobiernen la lógica y energicen cargas, tales como motores, generadores, máquinas de procesos, etc.". Un tablero eléctrico de automatización es una unidad estructuralmente diseñada para albergar y organizar equipos electromagnéticos, así como dispositivos eléctricos y electrónicos que regulan y gestionan sistemas eléctricos en diversas aplicaciones. Su función principal es centralizar la distribución y el control de energía para alimentar cargas como motores, generadores y maquinaria de procesos.

Los tableros son necesarias en la automatización industrial, facilitando la integración de componentes como controladores lógicos programables (PLC), relés, contactores e interruptores, los dispositivos colaboran para gestionar y automatizar los procesos, asegurando un funcionamiento eficiente y seguro de las máquinas y equipos.

Además de permitir una gestión eficaz de la energía y el control de los equipos, los tableros eléctricos de automatización garantizan una operación estable y segura, protegen contra fallos eléctricos y permiten el monitoreo y ajuste de los sistemas según las necesidades operativas, también suelen contar con protecciones contra sobrecargas, cortocircuitos y fallos de

15

tierra, así como opciones para diagnóstico y supervisión. Se puede visualizar el módulo de PLC en la figura 6.



Figura 6. Módulo de PLC

Nota: Se puede visualizar el módulo donde se encuentran los componentes necesarios para la programación y simulación del banco de pruebas de transformadores monofásicos de 5kVA.

4.7 Redes de comunicación industrial

Las redes de comunicación industrial son empleadas en los sistemas de control para transferir datos entre dispositivos de campo, entre distintos PLCs, o entre PLCs y computadoras personales utilizadas para la interfaz del operador, así como para el procesamiento, almacenamiento de datos e información de gestión (SICMA21, 2021).

En los sistemas de control modernos, las redes de comunicación industrial desempeñan un papel crucial al permitir la transmisión eficiente de datos entre los distintos componentes del sistema, estas redes facilitan la conexión entre los dispositivos de campo, como sensores y actuadores, y los controladores lógicos programables (PLCs), que se encargan de gestionar y automatizar los procesos. La interconexión entre varios PLCs y su enlace con computadoras personales es otra función vital de estas redes. Las computadoras personales se utilizan para proporcionar una interfaz para el operador, permitiendo la supervisión y control de los procesos, además, son esenciales para el procesamiento y almacenamiento de datos, lo que resulta indispensable para la gestión efectiva y la toma de decisiones informadas. Se observa en la figura 7 tipos de redes de conexiones.



Figura 7. Redes y conexiones de comunicaciones industriales. (IzqElec, 2015).

Nota: La imagen muestra la complejidad y vital importancia de las redes y conexiones en las comunicaciones industriales. Los mencionados sistemas permiten la transmisión eficiente de datos entre dispositivos de campo, controladores lógicos programables (PLCs) y computadoras personales.

4.8 Comunicación Maestro-Esclavo

Según (PINEDA, 2015) indica que el modelo maestro-esclavo es un protocolo de comunicación en el cual un dispositivo o proceso, denominado maestro, controla a uno o más dispositivos o procesos conocidos como esclavos, en este tipo de comunicación, el maestro siempre inicia la comunicación, mientras que los esclavos solo pueden responder a las solicitudes del maestro, de manera específica, el maestro gestiona la red y actúa como mediador, consultando periódicamente a cada esclavo para determinar si se requiere alguna acción, es así que, los dispositivos esclavos pueden responder con solicitudes al maestro si necesitan algo.

En la programación de PLC, los términos "maestro" y "esclavo" se utilizan para describir la estructura de comunicación entre dispositivos. El maestro actúa como el controlador principal, gestionando la red al enviar comandos y solicitar datos a los esclavos, quienes responden a estas solicitudes, este controlador principal coordina y sincroniza la red, procesando la lógica de control y tomando decisiones con base en la información obtenida de los esclavos.

Por otro lado, los dispositivos esclavos no inician la comunicación, sino que esperan recibir instrucciones del maestro, ejecutan los comandos recibidos y proporcionan la información solicitada, como datos de sensores o estados de dispositivos. A diferencia del maestro, los esclavos tienen funciones específicas y limitadas, y su operación depende de las instrucciones emitidas por el maestro. En la figura 8 se puede observar la como es una comunicación maestro esclavo.



Figura 8. Diagrama de secuencia Maestro-Esclavo (PINEDA, 2015).

Nota: Se puede observar que ilustra el modelo de comunicación maestro-esclavo, donde un dispositivo maestro controla uno o más dispositivos esclavos, adicional el maestro es el encargado de iniciar todas las comunicaciones y administrar la red.
V MARCO METODOLÓGICO

La simulación se llevará a cabo empleando una metodología tanto experimental como computacional, utilizando las herramientas de simulación y programación disponibles en TIA Portal, HMI y PLC.

Esta simulación del banco de pruebas y control de calidad para transformadores monofásicos de 5kVA dispone de dos pruebas para dicho transformador; el primero es una prueba de carga en vacío en la cual se inyecta voltaje, mientras que la segunda es una prueba de cortocircuito se inyecta amperaje, es decir que se pretende simular ambas pruebas para los transformadores obteniendo las lecturas de pérdidas de núcleo, voltajes, frecuencia, temperaturas y corrientes. Las cuales mediante los bloques de funciones de TIA Portal se va a calcular y aproximar los datos de las pruebas realizadas en base las normas del Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) para los transformadores de distribución monofásicos de 5kVA.

Para las gráficas de la simulación se podrá visualizar mediante el hardware SIMATIC HMI (KTP-700). Según (INEN, 2012), "los parámetros de la potencia nominal del transformador de 5kVA, voltaje nominal de 240V, e intensidad de 2.5A"; Se ha considerado para los rangos que se observará en la pantalla HMI que será subministrados desde los bloques de organización de TIA Portal.

En las propiedades del software de TIA Portal; se han establecido proyectos para realizar la programación en la cual se requiere de un PLC_1(CPU 1214C DC/DC/DC), que se utilizará de forma física y en la simulación. (AUTYCOM, 2024) indica que el^{..} SIMATIC S7-1200 es un controlador básico compacto, específicamente el modelo CPU 1214C DC/DC/DC. Este modelo incluye 14 entradas digitales (DI) de 24 V DC, 10 salidas digitales (DO) de 24 V DC y 2 entradas analógicas (AI) de 0-10V DC. Funciona con una alimentación de 20,4-28,8V DC y

20

dispone de una memoria de programa y datos de 100 KB^{..} En la figura 9 se puede visualizar el diagrama de flujo general del proyecto basado en la interfaz de TIA Portal.



Figura 9. Diagrama de Flujo del Proceso general.

Nota: Se realiza un diagrama de flujo para explicar el paso a paso general del proceso de la programación y simulación de este proyecto.

Mediante la comunicación Maestro-Esclavo se enlaza dos PLC y dos HMI para la programación del banco de pruebas para transformadores, ya que es necesario para desarrollar y visualizar el procedimiento en las etapas del proceso.

5.1 Creación de los bloques de programación del PLC 1 en TIA PORTAL

Se realizó la programación en lenguaje KOP que se aplicó en este trabajo de titulación. En la sección titulada "PLC_1" se encuentran todos los bloques de programa y bloques de datos empleados para esta simulación, como se muestra en la figura 10.



Figura 10. Bloques del programa

5.1.1 Desarrollo de Bloques de Programación del PLC 1 en TIA Portal

Se generaron 4 bloques de función (FC) para almacenar la programación en el PLC 1 maestro. Para crear los mencionados bloques, se debe hacer clic en la opción "Agregar nuevo bloque", seleccionar el bloque de función "FC", el cual se identifica por su color verde. Después de seleccionar el bloque, se le asigna un nombre, como se muestra en la figura 11.



Figura 11. Bloque FC del PLC 1.

Así mismo, fue necesario crear 3 bloques de datos (DB) para almacenar las variables que se utilizarán para lectura y/o escritura en cualquier parte del programa. Para aquello, se deben seguir los mismos pasos utilizados para la creación de los bloques de función (FC), pero con la diferencia de que, al hacer clic en "agregar nuevo bloque", se debe seleccionar la opción "bloque de datos". Después de aquello, también se le debe asignar un nombre, figura 12.



Figura 12. Bloque DB del PLC 1.

5.1.2 Programación KOP en el bloque General [FC2]

5.1.2.1 Sistema de protección Paro de emergencia

De acuerdo con la norma EN ISO 13850, la parada de emergencia se utiliza para prevenir situaciones peligrosas para las personas, evitar daños a la maquinaria o a los trabajos en curso, y reducir los riesgos presentes, esta función debe activarse con una sola acción por parte de una persona (EUCHNER, 2022).

La parada de emergencia tiene como objetivo principal evitar situaciones peligrosas para las personas, así como prevenir daños a las máquinas o a los trabajos que se están realizando, esta función es crucial para minimizar cualquier riesgo existente en el entorno de trabajo, además, es importante que la parada de emergencia se pueda activar de manera rápida y sencilla, con solo una acción de una persona, de este modo, se asegura una respuesta inmediata ante cualquier incidente que pueda poner en peligro la seguridad.

En base a las investigaciones realizadas, se procede a automatizar un sistema de protección de parado de emergencia, el cual dejará inhabilitado el proceso completo a cualquier instancia siempre y cuando la ocasión lo amerite.

En el segmento 1, se implementó inicialmente un mecanismo para el "paro de emergencia", se empleó un bloque "set/reset" junto con dos contactos: un contacto abierto y un contacto cerrado, la marca M0.1 es un bit de memoria interna del PLC 1, sería la entrada física y ambas están conectadas a una salida física Q0.0 y de memoria DB2.DBX0.1, se realiza con el fin de accionar el paro de emergencia en un botón del HMI o un pulsador corporal. Se repite en base al mismo procedimiento, pero para desactivación del paro de emergencia con distintas marcas M0.2 y entradas I0.1, figura 13.



Figura 13. Sistema de Protección de Emergencia.

5.1.2.2 Programación ON/OFF para encendido y apagado de los transformadores.

Se realiza la programación ON/OFF para controlar dispositivos eléctricos utilizados para encender y apagar mediante señales digitales. Es útil para automatizar el proceso, asegurar la operación segura de equipos en este caso de transformadores monofásicos, se realiza configurando las entradas y salidas en el PLC, se programa la lógica para activar o desactivar los dispositivos según las condiciones establecidas. Se simplifica el control y la gestión de sistemas automatizados.

En el segmento 2 se representan los contactos y bobinas que controlan el encendido (NO) y apagado (NC) de los trasformadores. Se desglosa lo que hace cada línea del diagrama:

1. Transformador ON:

-M0.3 "Transformador 1 ON": Este contacto normalmente abierto (NO) se cierra cuando el transformador 1 está encendido.

DB2.DBX0.2 "Transformador 1 ON/OFF": Esta bobina se activa para encender o apagar el transformador 1.

2. Transformador ON:

-M0.4 "Transformador 2 ON": Este contacto normalmente abierto (NO) se cierra cuando el transformador 2 está encendido.

DB2.DBX0.3 "Transformador 2 ON/OFF": Esta bobina se activa para encender o apagar el transformador 2.

3. Transformador ON:

-M0.5 "Transformador 3 ON": Este contacto normalmente abierto (NO) se cierra cuando el transformador 3 está encendido.

DB2.DBX0.4 "Transformador 3 ON/OFF": Esta bobina se activa para encender o apagar el transformador 3.

4. Transformador ON:

-M0.6 "Transformador 4 ON": Este contacto normalmente abierto (NO) se cierra cuando el transformador 4 está encendido.

DB2.DBX0.5 "Transformador 4 ON/OFF": Esta bobina se activa para encender o apagar el transformador 4.

5. Transformador ON:

-M0.7 "Transformador 5 ON": Este contacto normalmente abierto (NO) se cierra cuando el transformador 5 está encendido.

DB2.DBX0.6 "Transformador 5 ON/OFF": Esta bobina se activa para encender o apagar el transformador 5.

6. Transformador ON:

-M1.0 "Transformador 6 ON": Este contacto normalmente abierto (NO) se cierra cuando el transformador 6 está encendido.

DB2.DBX0.7 "Transformador 6 ON/OFF": Esta bobina se activa para encender o apagar el transformador 6, figura 14.



Figura 14. Programación ON para transformadores en PLC_1

1. Transformador OFF:

-M0.3 "Transformador 1 OFF": Este contacto normalmente cerrado (NC) se abre cuando el transformador 1 está apagado.

DB2.DBX0.2 "Transformador 1 ON/OFF": Esta bobina se activa para encender o apagar el transformador 1.

2. Transformador OFF:

-M0.4 "Transformador 2 OFF": Este contacto normalmente cerrado (NC) se abre cuando el transformador 2 está apagado.

DB2.DBX0.3 "Transformador 2 ON/OFF": Esta bobina se activa para encender o apagar el transformador 2.

3. Transformador OFF:

-M0.5 "Transformador 3 ON": Este contacto normalmente cerrado (NC) se abre cuando el transformador 3 está apagado.

DB2.DBX0.4 "Transformador 3 ON/OFF": Esta bobina se activa para encender o apagar el transformador 3.

4. Transformador OFF:

-M0.6 "Transformador 4 ON": Este contacto normalmente cerrado (NC) se abre cuando el transformador 4 está apagado.

DB2.DBX0.5 "Transformador 4 ON/OFF": Esta bobina se activa para encender o apagar el transformador 4.

5. Transformador OFF:

-M0.7 "Transformador 5 ON": Este contacto normalmente cerrado (NC) se abre cuando el transformador 5 está apagado.

DB2.DBX0.6 "Transformador 5 ON/OFF": Esta bobina se activa para encender o apagar el transformador 5.

6. Transformador OFF:

-M1.0 "Transformador 6 ON": Este contacto normalmente cerrado (NC) se abre cuando el transformador 6 está apagado.

DB2.DBX0.7 "Transformador 6 ON/OFF": Esta bobina se activa para encender o apagar el transformador 6, figura 15.



Figura 15. Programación OFF para transformadores en PLC_1.

5.1.2.3 Programación de Potenciómetros

Un potenciómetro es un resistor con resistencia variable ajustable manualmente, que se utiliza en circuitos de baja corriente, tiene tres terminales y controla niveles de salida en dispositivos como altavoces (volumen) y monitores (brillo), su valor, medido en ohmios (Ω), indica la resistencia máxima que puede alcanzar, y puede variar desde 0 Ω hasta ese valor máximo, por ejemplo, 10K Ω (INGEMECAFENIX, 2017).

Un potenciómetro es un componente eléctrico que se puede ajustar manualmente para cambiar su resistencia, se utiliza en circuitos con poca corriente y tiene tres conexiones, en dispositivos como altavoces y monitores, permite controlar funciones como el volumen o el brillo. Se utilizan bloques de función para convertir los valores de los potenciómetros de un formato a otro, se procede a desglosar lo que hace cada parte del diagrama:

Se puede observar dos conjuntos de bloques de función:

Primer Conjunto Potenciómetro 1:

Normalización: Entrada: IW64 (el valor leído del potenciómetro). Rango de entrada: 0 a

29500. Salida: MD2 (el valor normalizado en formato real).

Escalado: Entrada: MD2. Rango de salida: 0 a 300. Salida: DB1.DBW2 (el valor

escalado en formato entero, que representa la tensión de alimentación).

Segundo Conjunto Potenciómetro 2:

Normalización: Entrada: IW66 (el valor leído del potenciómetro). Rango de entrada: 0 a

29500.Salida: MD10 (el valor normalizado en formato real).

Escalado: Entrada: MD10.Rango de salida: 0 a 200. Salida: DB1.DBW4 (el valor

escalado en formato entero, que representa la corriente de alimentación).

En la figura 16, muestra la toma de valores de los potenciómetros, se normalizan a un rango de valores reales y luego se escalan a un rango de valores enteros para representar variables específicas como la tensión y la corriente de alimentación.



Figura 16. Normalización y escalado de los potenciómetros.

5.1.2.4 Programación estados de transformadores

Cuando se fuerza la activación del transformador 1 DB2.DBX0.2 "Transformador 1

ON/OFF" el contacto se cierra, después se puede elegir la prueba que sea necesaria, entre DB2.DBX0.0 "Cableado CV" (Prueba de vacío) y DB2.DBX2.4 "Cableado CC" (prueba de cortocircuito), figura 17.



Figura 17. Programación estados de transformadores.

Nota: Se realiza exactamente el mismo proceso con los siguientes transformadores donde se colocan las variables y se elige la prueba que se requiere solicitar.

5.1.2.5 Rango de corriente entre 0 a 1

En el segmento 5 de la figura 18, se efectúa el escalar de manera repetitiva para los valores de corrientes, entrada: DB1.DBW4 "Corriente alimentación" entre valores de 0 y máximo de 1.



Figura 18. Rango de valores de corriente.

5.1.2.6 Parámetros para elegir valores entre 5 y 10 kVA

Como seguridad se debe elegir valores de potencias de transformadores de 5 kVA y 10 kVA, se configuran los bloques "OUT_RANGE" para los mencionados parámetros, su entrada DB1.DBW "Potencia Transformador" y su salida M53.4 "Parámetro Transf" que no permitirá más valores que no sean solo 5 y 10, figura 19.



Figura 19. Rango para la potencia de los transformadores.

5.2 Programación KOP en el bloque Prueba Cortocircuito [FC3]

5.2.1 Estados de pruebas de cortocircuito

En el segmento 1 se puede observar que al no estar activado el paro de emergencia de variable: DB2.DBX0.1 "PE" se elige la prueba contacto M1.7 "Prueba cc" y se activa la bobina (set) DB2.DBX2.4 "Cableado CC", se activa una luz led cuya variable es Q0.2 "Tag_30", en caso de que se active la prueba de vacío. M0.0 "prueba Carga Vacío" automáticamente con la bobina (reset) se logra des habilitar la prueba de cortocircuito DB2.DBX2.4 "Cableado CC" y también su luz led Q0.2 "Tag_30", figura 20.



Figura 20. Estado de la prueba de cortocircuito.

5.2.2 Operación de tensión con bloques en TIA Portal

Al activarse la bobina DB2.DBX2.4 "Cableado CC" da paso a las operaciones con los valores que parametrizan en la programación, la corriente DB1.DBW4 "Corriente alimentación" y el factor de potencia DB1.DBW14 "Factor de potencia" se multiplican en conjunto del bloque "MUL", su resultado será la variable MW38 "Tag_18", luego se divide con la potencia del

transformador DB1.DBW6. "Potencia Transformador". Dando como resultado la tensión del trasformador, figura 21.



Figura 21. Operación de tensión de cortocircuito.

5.2.3 Operación Perdidas de cortocircuito

En base al mismo método y activación de la prueba de cortocircuito DB2.DBX2.4 "Cableado CC" y el transformador 1 DB2.DBX0.2 "Transformador 1 ON/OFF" se realiza la multiplicación de la tensión DB20.DBD12."resultado tensi", el factor de potencia DB20.DBD8 "facpot" y la corriente "real.re6" con el bloque "MUL" su resultado DB1.DBW44."Resultado1 PerCC" es el resultado de las pérdidas de cortocircuito, figura 22.



Figura 22.. Operación Perdidas de cortocircuito.

5.2.4 Programación KOP en el bloque Comunicación [FC4]

Se muestran 3 bloques PUT que se utilizan en el programa, que servirá para enviar datos del PLC 1 al PLC 2, en donde las variables P#DB6.DBX0.0 INT 36, P#DB7.DBX0.0 INT 35, P#DB21.DBX0.0 REAL 5. Del ADRR_1 son las direcciones de origen de los datos desde donde se debe leer, y P#DB1.DBX0.0 INT 36, P#DB5.DBX0.0 INT 35, P#DB20.DBX0.0 REAL 5. Del SD_1, es la dirección de inicio de los datos donde se escribirán, figura 23.



Figura 23. Bloques PUT.

5.3 Programación KOP en el bloque Prueba Carga Vacío [FC1]

En el segmento 1, se puede observar que al no estar activado el paro de emergencia de variable: DB2.DBX0.1 "PE" se elige la prueba contacto M0.0 "Prueba carga vacío" y se activa la bobina (set) DB2.DBX0.0 "Cableado CV" a su vez se activa una luz led cuya variable es Q0.1, "Tag_29", en caso de que se proceda a activar la prueba de vacío M1.7, "prueba CC" automáticamente con la bobina (reset) se deshabilita la prueba de carga vacío DB2.DBX0.0 "Cableado CV" y también su luz led Q0.1 "Tag_29", figura 24.



Figura 24. Bloque Prueba Carga Vacío.

5.3.1 Operación de corriente con bloques en TIA PORTAL

Al activarse la bobina DB2.DBX0.0 "Cableado CV" da paso a las operaciones con los valores que se parametrizan en la programación, la tensión DB1.DBW2 "tensión de alimentación" y el factor de potencia DB1.DBW14 "Factor de potencia" se multiplican con el bloque "MUL" su resultado será la variable MW18 "Tag_9" luego se divide con la potencia del transformador DB1.DBW6. "Potencia Transformador". Dando como resultado la corriente del trasformador DB1.DBW68 "Resultado Corriente CV", figura 25.



Figura 25. estado de la prueba de carga vació.

5.3.2 Operación Perdidas de vacío – perdidas del núcleo

Aplicando el mismo método y una vez activada la prueba de cortocircuito DB2.DBX0.0 "Cableado CV" y el transformador 1 DB2.DBX0.2 "Transformador 1 ON/OFF" se realiza la multiplicación de la tensión DB1.DBW2 "tensión de alimentación" el factor de potencia DB20.DBD8 "facpot" y la corriente DB20.DBD0 "Resultado corriente" con el bloque "MUL" su resultado DB1.DBW18."Resultado1 PerCV" serían las pérdidas de vacío, figura 26.



Figura 26. Operaciones perdidas de vacío.

Nota: Se realiza la misma operación para los 6 transformadores, cambia la variable de entrada DB2.DBX0.2 "Transformador 1 ON/OFF", DB2.DBX0.3 "Transformador 2 ON/OFF", DB2.DBX0.4 "Transformador 3 ON/OFF", DB2.DBX0.4 "Transformador 4 ON/OFF", DB2.DBX0.5 "Transformador 4 ON/OFF", DB2.DBX0.6 "Transformador 5 ON/OFF", DB2.DBX0.7 "Transformador 6 ON/OFF" y sus variables de salida ."Resultado1 PerCV", "Resultado2 PerCV", "Resultado3 PerCV", ",."Resultado4 PerCV", ",."Resultado5 PerCV", ",."Resultado6 PerCV".

5.4 Creación de bloques de datos Int [DB1]

En la sección llamada «*static* «, es donde se puede crear todas las variables que se necesitan, en la sección «Name» crea la variable asignándole el nombre que se requiere y en la sección «Data type «, se selecciona el tipo del que se solicita para la variable, en este caso se ha creado variables de tipo enteros "int", figura 27.

Project tree	П	4	Te	sis_T	ransformadores_Monof	ásicos → PLC_1 [(CPU 1214	C DC/DC/DC])	Program b	locks → Int [l	DB1]		- 1	₹∎X
Devices														
		3	10	-	🐛 🋃 🚬 🤓 Keep ad	tual values 🔒 Si	napshot	🐴 🔍 Copy si	napshots to sta	irt values 🛛 👷	8.			2
	-			Int						_				
▼ Tasis Transformadores Monofásicos		~		N	ame	Data type	Offset	Start value	Retain	Accessible f.	Writa	Visible in	Setpoint	
Add new device	-		1	-	Static									~
H Devices & networks			2	-	Tension nominal	Int	0.0	0						-
▼ 1 PLC_1 [CPU 1214C DC/DC/DC]			3	-	Tension alimentacion	Int	2.0	0	Ä					
Device configuration	100		4	-	Corriente alimentacion	Int	4.0	0	Ă				- File	
🖞 Online & diagnostics		Ш	5	-	Potencia Transformado	r Int	6.0	0	Ā					_
🔻 📴 Program blocks			6	-	Perdidas de cortocircu.	. Int	8.0	0	Ā					=
Add new block			7	-	Perdidas de carga vaci	a Int	10.0	0	Ā					
📲 Main [OB1]			8	-	Corriente nominal	Int	12.0	0	(and					
👍 Comunicacion [FC4]	•		9		Factor de potencia	Int	14.0	0	Ō					
🖀 General [FC2]	•		10	-	Temperatura max.	Int	16.0	0	(con-					
🚁 Prueba Carga Vaci [FC1]	•		11	-	Resultado1 PerCV	Int	18.0	0						100
🔹 Prueba Cortocircuito [FC3]	•		12	-	Resultado2 PerCV	Int	20.0	0						
Bool [DB2]	•		13	-	Resultado3 PerCV	Int	22.0	0						
🧧 Bool-Int [DB5]	•		14	-	Resultado4 PerCV	Int	24.0	0						
📒 Int [DB1]			15	-	Resultado5 PerCV	Int	26.0	0						
🧧 newreal [DB20]			16	-	Resultado6 PerCV	Int	28.0	0						
🧧 real [DB15]	•		17	-	Resultado1 TemCV	Int	30.0	0						
System blocks	•		18	-	Resultado2 TemCV	Int	32.0	0						
🕨 📴 Technology objects			19	-	Resultado3 TemCV	Int	34.0	0						100
🕨 🛅 External source files			20	-	Resultado4 TemCV	Int	36.0	0						
🕨 🔚 PLC tags			21	-	Resultado5 TemCV	Int	38.0	0						
🕨 🛅 PLC data types			22	-	Resultado6 TemCV	Int	40.0	0						
Watch and force tables			23	- -	Resultado TensionCC	Int	42.0	0	Ā					~
Online backups				<				III				All she	1000	>

Figura 27. Datos Int [DB1].

5.5 Creación de bloques de datos Bool-Int [DB5]

En la sección llamada «static», se crean todas las variables que se necesitan, en la sección «Name» se crea la variable asignándole el nombre que se solicite y en la sección «Data type «, se selecciona el tipo que se desea la variable, en este caso se crean las variables de tipo enteros "int", figura 28.

Project tree		I T	esis_7	Transformadores_Mon	ofásicos ► PLC_1	[CPU 1214	C DC/DC/DC]	Program b	locks 🕨 Bool-	Int [DB5]	_	∎≡×
Devices												
12M		•	ø 👳	🐛 🍢 🚞 😤 Keej	pactual values 🔒	Snapshot	🐴 🖳 Copys	napshots to st	art values 🛛 👷	s. •		
			Boo	l-Int								
 Tesis_Transformadores_Monofásicos 		^	1	Name	Data type	Offset	Start value	Retain	Accessible f	Writa Visible	e in Setpoint	
📑 Add new device		1		 Static 								^
📥 Devices & networks		2	-00	Trans1 Estado	Int	0.0	0				2	
PLC_1 [CPU 1214C DC/DC/DC]		3		Trans2 Estado	Int	2.0	0				2 🖂	
T Device configuration		4		Trans3 Estado	Int	4.0	0				2 🖂	
😓 Online & diagnostics		≣ 5		Trans4 Estado	Int	6.0	0				2	
🔻 🔂 Program blocks	•	6	-	Trans5 Estado	Int	8.0	0				2 🖂	=
Add new block		7	-	Trans6 Estado	Int	10.0	0				1	
- Main [OB1]	•	8	-00	PE Estado	Int	12.0	0				2 🗍	
Comunication [FC4]	•	9	-	Sobretensión	Int	14.0	0				2	
General [FC2]	•	1	0 🕣 1	Prueba CV Estado	Int	16.0	0				1	
🔹 Prueba Carga Vaci [FC1]	•	1	1 -0	PCV1 Estado	Int	18.0	0				2	
Trueba Cortocircuito [FC3]	•	1	2 -	PCV2 Estado	Int	20.0	0				2 🖂	
Bool [DB2]	•	1	3 🕣 1	PCV3 Estado	Int	22.0	0				7	
Bool-Int [DB5]	•	1	4 🕣 1	PCV4 Estado	Int	24.0	0				2 🖂	
📒 Int [DB1]	•	1	5 🕣 1	PCV5 Estado	Int	26.0	0				7	1.1
📋 newreal [DB20]	•	1	6 🕣 1	PCV6 Estado	Int	28.0	0	Ā			A 🗍	
🧧 real [DB15]	•	1	7 🕣 1	TCV1 Estado	Int	30.0	0				2	
System blocks	•	1	8 📶 1	TCV2 Estado	Int	32.0	0				7	
Technology objects		1	9 🕣 1	TCV3 Estado	Int	34.0	0				2	
External source files		2	0 🕣 1	TCV4 Estado	Int	36.0	0				2 🖂	
PLC tags	•	2	1 📶 1	TCV5 Estado	Int	38.0	0	Ó			2 0	
PLC data types		2	2 🕣 1	TCV6 Estado	Int	40.0	0				2	
Watch and force tables		2	3 📶 1	Sobrecorriente	Int	42.0	0				a	~
🕨 📴 Online backups			<				Ш				1	>

Figura 28. Bool-Int [DB5].

5.6 Generación de bloques de datos Bool [DB2]

En la sección llamada «static», se pueden crear las variables que se necesitan, solo se puede seleccionar el tipo de variable ya sea verdadero o falso, en este caso se ha creado variables de tipo "Bool", se le puede nominar nombres únicos a estas variables, figura 29.

Project tree			Te	sis_T	ransformadore	s_Monofá	ísicos → PLC_1	I [CPI	U 1214	C DC/DC/DC] →	Program b	locks 🕨 Bool	[DB2]			∎ ≡ ×
Devices																
		3	1			Keep ac	tual values 🛛 🔒	Sna	pshot ^I	🖷 🔍 Copysi	napshots to sta	art values 🛛 🕅				
4				Bool												
 Tesis_Transformadores_Monofásicos 	2 •	~		N	lame		Data type		Offset	Start value	Retain	Accessible f	Writa	Visible in	Setpoint	
Add new device			1	-	Static											^
Devices & networks			2		Cableado C	/	Bool		0.0	false						
PLC_1 [CPU 1214C DC/DC/DC]	V O		З	-	PE		Bool		0.1	false						
Device configuration			4	-	Transformad	lor 1 ON/	Bool		0.2	false						
🛂 Online & diagnostics		=	5	-	Transformad	lor 2 ON/	Bool		0.3	false						
🔻 🙀 Program blocks	•		6	-	Transformad	lor 3 ON/	Bool		0.4	false						=
Add new block			7	-	Transformad	for 4 ON/	Bool		0.5	false						
Hain [OB1]	•		8	-	Transformad	lor 5 ON/	Bool		0.6	false						
Comunication [FC4]	•		9		Transformad	lor 6 ON/	Bool		0.7	false						
General [FC2]			10	-	Resultado1	PCV ON/OFF	Bool		1.0	false						
🖀 Prueba Carga Vaci [FC1]	•		11	-	Resultado2	PCV ON/OFF	Bool		1.1	false						
🐲 Prueba Cortocircuito [FC3]			12		Resultado3	PCV ON/OFF	Bool		1.2	false						
Bool [DB2]			13	-	Resultado4	PCV ON/OFF	Bool		1.3	false						
Bool-Int [DB5]			14	-	Resultado5	PCV ON/OFF	Bool		1.4	false						
📋 Int [DB1]	•		15		Resultado6	PCV ON/OFF	Bool		1.5	false						
e newreal [DB20]	•		16	-	Resultado1	TCV ON/OFF	Bool		1.6	false						
🧧 real [DB15]	•		17		Resultado2	TCV ON/OFF	Bool		1.7	false						
System blocks			18		Resultado3	TCV ON/OFF	Bool		2.0	false	-					
Technology objects			19	-	Resultado4	TCV ON/OFF	Bool		2.1	false						
External source files			20	-	Resultado5	TCV ON/OFF	Bool		2.2	false						
PLC tags			21		Resultado6	TCV ON/OFF	Bool		2.3	false						
PLC data types			22	-	Cableado Co	2	Bool		2.4	false						
Watch and force tables			23	-	Resultado1	PCC ON/OFF	Bool		2.5	false	Ā				<u> </u>	~
Online backups				<						Ш						>

Figura 29. Bloques de datos Bool [DB2].

5.7 Bloque Main [OB1] PLC 1

En el TIA Portal, la comunicación entre bloques y la organización de los mismos son esenciales para el buen funcionamiento de un programa PLC, dentro del "Main", se llama a cada uno de los bloques de función (FC) en el orden que se requiere.

El flujo de ejecución en el "Main" es secuencial, lo que significa que el programa ejecutará los bloques de función en el orden en que se solicitan. Por ejemplo, se necesita primero realizar pruebas de carga antes de comunicarte con otros dispositivos, debes llamar a "Prueba Carga Vacío" antes de "Comunicación", en este caso el orden secuencial es:

"Comunicación" (FC4)- "General" (FC2)- "Prueba Cortocircuito" (FC3)- "Prueba Carga Vacío" (FC1), figura 30.



Figura 30. Main [OB1] PLC 1.

5.8 Elaboración de los bloques de programación del PLC 2 en TIA Portal

Se realizó la programación en lenguaje KOP, que se aplicó en este trabajo de titulación, en la sección titulada "PLC_2" se encuentran los bloques del programa y bloques de datos empleados para esta simulación, como se muestra en la figura 31.



Figura 31. Bloques del programa PLC 2.

5.8.1 Desarrollo de Bloques de Programación del PLC 2 en TIA Portal

Se generó 1 bloque de función (FC) para almacenar la programación en el PLC 2 maestro, para crear los bloques mencionados, se debe hacer clic en la opción "Agregar nuevo bloque", seleccionar el bloque de función "FC", el cual se identifica por su color verde, después de seleccionar el bloque, se le asigna un nombre "Lectura".

Así mismo, fue necesario crear 3 bloques de datos (DB) para almacenar las variables que se utilizarán para lectura y/o escritura en cualquier parte del programa, para aquello, se deben seguir los mismos pasos utilizados para la creación de los bloques de función (FC), pero con la diferencia de que, al hacer clic en "agregar nuevo bloque", se debe seleccionar la opción "bloque de datos", también se le debe asignar un nombre, como se muestra en la figura 32.



Figura 32. Bloque FC y DB del PLC 2.

5.8.2 Programación KOP en el bloque Lectura [FC1]

5.8.2.1 Estado de los transformadores

En el segmento 1 se agregan las direcciones en el bloque de datos 7 (DB7), cada DBX se refiere a un bit en el bloque de datos, estas direcciones son bits para representar el estado de los transformadores, desde DB7.DBX0.0 a DB7.DBX12.0.

M se refiere a la memoria de marca (bits de memoria internos).

Q se refiere a las salidas digitales del PLC.

M0.x y Q0.x etiquetas asociadas a las salidas o marcas específicas.

Cada bit en DB7 está asociado con el estado de un transformador:

- DB7.DBX0.0 a DB7.DBX2.0: Estado del Transformador 1.
- DB7.DBX2.0 a DB7.DBX4.0: Estado del Transformador 2.
- DB7.DBX4.0 a DB7.DBX6.0: Estado del Transformador 3.
- DB7.DBX6.0 a DB7.DBX8.0: Estado del Transformador 4.
- DB7.DBX8.0 a DB7.DBX10.0: Estado del Transformador 5.

- DB7.DBX10.0 a DB7.DBX12.0: Estado del Transformador 6.

Los bits están reflejando estados como "en funcionamiento", o "apagado", figura 33.



Figura 33. Estados de los trasformadores.

5.8.2.2 Estados Prueba Carga Vacío

En el segmento 2 del bloque de lectura del PLC 2, DB7.DBX14.0 a DB7.DBX40.0 son bits en el bloque de datos representan diferentes estados o resultados de pruebas en el sistema.

- M0.7 se utiliza para representar el estado de "SobreTensión".

-M1.0 se utiliza para representar el estado de la prueba carga vacío "Prueba CV estado", figura 34.



Figura 34. Estados prueba carga vacío.

Nota: Se interpretan los estados y resultados de DB7 y asigna los valores a las marcas internas. Se facilita la manipulación y el control dentro del programa PLC.

5.8.2.3 Estados de Prueba Cortocircuito

Se utiliza la misma lógica, en el segmento 3, similar a la organización de las redes anteriores, se utilizan bits del bloque de datos (DB7) para representar distintos estados de las pruebas de sobre corriente, y se realizan marcas internas para registrar y controlar los estados mencionados.

DB7.DBX42.0 a DB7.DBX68.0 son bits en el bloque de datos que representan diferentes

resultados o estados en pruebas de sobre corriente

- M2.5 se utiliza para representar el estado de "Sobre corriente".

- M2.6 se utiliza para representar el estado de la prueba de cortocircuito "Prueba CC Estado", figura 35.





5.9 Creación de bloques de datos Int [DB6]

Paso 1: Acceder al Bloque de Datos

Nombre del Bloque: DB6

Tipo de Bloque: Bloque de Datos (DB)

En la sección llamada «static «, se pueden crear las variables que se necesitan, en la sección «Name» se crea la variable asignándole el nombre que se desee y en la sección «Data type «, seleccionas el tipo del que se desea la variable, se crea variables de tipo enteros "int", el Offset (la posición en el bloque de datos donde se almacena el valor), figura 36.

Project tree		Te	sis_T	ransformadores_Monofá	ásicos 🕨 PLC_2	[CPU 1214	C DC/DC/DC]	Program b	locks 🕨 Ints	[DB6]		-	∎ ■ ×
Devices		Ĵ.											
 Bi		1	۲ 🛬	🐛 🋃 🚞 😤 Keep ad	tual values 🔒 💡	Snapshot	🐴 🖳 Copy s	napshots to sta	art values 🛛 🖳	R. 1			
			Ints										
▼ 🔄 Tesis_Transformadores_Monofásico	e 🔽 e 🗸	^	N	ame	Data type	Offset	Start value	Retain	Accessible f	Writa	Visible in	Setpoint	
Add new device		1	-	Static									^
Devices & networks		2		Tension nominal	Int	0.0	0						
PLC_1 [CPU 1214C DC/DC/DC]		3		Tension alimentacion	Int	2.0	0						
PLC_2 [CPU 1214C DC/DC/DC]		4		Corriente alimentacion	Int	4.0	0						
Device configuration		= 5	-	Potencia Transformado	r Int	6.0	0						_
😺 Online & diagnostics		6		Perdidas de cortocircu.	Int	8.0	0					1000	=
🔻 🔜 Program blocks	•	7		Perdidas de carga vacia	Int	10.0	0						
Add new block		8	-	Corriente nominal	Int	12.0	0	Essil					
Hain [OB1]	•	9		Factor de potencia	Int	14.0	0						
Tectura [FC1]	•	10		Temperatura max.	Int	16.0	0						
Bool-Int [DB7]	•	11		Resultado1 PerCV	Int	18.0	0	Ā					
Bools [DB5]	•	12		Resultado2 PerCV	Int	20.0	0	ē					
Data_block_1 [DB12]	•	13		Resultado3 PerCV	Int	22.0	0						
📕 Ints [DB6]		14		Resultado4 PerCV	Int	24.0	0					1000	
📒 nwereal [DB21]		15	-	Resultado5 PerCV	Int	26.0	0	Ā					
Technology objects		16		Resultado6 PerCV	Int	28.0	0					1000	
External source files		17		Resultado1 TemCV	Int	30.0	0					000	
PLC tags	•	18		Resultado2 TemCV	Int	32.0	0						
PLC data types		19		Resultado3 TemCV	Int	34.0	0	<u> </u>				669	
Watch and force tables		20		Resultado4 TemCV	Int	36.0	0						
Online backups		21		Resultado5 TemCV	Int	38.0	0						
🕨 🚰 Traces		22	-	Resultado6 TemCV	Int	40.0	0						
Device proxy data		23	-01 =	Resultado TensionCC	Int	42.0	0	Ā					~
Program info			<										>

Figura 36. Bloques de datos Int [DB6].

5.10 Desarrollo de bloques de datos Bool [DB5]

En la sección «static» del bloque de datos Bool, se crean variables booleanas para representar estados binarios (encendido/apagado, verdadero/falso), estas variables están configuradas para ser visibles en la interfaz del HMI, lo que facilita su monitoreo y control por parte del operador, figura 37.

Project tree		(Te	esis_T	ransformadores_Monof	ásicos → PLC_2[CPU 1214	C DC/DC/DC] 🕨	Program b	locks ► Bool	s [DB5]		_ 6	
Devices													
			و ا	🐛 🋃 📰 🎌 Keep a	ctual values 🔒	Snapshot	🐴 🖳 Copy sr	napshots to sta	rt values 🛛 🖳	8. 1			
			Bool	s									
 Tesis_Transformadores_Monofásicos 		^	P	lame	Data type	Offset	Start value	Retain	Accessible f	Writa	Visible in	. Setpoint	Co
Add new device		1		Static									
Devices & networks		2		Cableado CV	Bool	0.0	false						
PLC_1 [CPU 1214C DC/DC/DC]		3	-00	PE	Bool	0.1	false						
PLC_2 [CPU 1214C DC/DC/DC]		4		Transformador 1 ON/	Bool	0.2	false	[control					
Device configuration		_ 5	-00 •	Transformador 2 ON/	Bool	0.3	false						
😧 Online & diagnostics		6	-	Transformador 3 ON/	Bool	0.4	false						
🔻 🔂 Program blocks	•	7		Transformador 4 ON/	Bool	0.5	false						
📑 Add new block		8	-	Transformador 5 ON/	Bool	0.6	false						
📲 Main [OB1]		9		Transformador 6 ON/	Bool	0.7	false	600					
🖅 Lectura [FC1]		10	-	Resultado PCV ON/OFF	Bool	1.0	false						
Bool-Int [DB7]		11		Resultado TCV ON/OFF	Bool	1.1	false	0.00					
Bools [DB5]		12		Cableado CC	Bool	1.2	false						
Data_block_1 [DB12]	•	13		Resultado PCC ON/OFF	Bool	1.3	false						
🧧 Ints [DB6]		14		Resultado TCC ON/OFF	Bool	1.4	false						
📒 nwereal [DB21]													1
Technology objects													
External source files													
PLC tags	•												
PLC data types													
Watch and force tables													
Online backups													
🕨 📴 Traces													
Device proxy data													
Program info			<				III						>

Figura 37. Bloques de datos Bool [DB5].

5.11 Desarrollo de bloques de datos Bool-Int [DB7].

En el bloque de datos DB7, se crean variables de tipo entero (INT) para representar diversos estados y resultados, cada variable tiene un offset específico que indica su posición en el bloque de datos.

Nombre del Bloque: Bool-Int

Tipo de Bloque: Bloque de Datos (DB), figura 38.

Project tree		Te	sis_1	Transformadores_Mono	ofásicos ► PLC_2	[CPU 121	4C DC/DC/DC]	Program b	locks ► Bool	-Int [DB]	']	-	ĭ∎×
Devices													
 B		1	-	🔩 🥪 🚞 😤 Кеер	actual values 🛛 🔒	Snapshot	🐴 🖳 Copy s	napshots to st	art values 🛛 🕵	8. 1			
			Bool	I-Int									
 Tesis_Transformadores_Monofásico 	s 🔽 🔵 🗖		1	Name	Data type	Offset	Start value	Retain	Accessible f	Writa	Visible in	Setpoint	
Add new device		1		 Static 									^
Devices & networks		2	-	Trans1 Estado_1	Int	0.0	0						
PLC_1 [CPU 1214C DC/DC/DC]		3	-00	Trans2 Estado_1	Int	2.0	0						
PLC_2 [CPU 1214C DC/DC/DC]		4	-	Trans3 Estado_1	Int	4.0	0						
Transformation		5	-00 -	Trans4 Estado_1	Int	6.0	0						
😨 Online & diagnostics		6		Trans5 Estado_1	Int	8.0	0						-
🔻 🙀 Program blocks	•	7	-	Trans6 Estado_1	Int	10.0	0						
Add new block		8		PE Estado_1	Int	12.0	0						
🏪 Main [OB1]	•	9		Sobretensión	Int	14.0	0						
- Lectura [FC1]		10	-	Prueba CV Estado	Int	16.0	0						
🧉 Bool-Int [DB7]		11		PCV1 Estado	Int	18.0	0						
🥃 Bools [DB5]	0	12	-	PCV2 Estado	Int	20.0	0						
Data_block_1 [DB12]	•	13	-	PCV3 Estado	Int	22.0	0						
🧧 Ints [DB6]		14	-	PCV4 Estado	Int	24.0	0						
🝵 nwereal [DB21]	•	15	-00 -	PCV5 Estado	Int	26.0	0						
🕨 🙀 Technology objects		16	-	PCV6 Estado	Int	28.0	0						
🕨 📷 External source files		17		TCV1 Estado	Int	30.0	0						
🕨 🚂 PLC tags	•	18	-	TCV2 Estado	Int	32.0	0						
PLC data types		19	-	TCV3 Estado	Int	34.0	0						
Watch and force tables		20	-	TCV4 Estado	Int	36.0	0						
🕨 📴 Online backups		21	-	TCV5 Estado	Int	38.0	0						
🕨 📴 Traces		22	-	TCV6 Estado	Int	40.0	0						
🕨 🔚 Device proxy data		23	-	Sobrecorriente	Int	42.0	0						~
Program info			<										>

Figura 38. Bloques de datos Bool-Int [DB7].

5.12 Diseño de gráficas para las pantallas 1 y 2 del HMI (KTP-700)

Como se indicó anteriormente para interpretación de la simulación es necesario el uso del

TIA Portal para programar y graficar los procesos de la simulación por medio del HMI, en el

cual la lectura de datos, procesos y procedimiento se describe a continuación.

5.12.1 Diseño de la simulación de HMI_1 (KTP-700) la cual es la pantalla Maestro de la programación

Esta se divide en dos secciones, construcción de la presentación principal de la pantalla HMI_1 con el proceso del banco de pruebas y el ingreso de parámetros, datos, panel de control y por último las imágenes en los cuales se desarrolla la programación simulada.

5.12.2 Elaboración simulada de la pantalla principal del HMI_1(maestro)

Se elabora la pantalla de bienvenida en la cual se describe los datos generales de la universidad, nombre del trabajo de titulación en conjunto con los autores y un botón de inicio para ingresar al proceso de la simulación.

- Agregar Títulos y Subtítulos.

Se utiliza la herramienta de texto para agregar los títulos y subtítulos:

Título: "UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA"

Subtítulo: "PROYECTO DE TITULACIÓN INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN", ajustar el tamaño y el estilo de la fuente, figura 39.



Figura 39. Título y subtitulo de la pantalla principal.

- Con la misma herramienta, agregar el Tema del Proyecto y los Autores, se añadió otro cuadro de texto para el tema del proyecto: Texto: "DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL Y CALIDAD PARA TRANSFORMADORES MEDIANTE TIA PORTAL "otro cuadro de texto para los autores: Texto: "AUTORES: KEVIN LUCAS, ANTHONY VILLALTA, se extrae la imagen de transformadores, figura 40.



Figura 40. Tema y autores.

- Crear el botón "PROCESOS ", utiliza la herramienta de botones para crear un botón interactivo, etiqueta el botón como "PROCESOS". Configura la acción del botón (por ejemplo, navegar a otra pantalla o iniciar un proceso específico), figura 41.



Figura 41. Botón de procesos.

5.12.3 Ingreso al área de control en la pantalla HMI_1.

Luego que se ingresa al botón del proceso, aparece el área del mando de la automatización, la cual muestra una imagen en la que está conformada de los dos tipos de pruebas para los seis transformadores monofásicos de 5kVA, la red de distribución de tensión, panel de control y parámetros.

- Diseñar la Interfaz.

Utiliza cuadros de texto para crear las etiquetas "PRUEBA CARGA VACIO" y "PRUEBA CORTOCIRCUITO". Dibuja líneas o utiliza gráficos para simular los barrales de alimentación y conexiones.

- Transformadores:

Inserta imágenes de transformadores. Puedes importar imágenes personalizadas si las tienes, figura 42.

3 - 8 / U 5 K ± E ± Δ ± Δ ± 2 ± Ξ ±		🔺 🎩 IIf 🔟 (Valori standard "Sill) 🗔
SIEMENS	SIMATIC HMI	Oggetti serveri alla alla Verificatione alla alla alla alla alla alla alla al
PRLEEA CARGA V		importar imágenes
	<u>E</u>	
F1 F2 F3 F	4 F5 F6 F7 F8	
	100%	
	S Proprietà S Informazioni S Diagno	ation (Caller) Grafiche

Figura 42. Interfaz Pruebas.

- Se utilizan botones estándar de TIA Portal para los controles ON/OFF y el paro de

S = 8 / U 5 K 1 E 1 Δ1 Δ1 Δ1 Z1 Ξ1	-1 #1018181819181	Contraction of the second state of the second
SIEMENS	SIMATIC HMI	
		botones estándar
F1 F2 F3 F4	F5 F6 F7 F8	
	(1005 D)	a

emergencia, figura 43.

Figura 43. Botones estándar de TIA Portal.

- Agrega objetos gráficos (círculos verdes y rojos) para indicar el estado de cada transformador.

- Parámetros: Inserta cuadros de texto para los nombres de los parámetros.

- Utiliza campos de entrada o display para mostrar los valores de los parámetros, figura

44.

Figura 44. Panel de control y parámetros.

- Visualización final del HM1_1 PRUEBAS, figura 45.



Figura 45. HM1_1 Pruebas.

5.13 Diseño de la simulación de HMI_2 (KTP-700) la cual es la pantalla esclava de la programación.

Agregar títulos y subtítulos, se utiliza la herramienta de texto para agregar los títulos y subtítulos: Título: "ESTADOS DE CONTROL "Subtítulo: "ESTADOS PRUEBA CARGA AL VACÍO "Ajusta el tamaño y el estilo de la fuente, figura 46.

		Opzioni
- B J U 5 A't Et At & #	ヨエーエ デエムエネエ目エヨエ グリュル	🕨 🎿 🗊 🛄 Valori standard "S.
SIEMENS	SIMATIC HMI	V Oggetti semplici
ESTADO	S PRUEBA CARGA AL VACIO	V Controls
F1 F2 F3	F4 F5 F6 F7 F8	Activar Windows

Figura 46. Agregar los títulos y subtítulos HMI_2.

- Crear indicadores de estado, utiliza la herramienta de gráficos para añadir círculos verdes con marcas de verificación: Para cada transformador, añade un indicador con texto descriptivo debajo (por ejemplo, "TRANSFORMADOR 1", "TRANSFORMADOR 2"). Añade indicadores adicionales para "FARO EMERGENCIA", "SOBRE TENSIÓN" y "PRUEBA CARGA AL VACÍO". Agregar el botón "IR PRUEBA CORTOCIRCUITO ", se utiliza la herramienta de botones para crear un botón interactivo, figura 47.

- B I U S Kt Et Z	(<u>▲</u> ,∠)≡(−)∦(∆(≜)⊎(u))⊄	1/2 1 14	indicadores	Opplool Copplool Copploo
SIEMENS	\$	SIMATIC HMI		
	ESTADOS DE CONTROL			
			2	-14
::1	STADOS PRUEBA CARGA AL VA	CIO:	2	
	·			
F1 F2	F3 F4 F5 F6	F7 F8		ows
				on para activar Win

Figura 47. Indicadores del HMI_2.

- Agregar cuadros de texto y campos de datos, se utuliza la herramienta de texto

para añadir etiquetas a los parámetros (por ejemplo, "Tensión Alimentación", "Corriente",

"Perdidas de Núcleo", "frecuencia", "factor de potencia" y "temperatura.), figura 48.

			Controls
	TOUCH		Controls
			2
			Controls
		Ĭ	Controls
	Ē	Ē	Controls
	Ê	Ĕ	Kontrols
	T		
F7 F8		ivar Windo	
	F7 F8	F7 F8 Act	F7 F8 Activar Winco

Figura 48. Campos de Datos.
- Se añade campos de entrada o visualización para mostrar los valores correspondientes a cada transformador, los campos pueden ser cuadros de texto configurados para mostrar datos variables (por ejemplo, 000 V, 0.00 A). Añade más indicadores con marcas de verificación para las columnas de "Pérdidas de Núcleo" y "Temperatura" en la parte inferior de la pantalla, figura 49.

SIEMENS			SIMATIC H	IMI		v Demens
	ESTADOS DE	CONTROL		E		
					/	Campos de entr
- Tensión Alimentación - Corriente - Perdidas de Núcleo - Frecuencia - Factor de Potencia - Temperatura	OOO Y OOO Y OOO Y 0.00 X 0.00 A 0.00 A 0.00 W 0.00 Hz 000 Hz 0.00 A 0.00 A 0.00 Hz 0.00 C 0.00 C 0.00 C	000 V 000 V 0.00 A 0.00 A 0.00 A 0.00 A 0.00 W 000 W 000 W 000 Hz 0.00 A 0.00 A 0.00 V 0.00 Hz 0.00 ° 000 Hz	Non-participa Non-participa 000 V 000 V 0.00 A 0.00 A 0.00 W 000 W 000 Hz 000 H 0.00 ° 0.00 ° 000 °C 000 °C	H		
- Perdidas de Núcleo - Temperatura	000	000	8 8	×		
		LICCO BALL CONTROL				

Figura 49. Visualización para mostrar los valores correspondientes a cada transformador.

			PARO	SOBRE-	PRUEBA	R PRUEBA RTOCIRCUII
1 2 3 4 E	stados pr	⁶ UEBA CAR	GA AL VAC		IGA AL VACIO	· · · · · · · · · · · · · ·
	TRANSFORMADOR	TRANSFORMADOR 2	TRANSFORMADOR	TRANSFORMADOR	TRANSFORMADOR 5	TRANSFORMAD 6
Tensión Alimentación	000 V	000 V	000 V	000 V	000 V	000 V
Corriente	0.00 A	0.00 A	0.00 A	0.00 A	0.00 A	0.00 A
Perdidas de Núcleo	000 W	000 W	000 W	000 W	000 W	000 W
Frecuencia	000 Hz	000 Hz	000 Hz	000 Hz	000 Hz	000 Hz
Factor de Potencia	0.00 °	0.00 °	0.00 °	0.00 °	0.00 °	0.00 °
• Temperatura	000 °C	000 °C	000 °C	000 °C	000 °C	000 °C
· Perdidas de Núcleo	0	0	0	0	0	0
Tomporatura					Â	Ā

Visualización final del HM1_2 PRUEBAS CARGA VACIO, figura 50.

Figura 50. HM1_2 Pruebas Carga Vacío.

- Para la pantalla de la prueba de cortocircuito se añade un indicador con texto descriptivo debajo "ESTADO PRUEBA CORTOCIRCUITO" y se agrega el botón "IR PRUEBA CARGA VACIO ", se utiliza la herramienta de botones para crear un botón interactivo, figura 51.



Figura 51. Ingreso de prueba y estados de Cortocircuito.

- Agregar cuadros de texto y campos de datos donde se utiliza la herramienta de texto para añadir etiquetas a los parámetros (por ejemplo, "Corriente Alimentación", "Tensión", "Perdidas de cobre", "frecuencia", "factor de potencia" y "temperatura.), figura 52.

	- Processing of the C	 Z If D value standard (in) Consult secondici
SIEMENS	SIMATIC HMI	/ • • • A 🔤
		♥ Elementi
		an 📰 💥 💯 📘
LSTA	JOS DE CONTROL	D.
\odot		
		Y Controls
ESTADOS P	RUEBA CORTOCIRCUITO	7 🖬 👬 🖼 🐷 🐷
- Corriente Alimentación		
- Tensión		
- Perdidas de Cobre ·		
- Frecuencia		
- Factor de Potencia		
- Temperatura		
- Temperatura		
F1 F2 F3 F4	F5 F6 F7 F8	war Windows
		Continues in para action Mind

Figura 52. Cuadro de texto para ingreso de parámetros.

- Se añaden los campos de entrada o visualización para mostrar los valores

correspondientes a cada transformador en la prueba de Cortocircuito, los campos pueden ser cuadros de texto configurados para mostrar datos variables (por ejemplo, 000 V, 0.00 A). Añade más indicadores con marcas de verificación para las columnas de "Pérdidas de Núcleo" y "Temperatura" en la parte inferior de la pantalla, figura 53.

		Operioni
B J U 5 K1 E1 ∆1 ±1 ∠1 ≡1 −1	「連上山と島と国と国と「学校上国」	💐 🧸 13 🛄 (valor standard 15)
		 Oggetti semplici
SIEMENS	SIMATIC HMI	
		✓ Bementi
		an
ESTADO	DS DE CONTROL	
DDDDD		9
00000		
		✓ Controls
Comiente Alimentación		📶 🖾 👬 🖾 🕄
Tanalán		
- Perdidas de Cobre		
- Frecuencia 000 Hz	000 HZ 000 HZ 000 HZ 000 HZ	
- Factor de Potencia		
- Temperatura	000 °C 000 °C 000 °C 000 °C	
- Perdidas de Núcleo 🛛 🤡	0 0 0 0 0	
- Temperatura 🛛 🎸		
F1 F2 F3 F4	P3 P0 P7 P8	livar Windows
		To the other parts actions Mindow

Figura 53. Ingreso de cuadros para los resultados de prueba en Cortocircuito.

	ESTAI	DOS DE CO	NTROL			
$\bigcirc \bigcirc $						R PRUEBA RGA VACIO
TRANSFORMADOR TRANSFORMADOR TRANSFORMADOR TRANSFORM 1 2 3 4	ADOR TRANSFORMADO	R TRANSFORMADOR	PARO	SOBRE- CORRIENTE COR		
ES	TADOS PRI	TRANSFORMADOR	TOCIRCUI	TRANSFORMADOR	TRANSFORMADOR	TRANSFORMADOR
- Corriente Alimentación	0.00 A	0.00 A	0.00 A	0.00 A	0.00 A	0.00 A
- Tensión	000.0 V	000.0 V	000.0 V	000.0 V	000.0 V	000.0 V
- Perdidas de Cobre	000 W	000 W	000 W	000 W	000 W	000 W
- Frecuencia	000 Hz	000 Hz	000 Hz	000 Hz	000 Hz	000 Hz
- Factor de Potencia	0.00 °	0.00 °	0.00 °	0.00 °	0.00 °	0.00 °
- Temperatura	000 °C	000 °C	000 °C	000 °C	000 °C	000 °C
- Perdidas de Núcleo	0	0	0	0	0	0
- Temperatura	O	0	 O 	0	0	

- Visualización final del HM1_2 Pruebas de Cortocircuito, figura 54.

Figura 54. HM1_2 Pruebas Cortocircuito.

VI RESULTADOS

6.1 Comunicación Maestro-Esclavo

Esta configuración es común en sistemas de automatización para gestionar la

comunicación entre un controlador principal y dispositivos secundarios.

La figura muestra claramente la configuración de la red donde: PLC_1 (CPU 1214C) con IP:

192.168.0.1 actúa como maestro.HMI_1 (KTP700 Basic PN) con IP: 192.168.0.3.PLC_2 (CPU

1214C) con IP: 192.168.0.2 actúa como esclavo.HMI_2 (KTP700 Basic PN) con IP:

192.168.0.4.4, figura 55.



Figura 55. Comunicación Maestro-Esclavo

6.2 Ejecución de interfaces para el control y calidad del banco de transformadores

6.2.1 Compilación de PLC 1 Maestro

Se realiza el proceso de compilar la configuración del PLC 1 Maestro para poder cargar los datos a la interfaz física del módulo. Este paso es necesario para que el software traduzca el código de programación de hardware en un formato, que el PLC pueda ejecutar. En la figura 56 se puede visualizar que carga sin ningún problema.

Project tree		Tesis_Transformadores_Monofásicos → Devices & networks		_ # = X
Devices		🛃 Topology view 🛛 🛔 Ne	twork view	🛐 Device view
<u>E</u>	•	💦 Network 🔢 Connections 🛛 HM connection 🔍 🕎 📆 🗒 🗐 🤮 🛨		Network overvie
		🔍 Properties 🔤 🗓 Info	🔒 🗓 Diag	nostics 📃 🗆 🗉 🔻
▼ 📑 PLC_1 [CPU 1214C DC/DC/DC]	^	Canada D. Canada Canada		
🛐 Device configuration		General L Cross-references Complie		
🞖 Online & diagnostics		🕄 🚹 🕤 Show all messages 🔹		
🔻 🛃 Program blocks		Compiling finished (errors: 0; warnings: 1)		
📑 Add new block	≡	! Path Description	Go to ?	Errors Warnings
📲 Main [OB1]		A ▼ PLC 1	X	0 1
🔹 Comunicacion [FC4]		▲ ▼ Hardware configuration	×.	0 1
🖀 General [FC2]		▼ \$7-1200 station 1	×.	0 1
👍 Prueba Carga Vaci [FC1]		A ▼ Rack O	× 1	0 1
🔹 Prueba Cortocircuito [FC3]		 ▼ PLC 1	×.	0 1
🥃 Bool [DB2]		↓ ▼ PLC 1	X	0 1
🥃 Bool-Int [DB5]		PLC 1 does not contain a configured protection level	X	
🥃 Int [DB1]		Program blocks	7	0 0
🥃 newreal [DB20]		No block was compiled. All blocks are up-to-date.	ŕ	
🥃 real [DB15]		Compiling finished (errors: 0; warnings: 1)		
🕨 🕞 System blocks		da.:		
🕨 🙀 Technology objects				
🕨 🔚 External source files				
🕨 🛺 PLC tags	V			

Figura 56. Compilación PLC 1.

6.2.2 Compilación de PLC 2 Esclavo

Se repite el proceso para llevar lleva a cabo la compilación de la configuración del PLC 2 Esclavo para poder cargar los datos a la interfaz física del módulo. Este paso es crucial para que el software convierta el código de programación de hardware en un formato que el PLC pueda ejecutar, en la figura 57 se observa que la carga se realiza sin inconvenientes.

	Project tree 🛛 🔳 🌾						
	Devices		Q Propertie	es 🚺 Inf	o 📱 Dia	ignostics	▋▋▼
		General Cross-reference	es Compile				
	▼ 🔄 Tesis_Transformadores_Monofásicos	Compiling finished (errors: 0; warni	ings: 0)				
tie	🗳 Add new device	! Path	Description	Go to ?	Errors	Warnings	Time
St	Devices & networks			7	0	0	3:27:40 P
	• 🛅 PLC_1 [CPU 1214C DC/DC/DC]	🚹 🔻 Hardware configuration		7	0	0	3:27:40 P
	• 📑 PLC_2 [CPU 1214C DC/DC/DC]	0	Hardware was not compiled. The configuration is up-to-date.		?		3:27:40 P
	• 🛅 HMI_1 [KTP700 Basic PN]	🚹 🔻 Program blocks		7	0	0	3:27:40 P
	• 🛅 HMI_2 [KTP700 Basic PN]	0	No block was compiled. All blocks are up-to-date.				3:27:40 P
	Ungrouped devices	O	Compiling finished (errors: 0; warnings: 0)				3:27:40 P
	🕨 😽 Security settings						
	Cross-device functions						
	🕨 🚺 Common data						
	Documentation settings						
	Languages & resources						
	🕨 🔀 Version control interface						
	🕨 🔚 Online access						
	🕨 📴 Card Reader/USB memory						

Figura 57. Compilación PLC 2 Esclavo.

6.2.3 Compilación de HMI 1 Maestro

Se realiza la compilación de la configuración del HMI 1 Maestro para cargar los datos en la interfaz física del módulo. Este proceso es esencial para que el software transforme el código de programación de hardware en un formato ejecutable por el HMI, en la figura 58 se aprecia que la carga se efectúa sin problemas.

Project tree										
Devices					Ropertie	s 🗓 Info	🛚 Dia	gnostics	18	•
	Ge	eneral (Cross-references	Compile						
		🛓 📵 Shov	w all messages							
▼ 🛅 Tesis_Transformadores_Monofás	sicos Con	npiling finishe	d (errors: 0; warnings	: 12)						
🗳 Add new device	1	Path		Description		Go to ?	Errors	Warnings	Time	
d Devices & networks	<u> </u>	•	Botón_4			7	0	1	3:30:	٨
• 📑 PLC_1 [CPU 1214C DC/DC/DC	1 🔒			Button 'Botón_4' has no 'Off' text defined for t	he language en	. 者			3:30:	
• 📑 PLC_2 [CPU 1214C DC/DC/DC	1 🔥	•	Botón_5			7	0	1	3:30:	
🕨 📄 HMI_1 [KTP700 Basic PN]	<u>A</u>			Button 'Botón_5' has no 'Off' text defined for t	he language en	. 🗡			3:30:	
🕨 🛅 HMI_2 [KTP700 Basic PN]	4	•	Botón_6			7	0	1	3:30:	
🕨 🔛 Ungrouped devices	<u> </u>			Button 'Botón_6' has no 'Off' text defined for t	he language en	. 🗡			3:30:	
🕨 🔚 Security settings	<u>A</u>	•	Botón_7			7	0	1	3:30:	
🕨 🔀 Cross-device functions	<u> </u>			Button 'Botón_7' has no 'Off' text defined for t	he language en	. 🗡			3:30:	
🕨 🏹 Common data	<u> </u>	•	Botón_8			7	0	1	3:30:	
🕨 🛅 Documentation settings	<u> </u>			Button 'Botón_8' has no 'Off' text defined for t	he language en	. 🗡			3:30:	
🕨 🚺 Languages & resources	<u>.</u>	•	Botón_11			7	0	1	3:30:	
🕨 🏹 Version control interface	<u> </u>			Button 'Botón_11' has no 'Off' text defined for	the language en				3: <mark>30:</mark>	
🕨 🔚 Online access	<u>A</u>	•	Botón_12			7	0	1	3:30:	≣
🕨 🣴 Card Reader/USB memory	4			Button 'Botón_12' has no 'Off' text defined for	the language en				3:30:	
	0			Software compilation completed (device ver	ion: 15.1.0.0).	7			3:30:	
	4			Compiling finished (errors: 0; warnings: 12)					3:30:	

Figura 58. Compilación del HMI 1 Esclavo.

6.2.4 Compilación de HMI 2 Esclavo

Se procede a compilar la configuración del HMI 2 Esclavo para cargar los datos en la interfaz física del módulo. Este paso es fundamental para que el software convierta el código de programación de hardware en un formato que el HMI pueda ejecutar. En la figura 59 se muestra que la carga se realiza sin dificultades.

	Project tree 🛛 🔳 🕻							
	Davicas		Q Properties	*i	Info	🖁 Dia	gnostics	∎∎.
		General Cross-references	Compile					
		🚯 🛓 📵 Show all messages	×					
	▼] Tesis_Transformadores_Monofásicos	Compiling finished (errors: 0; warning:	5:2)					
ť	Add new device	! Path	Description	Go to	?	Errors	Warnings	Time
Sta	ᡖ Devices & networks	I ▼ HMI_2	Time stamp: 8/10/2024 7:50:03 PM - the device uses 126766 b.	7		0	2	3:30:56 P
	PLC_1 [CPU 1214C DC/DC/DC]	1 Tardware configuration		*		0	0	3:30:56 P
	PLC_2 [CPU 1214C DC/DC/DC]	0	Hardware was not compiled. The configuration is up-to-date.		?			3:30:56 P
	▶ 🛅 HMI_1 [KTP700 Basic PN]	0	Software compilation started.	1				3:30:56 P
	▶ 🛅 HMI_2 [KTP700 Basic PN]	0	No HMI runtime-relevant changes have been made since the la	1				3:30:56 P
	🕨 🔚 Ungrouped devices	🔒 🔻 Screens		7		0	2	3:30:56 P
	🕨 📴 Security settings	🚹 🔻 PRUEBA CV		1		0	1	3:30:56 P
	🕨 🔀 Cross-device functions	L ■ Button_1		1		0	1	3:30:56 P
	🕨 🙀 Common data	1	Button 'Button_1' has no 'Off' text defined for the language en	1				3:30:56 P
	Documentation settings	📕 🔻 PRUEBA CC		1		0	1	3:30:56 P
	🕨 🐻 Languages & resources	L ■ Button_1		7		0	1	3:30:56 P
	Version control interface	1	Button 'Button_1' has no 'Off' text defined for the language en	1				3:30:56 P
	🕨 🔚 Online access	0	Software compilation completed (device version: 15.1.0.0).	1				3:30:56 P
	🕨 🣴 Card Reader/USB memory	1	Compiling finished (errors: 0; warnings: 2)					3:30:56 P

Figura 59. Compilación del HM2 Esclavo.

6.3 Operación simulada de las etapas de mando automatizado mediante TIA Portal

6.3.1 Etapa de control PLC 1 Maestro

En primera instancia se obtiene como resultado la programación del PLC 1, como Maestro en la automatización del banco de pruebas para transformadores monofásicos de 5kVA, para ello se realizaron bloques de datos, organización y función los cuales se especificaron en el capítulo 5.1 del marco metodológico, el PLC 1, se encarga también de enviar información y ordenes al Esclavo, figura 60.



Figura 60. Etapa PLC 1.

Nota: Se puede observar el desglosamiento de las etapas de la programación del PLC 1, los bloques de organización Main, la función de comunicación, general y pruebas, al igual que todos los bloques de datos en los cuales se realizaron las automatizaciones correspondientes.

6.3.2 Etapa de control PLC 2 Esclavo

En la segunda etapa del control, el PLC 2 Esclavo revisa y ejecuta las órdenes y la información con los datos específicos para llevar a cabo las operaciones correspondientes, que son enviadas por el PLC 1 mediante el bloque Main y el bloque de lectura de datos. Esta interfaz puede realizar la programación y el funcionamiento establecidos por el Maestro, figura 61.



Figura 61. Etapa PLC 2.

6.3.3 Etapa HMI 1 Maestro

Se realizó en la tercera etapa el contorno del HMI 1, donde se realizaron las creaciones de los dos eventos que tendrá la pantalla Maestro, donde se muestra el mensaje de bienvenida e ingreso al proceso y pruebas en la que se ingresan los parámetros con la respectiva selección de evaluaciones, la creación se explica en el capítulo 5.12 del marco metodológico se puede observar su funcionalidad en la figura 62.



Figura 62. Etapa HMI 1.

6.3.4 Etapa HMI 2 Esclavo

Cuarta etapa del proceso se obtiene los resultados del HMI 2, donde se realizaron dos eventos de pruebas, Cortocircuito donde se van a reflejar simulaciones entorno a la corriente mientras tanto, carga al vacío mostrará valores simulados en contorno al voltaje, tal cual se creó y especificó en el marco metodológico capítulo 5.13, se puede visualizar en la figura 63.



Figura 63. Etapa HMI 2.

6.4 Simulación y evaluación del sistema para transformadores monofásicos a través del

HMI 1.

6.4.1 Mensaje de bienvenida en la pantalla HMI_1

Se empezará con la simulación de la pantalla del HMI_1 y el mensaje de bienvenida, el cual muestra el nombre de la institución de la universidad, el tema del trabajo de titulación con sus respectivos autores, adicional una imagen con una reseña equipo principal que se desea simular, figura 64.



Figura 64. Mensaje de bienvenida en Pantalla HMI_1.

6.4.2 Mensaje Usuario y Contraseña del HMI 1

Al realizar el clic en el botón de procesos se despliega una ventana en la cual se proyecta un mensaje de Usuario y Contraseña, las cuales se deben de ingresar de manera correcta para poder acceder a la simulación de los transformadores, figura 65.

SIEMENS			SIMATIC	HMI
	PRUEBA CARGA VACIO	PRUEBA (CORTOCIRCUITO	
Login	User: tesis Password:		OKVA OKVA TRANSFORMOOR 3 TRANSFORMOO DAD ÁMETTO (<u>R6</u>
	Cance		-Pot. Transfor.	0kVA
	ERROR		-Voltaje Nominal -Pérdidas Cortocir. Dérdidas de Vasia	
- VALORES NO - SOLO SE PUE	PERMITIDOS DEN OPERAR PARA VALORES D	E 5 O 10 KVAR	-Factor de Potencia -Temperatura Max. -Corriente Nominal	0.00° 0°C . 0.00A

Figura 65. Mensaje de usuario y contraseña.

Es imprescindible ingresar los datos correspondientes para avanzar en el proceso. Si estos datos no se proporcionan correctamente, el sistema detendrá el progreso y requerirá que el usuario ingrese nuevamente las credenciales solicitadas, se garantiza que sólo usuarios autorizados puedan continuar, protegiendo así la integridad y seguridad del sistema, figura 66.



Figura 66. Mensaje de invalidación de contraseña.

Al ingresar los datos correspondientes se podrá seguir con el proceso, se puede visualizar



en la siguiente figura 67.

Figura 67. Ingreso correcto de usuario y contraseña.

6.4.3 Mensaje Error para evitar valores no permitidos en pantalla del HMI 1

Se despliega una advertencia como un mensaje de error en la pantalla HMI_1 cada vez que se deseen ingresar valores fuera del rango establecido, en este caso debido a la programación solo son permitidos valores de 5kVA y 10kVA. Los cuales son los únicos valores que se puede utilizar en la simulación, caso contrario se muestra el error como se aprecia en la figura 68, solo se desbloquea si se ingresan los valores correctos.



Figura 68. Mensaje de Error, valores no permitidos.

Luego de ingresar valores permitidos de 5kVA y 10kVA, los cuales son los únicos

valores que se podrán utilizar en la simulación, se habilita el panel de control, figura 69.



Figura 69. Se habilita el control luego que solucionar el mensaje de Error en HMI 1.

Dentro de la simulación en el HMI Maestro, se puede observar el panel de control el cual muestra la conexión de la prueba seleccionada, tanto como la prueba Carga al vacío o Cortocircuito, donde automáticamente muestran las líneas de conexiones del transformador de 5kVA, tal como se muestra en la figura 70.



Figura 70. Se ingresan los valores permitidos en HMI 1

Se ilustra a continuación el diagrama de flujo del mensaje de error, al iniciar el proceso de la simulación, se explica de manera puntual como hay que solucionar el paso a paso, figura 71.



Figura 71. Diagrama de flujo del mensaje de error.

6.4.4 Ingreso de parámetros para las pruebas

Para realizar las pruebas de cortocircuito y carga al vacío en los transformadores monofásicos de 5kVA, es fundamental ingresar los parámetros nominales correspondientes. Los parámetros detallados en el capítulo 4.5, del fundamento teórico, proporcionan las bases necesarias para asegurar la precisión de las pruebas. En la tabla 3, se pueden visualizar los valores específicos que deben ser configurados para garantizar el correcto funcionamiento de ambas pruebas, permitiendo evaluar de manera efectiva el rendimiento y la seguridad del transformador bajo condiciones operativas típicas.

Tabla 3

Ingreso de Parámetros.

Parámetros	Valor Máximo
Potencia de transformador	5kVA
Voltaje nominal	264V
Pérdidas de Cortocircuito	91W
Pérdidas Carga al Vacío	31W
Factor de potencia	1
Temperatura	30° C
Corriente nominal	0.63A

Es necesario usar la tabla 1 capítulo 4.5.1 del fundamento teórico (datos de placa del transformador) y la tabla 2 (valores máximos permitido en la norma INEN) ya que la tabla 3 muestra los parámetros críticos para el ingreso de datos en las pruebas de cortocircuito y carga al vacío en transformadores monofásicos de 5kVA. Los parámetros, que incluyen la potencia del transformador, el voltaje nominal, las pérdidas tanto en cortocircuito como en carga al vacío, el factor de potencia, la temperatura, y la corriente nominal, representan los valores máximos que deben ser considerados para asegurar la precisión y la fiabilidad de los resultados obtenidos durante las pruebas. Es esencial que los valores sean correctamente configurados para evitar errores en la evaluación del rendimiento del transformador.

6.4.5 Selección de prueba y conexiones

Para escoger las pruebas y conexiones ya sea de carga al vacío o cortocircuito, es necesario activar el paro de emergencia para la seguridad del operador o usuario, una vez realizado el primer paso, se procede a simular cuantos transformadores monofásicos de 5kVA, se requieren probar puede ser de 1 a 6 equipo, luego se procede a desactivar el paro de emergencia con el propósito de que las líneas de conexión se puedan ejecutar una vez seleccionada la prueba que se requiera simular, como por ejemplo, Carga al Vacío o Cortocircuito, se puede visualizar el proceso mediante el diagrama de flujo en la figura 72.



Figura 72. Diagrama de flujo de selección de pruebas.

6.5 Prueba simulada de Carga al Vacío.

6.5.1 Selección de prueba Carga al Vacío en HMI 1

Para la selección de la prueba de Carga al Vacío se debe desenergizar la red de distribución simulada la cual está protegida con un breaker y un paro de emergencia. Se ingresan los transformadores que se seleccionan con los botones verdes y se pueden eliminar con el botón rojo. Ya ingresado los transformadores se selecciona la prueba que en este caso es Carga Vacío, automáticamente se simula como se energizan con sus respectivas conexiones eléctricas. Las conexiones de esta prueba son por el devanado secundario, es decir los cables están conectados en la baja tensión del transformador a prueba, para el ingreso de los parámetros se ingresa manualmente en el recuadro correspondiente, tal como se puede observar en la figura 73.



Figura 73. Selección de prueba al Vacío.

Se puede observar la conexión de la prueba y visualizar los cables por el devanado secundario del transformador en la figura 74, mientras que se observa la simulación del banco de transformadores en la figura 75.



Figura 74. Ejemplo de conexión para prueba al vacío

PRUEBA CARGA VACIO		E
AAA		2
		0
510A 510A 510A	SANA	F
TRANSFORMADOR 1 TRANSFORMADOR 2 TRANSFORMADOR 3	TRANSFORMADOR & TRANSFORMADOR S TRANSFORMADOR 6	
PANEL DE CONTROL	PARÁMETROS	
AMADOR 2 TRANSFORMADOR 3 TRANSFORMADOR 4 TRANSFORM	ADORS TRANSFORMADORS -POt. Transfor. Skva	1000
	-Voltaje Nominar 264V	1000
	Pérdidas de Vacio 31W	
	-Factor de Potencia 0.92°	the second
	-Temperatura Max. 30°C	100
	-Corriente Nominal. 0.63A	
and the second se		
		PRUEBA CARGA VACIO PRUEBA CORTOCIRCUITO

Figura 75. Se proyecta el HMI 1 físico ya con sus respectivos parámetros.

6.5.2 Prueba y resultados de Carga Vacío en pantalla HMI 2

En la pantalla muestra los estados de control y prueba de carga al vacío. Los estados de control en esta programación se diseñaron con el propósito de revelar que transformador cumple con parámetros y normas INEN. Con los estados de prueba se va a exhibir donde se ubicarán los resultados de la simulación en los respectivos casilleros, se puede contemplar en la figura 76.

	ESTAI	DOS DE CO	NTROL			
						R PRUEBA
TRANSFORMADOR TRANSFORMADOR TRANSFORMADOR TRANSFORM	IADOR TRANSFORMADO	R TRANSFORMADOR	PARO	SOBRE	PRUEBA COI	RTOCIRCUITO
ES	TADOS PR	UEBA CAR	GA AL VAC			
	TRANSFORMADOR	TRANSFORMADOR 2	TRANSFORMADOR 3	TRANSFORMADOR 4	TRANSFORMADOR 5	TRANSFORMADOR 6
- Tensión Alimentación	000 V	000 V	000 V	000 V	000 V	000 V
- Corriente	0.00 A	0.00 A	0.00 A	0.00 A	0.00 A	0.00 A
- Perdidas de Núcleo	000 W	000 W	000 W	000 W	000 W	000 W
- Frecuencia	000 Hz	000 Hz	000 Hz	000 Hz	000 Hz	000 Hz
- Factor de Potencia	0.00 °	0.00 °	0.00 °	0.00 °	0.00 °	0.00 °
- Temperatura	000 °C	000 °C	000 °C	000 °C	000 °C	000 °C
- Perdidas de Núcleo	0	0	0	0	0	
- Temperatura	0	0	Ø	0	0	

Figura 76. Carga al vacío de la pantalla HMI_2.

6.5.3 Resultados de prueba Carga Vacío en pantalla HMI 2

En la pantalla se muestran los resultados de cada estado de control y prueba de carga al vacío, se simula un voltaje aproximado a 264V, en lo cual se puede observar que no hay una sobretensión ya que tiene un valor por debajo del rango permitido, la Prueba de Carga al Vacío – 260V demuestra un desempeño sólido del transformador bajo prueba, destacándose en varios parámetros clave, la corriente medida (0.10A) representa solo un 4% del valor máximo permitido (2.5A), lo que sugiere una baja demanda de corriente en condiciones de vacío y una alta eficiencia en este aspecto, la pérdida de núcleo, aunque ligeramente superior al valor ideal, se mantiene dentro de un rango aceptable con un 80.6% de efectividad, indicando un buen desempeño en la gestión de pérdidas internas, a frecuencia se mantiene constante en 60Hz, cumpliendo con los requisitos esperados al 100%, el factor de potencia se aproxima al valor óptimo con un 92%, lo que sugiere una operación eficiente y minimización de las pérdidas de energía reactiva. El transformador simulado muestra una efectividad operativa aceptable, lo que lo convierte en un componente confiable en el sistema eléctrico, figura 77 y tabla 4.



Figura 77. Resultados de prueba Carga al vacío con valores aproximados a 264V.

Tabla 4

Prueba Carga al Vacío - 260V.

Parámetros	Valor Máximo	Resultados	Efectividad
Corriente	2.5A	0.10A	96%
Pérdida de núcleo	31W	25W	80.6%
Frecuencia	60Hz	60Hz	100%
Factor de potencia	1	0.92	92%
Temperatura	30°C	24°C	80%

La Prueba de Carga al Vacío – 240V revela varios aspectos importantes sobre el rendimiento del transformador simulado, la corriente medida es de 0.12A, lo que representa una alta efectividad del 95.2% en comparación con el valor máximo permitido de 2.5A, se visualiza un bajo consumo en condiciones de vacío, sin embargo, la pérdida de núcleo supera el valor máximo esperado de 31W, que alcanza 35W, lo que resulta en una efectividad negativa de -12.90%, este incremento en las pérdidas sugiere una ineficiencia en la gestión de las pérdidas internas del transformador bajo estas condiciones de operación, la frecuencia se mantiene constante en 60Hz, cumpliendo con las expectativas al 100%, el factor de potencia se mantiene en un valor aceptable de 0.92, lo que indica una eficiencia moderada en la conversión de la energía, la temperatura del transformador también excede ligeramente el valor máximo permitido (30°C) al registrar 33°C, lo que resulta en una efectividad negativa del -10%, lo que podría indicar una tendencia al sobrecalentamiento bajo estas condiciones de carga, el transformador muestra un buen desempeño en cuanto a la corriente y frecuencia, mientras que las pérdidas de núcleo y el aumento de temperatura sugieren áreas que podrían requerir optimización para mejorar la eficiencia y confiabilidad del sistema, por tanto, no es recomendable el uso de ese transformador. Se puede observar los resultados en la figura 78 y tabla 5.

	ESTAD	OS DE CO	NTROL			
$\bigcirc \bigcirc $	20	\mathbf{e}	\otimes			R PRUEBA RTOCIRCUITO
THURSTONHUDON TRANSFORMADOR TRANSFORMADOR TRANSFO 1 2 3	EMADOR TRANSFORMADOR	TRANSFORMADOR 6	PARO	SOBRE- TEMEDON CARS	STARA A AL VACIO	
E	STADOS PRU	JEBA CAR	ga al vac	10		Million Law
Tanción Alimontación	TRUMEPORMADOR				3	
- Tension Anmentación	235 V	235 V	235 V	235 V	235 V	235 V
- Corriente	0.12 A	30 W	35 W	20 W	15 W	0.12 A
- Frecuencia	60 Hz	60 Hz	60 Hz	60 Hz	60 Hz	60 Hz
- Factor de Potencia	0.92 °	0.92 °	0.92 °	0.92 °	0.92 °	0.92 *
- Temperatura	24 °C	29 °C	33 °C	19 °C	14 °C	24 °C
- Perdidas de Núcleo	9	0		0	0	0
- Temperatura	9	0		()	0	0

Figura 78. Resultados de prueba Carga al vacío con valores aproximados a 240V.

Tabla 5

Parámetros	Valor Máximo	Resultados	Efectividad
Corriente	2.5A	0.12A	95.2%
Pérdida de núcleo	31W	35W	-12.90%
Frecuencia	60Hz	60Hz	100%
Factor de potencia	1	0.92	0.92%
Temperatura	30°C	33°C	-10%

Prueba Carga al Vacío - 240V.

La Prueba de Carga al Vacío – 220V, reflejada en la tabla 6 y figura 79, muestra un desempeño notable en varios aspectos del transformador simulado, la corriente medida es de 0.12A, lo que corresponde a una alta efectividad del 95.2% frente al valor máximo permitido de 2.5A, se observa un bajo consumo en condiciones de vacío, la pérdida de núcleo se presenta como una fortaleza significativa en esta prueba, con solo 15W registrados, lo que corresponde a una efectividad del 48.39%, se muestra una considerable reducción de las pérdidas internas en

comparación con el valor máximo de 31W, la frecuencia se mantiene perfectamente constante en 60Hz, cumple al 100% con los requisitos establecidos, el factor de potencia, registrado en 0.92, se mantiene en un nivel adecuado, lo que sugiere una eficiencia razonable en la conversión de energía, la temperatura, registrada en 14°C, está significativamente por debajo del valor máximo permitido de 30°C, con una efectividad del 46.67%, lo que indica un funcionamiento con muy baja generación de calor y, por tanto, un riesgo reducido de sobrecalentamiento.

El transformador muestra un rendimiento adecuado a 220V en la simulación, destacándose especialmente en la baja pérdida de núcleo y la temperatura reducida, lo que lo convierte en un componente confiable y eficaz para aplicaciones en condiciones similares.

	ESTAD	OS DE COM	TROL			
0000			V		~ ~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	IR PRUEBA RTOCIRCUITO
· · · · ·	STADOS PRU	JEBA CARC	A AL VAC	10		
	TRANSFORMADOR	TRANSPORT	TRANSFORMATION	TRANSPORTATION	TRANSPORTATION N	-
- Tensión Alimentación	219 V	219 V	219 V	219 V	219 V	219 V
- Corriente	0.12 A	0.12 A	0.12 A	0.12 A	0.12 A	0.12 A
- Perdidas de Núcleo	25 W	30 W	35 W	20 W	15 W	25 W
- Frecuencia	60 Hz	60 Hz	60 Hz	60.Hz	60 Hz	60 HZ
- Factor de Potencia	0.92°	0.92 °	0.92 *	0.92 *	0.92*	0.92*
- Temperatura	24.°C	29 °C	33 °C	19 °C	14 °C	24 .
- Perdidas de Núcleo	0	0		0	0	0
- Temperatura	9	0	A	9	9	0

Figura 79. Resultados de prueba Carga al vacío con valores aproximados a 220V.

Tabla 6

Parámetros	Valor Máximo	Resultados	Efectividad
Corriente	2.5A	0.12A	95.2%
Pérdida de núcleo	31W	15W	48.39%
Frecuencia	60Hz	60Hz	100%
Factor de potencia	1	0.92	0.92%
Temperatura	30°C	14°C	46.67%

Prueba Carga al Vacío - 220V.

Se explica a detalle el único proceso correcto que es necesario para realizar la prueba de Carga al Vacío mediante un diagrama de flujo tal como se puede observar en la figura 80.



Figura 80. Diagrama de Flujo de Prueba Carga al Vacío.

6.6 Prueba simulada de Cortocircuito

6.6.1 Selección de prueba de Cortocircuito en HMI 1

Similar a la prueba de carga al vacío, después de ingresar los transformadores, se selecciona la prueba de cortocircuito, esta prueba implica simular condiciones de cortocircuito para medir la respuesta del transformador con relación a la corriente. Las conexiones eléctricas son automáticas y los parámetros se ingresan manualmente con sus respectivas normas INEN. Los resultados se deben reflejar en la pantalla HMI_2. Se puede mostrar la selección de prueba de cortocircuito en la presente figura 81.



Figura 81. Selección de prueba Cortocircuito.

6.6.2 Prueba y resultados de Cortocircuito en pantalla HMI 2

Se visualiza la pantalla en la cual le muestran los estados de control y estados de pruebas de cortocircuito. En las cuales se observan la simulación de los 6 transformadores, alarmas, parámetros y casilleros en donde se mostrarán los valores de la simulación, de los cuales son cifras de 0, figura 82.

	ESTAL	DOS DE CO	NTROL	0		R PRUEBA RGA VACIO
TRANSFORMADOR TRANSFORMADOR TRANSFORMADOR TRANSFORMA 1 2 3 4	DOR TRANSFORMADO	R TRANSFORMADOR	PARO	SOBRE- CORRIENTE COR		
ES	TADOS PRI	JEBA COR	TOCIRCUI		TRANSEDEMADOR	TRANSFORMADOR
- Corriente Alimentación	0.00 A	2 0.00 A	3 0.00 A	4 0.00 A	0.00 A	6 0.00 A
- Tensión	000.0 V	000.0 V	000.0 V	000.0 V	000.0 V	000.0 V
- Perdidas de Cobre	000 W	000 W	000 W	000 W	000 W	000 W
- Frecuencia	000 Hz	000 Hz	000 Hz	000 Hz	000 Hz	000 Hz
- Factor de Potencia	0.00 °	0.00 °	0.00 °	0.00 °	0.00 °	0.00 °
- Temperatura	000 °C	000 °C	000 °C	000 °C	000 °C	000 °C
- Perdidas de Núcleo	0	0	0	0	0	
- Temperatura	0	0	Ø	0	0	

Figura 82. Cortocircuito en pantalla HMI 2

6.6.3 Resultados de prueba Cortocircuito en pantalla HMI 2

La Prueba de Cortocircuito – 0.50A revela un rendimiento del transformador simulado bajo condiciones de cortocircuito, la tensión medida es de 100.5V, alcanzando una efectividad del 91.36% en comparación con el valor máximo de 110V, lo que indica una ligera disminución en la capacidad de mantener la tensión esperada bajo carga de cortocircuito, la pérdida de cobre, registrada en 46W, representa un 49.45% del valor máximo permitido de 91W, lo que sugiere una gestión eficiente de las pérdidas resistivas, aunque podría haber margen para optimización, la frecuencia se mantiene estable en 60Hz, cumpliendo al 100% con los requisitos operativos, y el factor de potencia se mantiene en 0.92, lo que representa una efectividad del 92%, indicando un buen desempeño en la conversión de la energía, la temperatura se registró en 15°C, significativamente por debajo del máximo de 30°C, con una efectividad del 50%, lo que sugiere un funcionamiento con bajas emisiones de calor, reduciendo el riesgo de sobrecalentamiento.

La simulación del transformador muestra una buena capacidad para manejar las condiciones de cortocircuito, con fortalezas claras en la gestión de pérdidas de cobre y el control de la temperatura, aunque la ligera caída en la tensión y la pérdida de eficiencia en algunos aspectos indican áreas donde podría haber margen de mejora para alcanzar un rendimiento óptimo. se los puede observar en la figura 83 y tabla 7.

	ADOR TRANSFORMADOS		PARO	SORAE- CORREENTE	PRUEBA PRUEBA DRTOCIRCUITO	IR PRUEBA ARGA VACIO
ES	TADOS PRU	JEBA CORT	FOCIRCUT	ТО	THE FAMILY	
- Corriente Alimentación - Tensión	100.5 V	10.50 A	100.5 V	4 0.50 A 100.5 V	0.50 A	100.5 V
- Perdidas de Cobre - Frecuencia	46 W	51 W	56 W	41 W	36 W	0 W
Factor de Potencia Temperatura	0.92 °	0.92 °	0.92 °	0.92 °	0.92 °	0.92 ° 0 ℃
- Perdidas de Núcleo - Temperatura	S	00	8	000	8	8

Figura 83. Prueba de Cortocircuito con 0.50A.

Tabla 7.

Prueba Cortocircuito - 0.50A.

Parámetros	Valor Máximo	Resultados	Efectividad
Tensión	110V	100.5V	91.36%
Pérdida de cobre	91W	46W	49.45%
Frecuencia	60Hz	60Hz	100%
Factor de potencia	1	0.92	92%
Temperatura	30°C	15°C	50%

La Prueba de Cortocircuito – 0.63A revela un rendimiento aceptable del transformador simulado bajo condiciones de cortocircuito, con algunos puntos destacados y áreas de posible mejora. La tensión medida es de 100.4V, lo que representa una efectividad del 91.27%, frente al valor máximo de 110V, mostrando una ligera disminución en la capacidad para mantener la tensión ideal bajo esta carga, la pérdida de cobre registrada es de 68W, lo que corresponde a una efectividad del 74.73% en comparación con el máximo permitido de 91W, aunque, indica que las pérdidas resistivas son moderadamente altas, el transformador aún maneja de manera relativamente eficiente la disipación de calor causada por estas pérdidas, la frecuencia se mantiene estable en 60Hz, cumpliendo al 100% con los estándares operativos. El factor de potencia es de 0.92, con una efectividad del 92%, lo que refleja una eficiencia razonable en la conversión de energía reactiva a activa, la temperatura alcanzada es de 22°C, lo que representa una efectividad del 73.33%, manteniéndose dentro de los límites aceptables, se muestra un incremento notable en comparación con otras pruebas, lo que sugiere una mayor generación de calor bajo estas condiciones.

En general, el transformador simulado muestra una capacidad adecuada para operar bajo condiciones de cortocircuito, con un desempeño sólido en la mayoría de los parámetros evaluados, sin embargo, la pérdida de cobre y el aumento de temperatura destacan como áreas clave donde podría beneficiarse de mejoras para optimizar su eficiencia y durabilidad en operaciones prolongadas, que se puede visualizar en la figura 84 y tabla 8.

	ESTAI		NTROL	0	.	R PRUEB
TRANSFORMADOR TRANSFORMADOR TRANSFORMADOR TRANSFORMADOR TRANSFORMADOR TRANSFORMADOR TRANSFORMADOR TRANSFORMADOR	STADOS PR	R TRANSFORMADOR	PARO DHERGINCIA	CORRENTE CO	PRUEBA	
- Corriente Alimentación	TRANSFORMADOR					
- Tensión	100.4 V	100.4 V	100.4 V	100.4 X	100.4 X	0.63 A
- Perdidas de Cobre	58 W	63 W	68 W	53 W	48 W	100.4 V
- Frecuencia	60 Hz	60 Hz	60 Hz	60 Hz	60 Hz	60 Hz
- Factor de Potencia	0.92 °	0.92 °	0.92 °	0.92 °	0.92 °	0.92 0
- Temperatura	18 °C	20 °C	22 °C	17 °C	15 °C	32 %
- Perdidas de Núcleo - Temperatura	00	00	00	00	00	A

Figura 84. Prueba de Cortocircuito con 0.63A.

Tabla 8.

Prueba Cortocircuito - 0.63A.

lad
6
6
6

La Prueba de Cortocircuito -1.11A revela varios aspectos críticos sobre el rendimiento del transformador simulado bajo condiciones de carga elevada. La tensión medida es de 100.2V, lo que equivale a una efectividad del 91.09% en comparación con el valor máximo de 110V, esto indica una ligera pero consistente caída en la capacidad de mantener la tensión ideal bajo una carga de cortocircuito, lo cual podría afectar el rendimiento en aplicaciones exigentes. Un punto de preocupación significativo es la pérdida de cobre, que se registró en 102W, que supera el valor máximo permitido de 91W, que resulta en una efectividad negativa de -12.9%, este incremento en las pérdidas resistivas sugiere una ineficiencia en la gestión de la energía disipada como calor, lo cual puede afectar la durabilidad y eficiencia del transformador a largo plazo, la frecuencia, sin embargo, se estable en 60Hz, que cumple al 100% con los requisitos operativos, y el factor de potencia, registrado en 0.92, alcanza una efectividad del 92%, lo que indica un desempeño razonable en términos de eficiencia energética, otro aspecto preocupante es la temperatura, que alcanzó los 33°C, que supera el límite máximo de 30°C, lo que resulta en una efectividad negativa de -10%. Este aumento en la temperatura sugiere que el transformador puede estar sujeto a sobrecalentamiento bajo condiciones de carga elevada, lo que podría comprometer su fiabilidad y seguridad.

El transformador simulado mantiene un rendimiento adecuado en cuanto a la tensión, frecuencia y factor de potencia, la alta pérdida de cobre y el incremento en la temperatura

destacan como problemas críticos que requieren atención para mejorar la eficiencia y prevenir daños a largo plazo en operaciones bajo carga pesada. Como se muestra en la figura 85 y tabla 9.

Image: Second	Image: Section of the section of th		ESTAD	OS DE CO	NTROL			
ESTADOS PRUEBA CORTOCIRCUITO Corriente Alimentación Intergence Novegence	ESTADOS PRUEBA CORTOCIRCUITO Normania control contro control control control control control control control control		NADOR TRANSFORMADOR	TRANSFORMATOR 5	PARO DHERSEINCIA	SOBRE-CORRENTE COR		IR PRUEBA IRGA VACIO
Numericanos	Numericanos	E	STADOS PRU	JEBA COR	TOCIRCUI	го		
- Tensión 100.2 v 100.2 v 100.2 v 100.2 v 100.2 v - Perdidas de Cobre 102 w 107 w 112 w 97 w 92 w 100 w - Frecuencia 60 Hz	- Tensión 100.2 V	- Corriente Alimentación	1.11A	1.11 A	TRANSFORMADOR 3	1.11 A	1.11 A	TRANSFORMADOR 6
- Perdidas de Cobre 102 W 107 W 112 W 97 W 92 W 100 W - Frecuencia 60 Hz 60	- Perdidas de Cobre 102 W 107 W 112 W 97 W 92 W 100 W - Frecuencia 60 Hz - Factor de Potencia 0.92 ° 0	- Tensión	100.2 V	100.2 V	100.2 V	100.2 V	100.2 V	100.2 V
- Frecuencia 60 Hz	- Frecuencia 60 Hz	- Perdidas de Cobre	102 W	107 W	112 W	97 W	92 W	100 W
- Temperatura 33 °C 34 °C 36 °C 31 °C 30 °C 32 °C - Perdidas de Núcleo A A A A A A	- Temperatura 33 °C 34 °C 36 °C 31 °C 30 °C 32 °C - Perdidas de Núcleo A A A A A - Temperatura A A A A	 Frecuencia Factor de Potencia 	60 Hz	60 Hz	60 Hz	60 Hz	60 Hz	60 Hz
- Perdidas de Núcleo	Perdidas de Núcleo A	- Temperatura	33 °C	34 °C	36 °C	31 °C	30 °C	32 °C
- Temperatura (A) (A) (A) (A) (A)		- Perdidas de Núcleo - Temperatura						

Figura 85. Prueba de Cortocircuito con 1.11A.

Tabla 9.

Prueba Cortocircuito – 1.11A.

Parámetros	Valor Máximo	Resultados	Efectividad
Tensión	110V	100.2V	91.09%
Pérdida de cobre	91W	102W	-12.9%
Frecuencia	60Hz	60Hz	100%
Factor de potencia	1	0.92	92%
Temperatura	30°C	33°C	-10%
El proceso adecuado para realizar la prueba de cortocircuito se detalla meticulosamente utilizando un diagrama de flujo, como se muestra en la figura 86.



Figura 86. Diagrama de flujo de prueba Cortocircuito.

VII CRONOGRAMA

En la Tabla 10 se muestra el cronograma propuesto para las actividades, distribuidas a lo largo de aproximadamente 14 semanas. Este periodo de trabajo abarca de mayo a julio, correspondiente al periodo académico 64, con la intención de finalizar con la sustentación del proyecto durante la primera semana de agosto.

Tabla 10.

Cronograma de actividades para el desarrollo del Proyecto de Titulación

#	ACTIVIDAD	INICIO	FIN	13/05/2024	19/05/2024	20/05/2024	31/05/2024	01/06/2024	15/06/2024	16/06/2024	30/06/2024	01/07/2024	15/07/2024	16/07/2024	31/07/2024
1	Propuesta del tema y redacción del anteproyecto del Trabajo de Titulación	13/05/2024	19/05/2024												
2	Revisiones con el tutor y aprobación del tema de Titulación.	20/05/2024	31/05/2024												
3	Investigación sobre tipos y usos de transformadores monofásicos.	01/06/2024	15/06/2024												
4	Investigación de software TIA Portal y hardware HMI, PLC.	01/06/2024	15/06/2024												
5	Entrega del avance del documento al tutor (revisión 1,2,3),	16/06/2024	30/06/2024												
6	Entrega del avance del documento al tutor (revisión 4,5,6,7).	01/07/2024	15/07/2024												
7	Finalización del documento de Titulación	16/07/2024	31/07/2024												

VIII PRESUPUESTO

Dado que el proyecto se llevará a cabo mediante simulación, el presupuesto considera tanto las horas de trabajo de ingeniería invertidas en la investigación como los materiales necesarios para su finalización. Los costos, detallados en la tabla 11, suman un total estimado de \$650,00.

Tabla 11

Presupuesto aproximado para el desarrollo del Proyecto de Titulación

Cant.	Detalle	Valor unit	Valor total	
200	Horas de ingeniería	3,00	\$600,00	
1	Material de trabajo	100,00	\$100,00	
	Valor total		\$700,00	

IX CONCLUSIONES

Se ha llevado a cabo la revisión de dos pruebas fundamentales para los transformadores, tomado como punto de referencia la prueba de Carga al vacío y cortocircuito descrito en el marco metodológico, esta inspección simulada ha proporcionado afianzar conocimientos generales para comprender el proceso de las pruebas de bancos de transformadores monofásicos de 5kVA.

En la automatización mediante TIA Portal, el PLC Maestro permitió controlar la mayor parte de la programación, en la cual se ingresan todos los parámetros, configuraciones, funciones, que permiten la correcta programación y que pueden visualizarse con el respectivo HMI Maestro, es así que, la comunicación con el PLC Esclavo tuvo como función recibir los resultados de la simulación, proyectar mensajes de alarma y de estados de control mediante el HMI Esclavo.

La correcta programación KOP del respectivo TIA Portal para la automatización del mando y control de las pruebas del banco de transformadores, aseguró que las interfaces del PLC y HMI sean las adecuadas, además de demostrar la importancia de la comunicación maestro - esclavo, el ingreso de funciones y parámetros específicos para cada una de las pruebas de la simulación de los transformadores.

Se completó de manera satisfactoria la simulación de la automatización del banco de pruebas para transformadores monofásicos de 5kVA, la cual presenta una funcionalidad adecuada, además de lograr que los parámetros sean los valores requeridos y esperados dentro del proceso.

X RECOMENDACIONES

En base a los resultados que se obtuvieron en este proyecto, se recomienda que se realicen otros tipos de pruebas para la simulación de los transformadores tales como; Prueba de Resistencia de Aislamiento, Prueba de Resistencia de Contacto, Prueba de Sobrecarga, Prueba de Respuesta a Impulsos, estas también son necesarias para un estudio más profundo de los transformadores monofásicos de 5kVA, además, esta ampliación brindaría más datos, análisis del comportamiento del transformador, lo cual esta tesis sirve de base para mayores aplicaciones en las industrias que comercializan el producto.

Si bien los resultados de la simulación son satisfactorios, es necesario implementar pruebas experimentales utilizando bancos de pruebas físicas para los transformadores monofásicos, por ejemplo, en esta prueba se puede también realizar simulación para transformadores de 10kVA, se podrían ampliar para otro tipo de potencia, voltajes (trifásicos), corriente (amperajes), entre otros tipos.

Se recomienda una simulación en otros tipos de interfaces y programas, tales como, Factory IO; para una simulación entorno a las múltiples animaciones que se pueden crear para apreciar desde otro escenario la simulación. La versión mejorada de TIA Portal 19v, se recomienda para obtener nuevas funciones de ciberseguridad para proteger las redes industriales y los sistemas de control contra amenazas externas, para la programación, así como, se recomienda utilizar el PLC S7-1500 en vez del S7-1200 debido a su superior capacidad de procesamiento, funciones avanzadas de seguridad, diagnósticos más detallados y mayor flexibilidad en la integración de módulos y sistemas complejos.

Emplear los resultados de las pruebas experimentales para diagnosticar con mayor precisión posibles fallas, considerando que se simula con base en el control de calidad y la selección de los transformadores, para así, implementar medidas correctivas basadas en estas simulaciones para optimizar el funcionamiento global del proceso.

XI REFERENCIAS

- (s.f.). Obtenido de https://www.ingmecafenix.com/electronica/componentes/potenciometro/
- TU MASTER EN PLC. (s.f.). Obtenido de https://tumasterenplc.com/instruccion-put-en-

tiaportal-como-enviar-datos-entre-plc-siemens-bit-de-

comprobacion/#:~:text=La%20instrucci%C3%B3n%20%C2%ABPUT%C2%BB%20per mite%20escribir%20datos%20en%20una%20CPU%20remota.

ACON SOLUTIONS. (2023). ACON SOLUTIONS. Obtenido de ACON SOLUTIONS: https://www.acon-solutions.com.mx/54-FUENTE-DE-PODER-LOGO-,39395 1616168982

- ACON SOLUTIONS. (s.f.). ACON SOLUTIONS. Obtenido de ACON SOLUTIONS: https://www.acon-solutions.com.mx/54-FUENTE-DE-PODER-LOGO-,39395_1616168982
- ADEGIS. (ENERO de 2019). *ADEGIS*. Obtenido de Basic Panels 2nd Generation: https://adegis.com/media/asset/394aec9238fb523872c72ceb4f523cd936abd73aba7ee676 1f3f87ec920d2f06.pdf
- Alvarado, P. A. (2020). *El transformador. Prueba de vacío, prueba de cortocircuito y prueba de TTR*. Obtenido de https://asesoriaunive.wordpress.com/2020/04/24/el-transformador-prueba-de-vacio-prueba-de-cortocircuito-y-prueba-de-ttr/

AUTYCOM. (21 de junio de 2024). *AUTYCOM*. Obtenido de AUTYCOM: https://www.autycom.com/producto/6es7214-1ag40-0xb0/

CALLE, J. R. (2013). Eficiencia eléctrica en alimentadores primarios de distribución de la empresa eléctrica regional centro sur. cuenca. DIRECT INDUSTRY. (2024). DIRECT INDUSTRY. Obtenido de SIEMENS:

https://pdf.directindustry.es/pdf/siemens-power-supplies/logo-power-fuentealimentacion-plana-diseno-logo-8-cajas-distribucion/17494-626494.html

Electronica Lugo. (2018). *Electronica Lugo*. Obtenido de https://electronicalugo.com/prueba-decircuito-abierto-y-cortocircuito-en-transformador/

EUCHNER. (2022). EUCHNER. Obtenido de EUCHNER: https://www.euchner.de/es-

es/productos/dispositivos-de-parada-de-emergencia/dispositivo-de-parada-de-emergencia-

es/#:~:text=Seg%C3%BAn%20la%20norma%20EN%20ISO,sola%20maniobra%20de% 20una%20persona.

FACOGEM INDUSTRIAL S.R.L. (2024). FACOGEM INDUSTRIAL S.R.L. Obtenido de FACOGEM INDUSTRIAL S.R.L.: https://www.facogemi.com.pe/fabricacion/tablerosde-automatizacion-industrial-plc-pac-dcs

FISICALAB. (2023). FISICALAB. Obtenido de FISICALAB:

https://www.fisicalab.com/apartado/ley-de-ohm

HVH. (1994). HVH Industrial Solutions. Obtenido de

https://hvhindustrial.com/es/blog/principios-de-calentamiento-por-inducci%C3%B3n

IMEPI S.A. (2024). IMEPI. Obtenido de IMEPI: https://imepi.com.mx/que-son-los-

componentes-del-sistema-scada-y-como-mejoran-la-automatizacion-industrial/

INELDEC. (2024). INELDEC INGENIERIA ELÉCTRICA. Obtenido de INELDEC

INGENIERIA ELÉCTRICA: https://ineldec.com/producto/transformador-autoprotegidomonofasico-5-kva-magnetron/

INEN. (2012). TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN NUEVOS. Quito.

INEN. (2012). TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN NUEVOS MONOFÁSICOS. VALORES DE CORRIENTE SIN CARGA, PÉRDIDAS Y VOLTAJE DE CORTOCIRCUITO. QUITO.

INGEMECAFENIX. (21 de abril de 2017). *INGENIERIA MECAFENIX*. Obtenido de INGENIERIA MECAFENIX:

https://www.ingmecafenix.com/electronica/componentes/potenciometro/

IzqElec. (20 de enero de 2015). *IzqElec*. Obtenido de IzqElec:

https://electricasizquierdo.blogspot.com/2015/01/profinet-ptp-herramientas-online-y-de.html

MASTER_PLC. (2024). TU MASTER EN PLC. Obtenido de TU MASTER EN PLC:

https://tumasterenplc.com/instruccion-put-en-tiaportal-como-enviar-datos-entre-plcsiemens-bit-de-

comprobacion/#:~:text=La%20instrucci%C3%B3n%20%C2%ABPUT%C2%BB%20per mite%20escribir%20datos%20en%20una%20CPU%20remota.

MORETRAN EC. (2023). MORETRAN EC. Obtenido de MORETRAN EC:

https://www.moretran.ec/monofasico/

PINEDA, A. J. (diciembre de 2015). *riuma uma*. Obtenido de riuma uma: https://riuma.uma.es/xmlui/bitstream/handle/10630/11444/A.J.%20Garc%C3%ADa%20 Pineda_TFG.pdf

PLCKIT. (2022). *PLCKIT*. Obtenido de PLCKIT: https://www.plcskit.com/products/plc-dcscontroller/s7-1200-plc-cpu/simatic-s7-1200-plc-cpu-s7-1217c-dc-dc-dc-6es7217-1ag40-0xb0 PROFIBUS. (15 de noviembre de 2023). *PROFIBUS-PROFINET*. Obtenido de PROFIBUS-PROFINET: https://profibus.com.ar/profinet-que-es-y-como-funciona/

PROGRAMACIÓNSIEMENS. (2023). PROGRAMACIÓN SIEMENS. Obtenido de

PROGRAMACIÓN SIEMENS: https://programacionsiemens.com/s7-1200/

- RTE INEN 101. (2017). Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 101. Artefactos Electrodomésticos para Cocción por Inducción. Ecuador.
- SICMA21. (22 de abril de 2021). *SICMA21*. Obtenido de SICMA21: https://www.sicma21.com/que-son-las-redes-de-comunicacion-industrial/

SIEMENS. (11 de MAYO de 2023). *SIEMENS*. Obtenido de SIEMENS: https://support.industry.siemens.com/cs/document/

SIEMENS. (11 de mayo de 2023). *SIEMENS*. Obtenido de SIEMENS: https://support.industry.siemens.com/

SIEMENS. (11 de mayo de 2023). *SIEMENS*. Obtenido de SIEMENS: https://support.industry.siemens.com/

SISTEL. (2023). SISTEL. Obtenido de SISTEL: https://sistel.com.ec/transformadores/

TECNO PLC. (2023). TECNO PLC. Obtenido de TECNO PLC:

https://www.tecnoplc.com/funciones-matematicas-tia-portal-al-detalle-conejemplos/#Funci%C3%B3n_matem%C3%A1tica_Multiplicar_MUL_en_TIA_Portal

Trafomex. (2017). *Trafomex*. Obtenido de https://trafomex.com.mx/placa-de-datos-detransformadores/#kva_o_potencia_nominal

TU MASTER EN EL PLC. (2024). *TU MASTER EN EL PLC*. Obtenido de TU MASTER EN EL PLC: https://tumasterenplc.com/instruccion-put-en-tiaportal-como-enviar-datos-entre-plc-siemens-bit-de-

comprobacion/#:~:text=La%20instrucci%C3%B3n%20%C2%ABPUT%C2%BB%20per mite%20escribir%20datos%20en%20una%20CPU%20remota.

UNICROM. (s.f.). *ELECTRONICA UNICROM*. Obtenido de ELECTRONICA UNICROM:

https://www.google.com/search?sca_esv=8f53fd7bd3af96d8&rlz=1C1ALOY_esEC944E C944&sxsrf=ADLYWIJX2xG84RST32hmwqFefVX7kMoqkQ:1722237336203&q=ley+ de+ohm+con+potencia+en+fisicalab&udm=2&fbs=AEQNm0CbCVgAZ5mWEJDg6aoP VcBgWizR0-0aFOH11Sb5tlNhdzTfxpAVBoexMFZnKJBpl_N

Unidad Centro de Excelencia Técnica Normalización y Laboratorios. (2019). *Guía Metodológica cálculo de pérdidas de energía*. Medellín.

XII ANEXO

Prueba de resistencia del aislamiento, del instructivo de pruebas eléctricas para transformadores monofásicos (Moretran)

Criterio de Aprobación:

	Límites	Aceptación	Rechazo	Acción a tomar
Resistencia	≥ 5 GΩ	SI	-	Aprobar
Resistencia	≤ 4.99 GΩ	-	SI	Informar al jefe
				Laboratorio

De acuerdo a la referencia de la norma: ANSI NETA ATS 2017

Gráficos de Conexiones:



Pruebas de relación de transformación Criterio de Aprobación:

La tolerancia para la relación de transformación, medida cuando el transformador está sin carga debe ser de +/-0.5 %en todas sus derivaciones.

El coeficiente para aumentar o disminuir el voltaje de acuerdo al Tap en el que se encuentra el transformador es 0,025.

Ejemplo:

Transformador 7.620 Volts a 240 volts TAP NOMINAL POS 3.

TAP (Posición)	Coeficiente	Relación de Voltaje (voltios)	Relación de Transformación medida.	Voltaje de Salida	Criterio De Aceptación
1	0.025	8.001	33,33	240.05	El voltaje de
2	0.025	7.810,5	32,54	240.02	salida obtenido
3	0.025	7.620	31,75	240.00	de estas
4	0.025	7.429,5	30,95	240.04	operaciones
5	0.025	7.239	30,16	240.01	iguales a V _{BT}

Registro:

Registre los resultados en el Formato "FOR LAB 08" en el punto 3.- (tres)

Gráficos de Conexiones:





CONEXIÓN MEGGER A TRANSFORMADOR TIPO PAD

Pruebas en vacío

Práctico:

- Esta prueba se puede realizar a temperatura ambiente o superior sin alterar los resultados.
- Conecte los cables de poder al transformador de la siguiente manera:
 - 1. Conecte los cables de Fase Negro (L1) al bushing X1 y el cable Verde (N) Neutro al bushing X3.
 - 2. Recuerde conectar a tierra el transformador.
 - 3. Ajuste el medidor ION 7650 y los controles para prueba monofásica de acuerdo al "Procedimiento para Operación del PANEL CENTRAL DE MEDIDA AVANZADA".
 - 4. Aplique el voltaje de baja respectivo al transformador que está probando.
 - 5. Tome lectura de los valores que aparecen en la pantalla del panel de medición y registre en el formato los valores de:

Panel de Medición	Formato
VIDa	Tensión (V)
la	(x1x <u>3)A</u>
Wa	Perd. Med. (W)
FP sign a	Factor de Potencia

6. Bajar el voltaje hasta desenergizar completamente el transformador y descargar cada uno de los terminales con el cable de puesta a tierra.

Criterios de Aprobación:

Para conocer los valores de aceptación revise las Tablas de Valores Máximos Permisibles para Transformadores de Distribución Monofásicos, en el punto5 y 6 de este Procedimiento.

Registro:

Registre los resultados en el Formato "FOR LAB 08" en el punto 5.- (cinco)

Gráficos de conexiones:

Modo de Prueba de Tensión en Vacío de Transformador 1F CSP.



Pruebas de cortocircuito

Práctico:

- 1. Prueba realizable sólo en temperatura ambiente ($20 \degree C 36 \degree C$)
- 2. Coloque un puente que conecte los bujes de baja tensión X1- X3.
- 3. Conecte los cables de poder al transformador de la siguiente manera:
 - Conecte los cables de Fase Negro (L1) al bushing H1 y el cable Verde (N) Neutro al bushing H2.
- Calcule con la siguiente fórmula el amperaje I_{AT} que debe aplicar a la línea y regístrelo en (I:) en el punto 7 del Formato "FOR LAB 08":

$$I_{AT} = \frac{P \times 1000}{V_{AT}}$$
$$I_{BT} = \frac{P \times 1000}{V_{BT}}$$

- 5. En el acto práctico es necesario tener presente que es oportuno que las corrientes en juego alcancen el valor nominal de plena carga tanto en el lado del bobinado de alimentación I_{AT} y en el otro cerrado con corto circuito I_{BT}. El primer valor I_{AT} servirá para la elección de los instrumentos, mientras el segundo I_{BT} para la elección de la sección de los cables para usarse en las conexiones con corto circuito.
- 6. Una vez conocidos los valores, energice el transformador hasta alcanzar el valor de IAT.
- 7. Tome las lecturas del panel y en el formato registre lo valores de:

Panel de Medición	Formato
VIna	Ucc:
Wa	Perd. Med. (W)
FP sign a	Factor de Potencia

Criterios de Aprobación:

Intensidad de Corriente	Criterio De Aceptación			
Línea 1	Se APRUEBA el transformador si durante la prueba se			
Línea 2	obtienen valores de Intensidad de corriente iguales a lat en ambas líneas.			

Para conocer los valores de aceptación revise las Tablas de Valores Máximos Permisibles para Transformadores de Distribución Monofásicos, en el punto 6 de este Procedimiento.

Registro:

Registre los resultados en el Formato "FOR LAB 08" en el punto 7.- (siete)

Gráfico de Conexión:

Modo de conexión para Prueba de Cortocircuito de transformador 1F CSP.



Transformadores de distribución nuevos monofásicos. Valores de corriente sin carga, pérdidas y voltaje de cortocircuito.

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA - NTE INEN 2114:2004

NTE INEN 2 114

Potencia Nominal kVA	(% de I _n)	P (Ŵ)	P. (Ŵ)	Pt (W)	U (%
3	2,5	21	70	91	3
5	2,5	31 52	91 142	122	3
15	2,5	68	192	260	3
25	2,0	98	289	387	3
37,5	2,0	130	403	533	3,
75	1.7	214	713	927	3
100	1,6	263	897	1 160	3,
167*	1,5	379	1 360	1 739	3,

TABLA 2. Transformadores monofásicos de 15 a 333 kVA Clase medio voltaje >25 kV_{r.f} y \leq 34,5 kV_{r.f}, clase bajo voltaje \leq 1,2 kV_{r.f} referidos a 85° C

Potencia	l。	P.	P.	P _t	U _z
Nominal kVA	(% de l _n)	(Ŵ)	(W)	(W)	(%)
15 25 37,5 50 75 100 167 250 333	2,4 2,4 2,0 1,9 1,7 1,6 1,6 1,6	141 185 229 267 331 386 507 628 732	246 360 488 606 821 1 019 1 497 2 025 2 510	387 545 717 873 1 152 1 405 2 004 2 653 3 242	4,0 4,0 4,0 4,0 4,0 4,0 4,0 4,0 4,0 4,0

NOTAS:

- Las pérdidas declaradas permisibles con carga (Pc) en transformadores con corrientes superiores a 1 200 A, en uno u otro devanado, se pueden aumentar en un 5%, cuyo valor debe estar incluido en los valores declarados en la 1.
- oferta. El usuario queda en libertad de exigir al fabricante el cumplimiento de la tabla anterior, en las siguientes 2. modalidades:
 - a) Cumplimiento de los valores de pérdidas declaradas permisibles sin carga y de pérdidas con carga.
 b) Cumplimiento del valor de pérdidas declaradas permisibles totales solamente.

Si no se especifica lo contrario, se establecerán como valores límites los especificados en el método a). 3.

El método b) se utiliza únicamente si el usuario especifica la metodología de evaluación de pérdidas. Los valores de I_o y U_m incluyen las tolerancias establecidas en la NTE INEN 2 111 Primera revisión (tabla 2). 4.

2004-03

