



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE EDUCACIÓN CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

**TEMA:**

**“IMPLEMENTACIÓN Y MONTAJE DE UN MOTOR – GENERADOR ASÍNCRONO TRIFÁSICO DE 1.5 KW, Y EXTRACCIÓN DE DATOS MEDIANTE UN PLC, PARA REALIZAR PRÁCTICAS DEMOSTRATIVAS EN EL LABORATORIO DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO ELÉCTRICO EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE”**

Trabajo de grado previo a la obtención del título de Ingeniero en  
Mantenimiento Eléctrico.

**AUTORES:**

RECALDE MORALES EDISON FERNANDO  
SALAZAR SARANGO CARLOS ALFREDO

**DIRECTOR:**

ING. PABLO MÉNDEZ

Ibarra, 2015

## ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR

Luego de haber sido designado por el Honorable Concejo Directivo de la Facultad de Educación, Ciencia y Tecnología de la Universidad Técnica del Norte de la ciudad de Ibarra, he aceptado con satisfacción participar como director en el trabajo de grado titulado **"IMPLEMENTACIÓN Y MONTAJE DE UN MOTOR – GENERADOR ASÍNCRONO TRIFÁSICO DE 1.5 KW, Y EXTRACCIÓN DE DATOS MEDIANTE UN PLC, PARA REALIZAR PRÁCTICAS DEMOSTRATIVAS EN EL LABORATORIO DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO ELÉCTRICO EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE"**, de los señores egresados: RECALDE MORALES EDISON FERNANDO – SALAZAR SARANGO CARLOS ALFREDO, previo a la obtención del título de Ingeniero en Mantenimiento eléctrico.

Al ser testigo presencial y corresponsable directo del desarrollo del presente trabajo de investigación, afirmo que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sustentado públicamente ante el tribunal que sea designado oportunamente.

Esto es lo que puedo certificar por ser justo y legal.



Ing. Pablo Méndez

**DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO**

## **DEDICATORIA**

Este trabajo principalmente se lo dedico a Dios, por haberme dado la vida y permitirme llegar hasta esta instancia tan importante de mi formación académica, por darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentan, enseñándome a enfrentar las adversidades.

A mis padres, por ser el pilar más importante y por demostrarme su cariño siempre. Por su apoyo, comprensión, consejos en los momentos difíciles, y por ayudarme con los recursos necesarios para estudiar. Depositando su entera confianza en cada reto que se me presentaba sin dudar ni un solo momento en mi inteligencia y capacidad. Los amo con mi vida.

**Edison Fernando Recalde Morales**

## **DEDICATORIA**

A Dios por la darme la fuerza la vida, salud, fortaleza, sabiduría y paciencia necesaria para cumplir esta meta en mi vida.

A mis padres y hermanos que dieron su apoyo incondicional y siempre tuvieron una palabra de aliento lista para brindarme.

A Guissela por su amor y apoyo incondicional, y que me impulso a alcanzar esta meta.

A todo los que me extendieron la mano, les dedico el fruto de este trabajo.

**Carlos Alfredo Salazar Sarango**

## **AGRADECIMIENTO**

Como prioridad en mi vida agradezco a Dios por su infinita bondad, por haber estado conmigo en los momentos que más lo necesitaba, por darme salud, fortaleza y sabiduría a lo largo de mi carrera y por hacer realidad este sueño anhelado.

Le doy gracias a mis padres Jorge y Patricia por ser la luz y el camino a lo largo de mi vida, por los valores que me han inculcado, por su incondicional apoyo y confianza, por su enorme sacrificio y comprensión y por brindarme los mejores consejos que un hijo puede recibir. Todo este trabajo ha sido posible gracias a ellos.

Gracias de corazón aquella mujer muy especial, a quien amo, mi novia, que con su entrega y valor ha sido una persona incondicional en mi vida, ha sido mi soporte, mi guía mi mejor amiga, mi consejera para seguir adelante y no bajar los brazos en los momentos difíciles.

También doy infinitas gracias a mis familiares que estuvieron pendientes de cada paso del trayecto de mi preparación académica, pese a que no se encontraban físicamente a mi lado, pero sus buenos deseos estuvieron siempre latentes.

Finalmente agradezco de forma general a todas aquellas personas quienes de alguna u otra manera formaron parte de este gran sueño.

A todos ustedes un sincero “Dios les pague”.

**Edison Fernando Recalde Morales**

## **AGRADECIMIENTO**

A dios por darme salud y vida, así como por sus bendiciones que han iluminado mi camino y el de mi familia.

A mis padres por su ejemplo incansable, quienes supieron inculcarme sus valores de honestidad, justicia y perseverancia.

A mi amada, por ser una mujer bella que siempre estuvo conmigo impulsando el logro de este sueño.

A la Universidad Técnica del Norte por todas las enseñanzas recibidas a través de todos los buenos maestros, que sembraron en mí conocimiento, siendo pilares fundamentales de mi formación.

A mi Director de Proyecto, Ing. Pablo Méndez, por su ayuda, apoyo y guía en la consecución de esta meta.

**Carlos Alfredo Salazar Sarango**

## ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA .....	i
AGRADECIMIENTO .....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDO .....	v
ÍNDICE DE FIGURAS .....	ix
ÍNDICE DE TABLAS .....	xi
RESUMEN .....	xii
ABSTRACT .....	xiii
INTRODUCCIÓN .....	xiv
CAPÍTULO I .....	1
1 EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Planteamiento del problema .....	2
1.3 Formulación del problema.....	3
1.4 Delimitación .....	3
1.4.1 Delimitación espacial.....	3
1.4.2 Delimitación temporal .....	3
1.5 Objetivos.....	4
1.5.1 Objetivo general.....	4
1.5.2 Objetivos específicos.....	4
1.6 Justificación del proyecto .....	4
CAPÍTULO II .....	6
2 MARCO TEÓRICO. ....	6
2.1 Máquina de inducción .....	6
2.2 Circuito equivalente máquina de inducción .....	7
2.2.1 Modelo transformador de un motor de inducción .....	7
2.2.2 Circuito modelo del rotor .....	8
2.2.3 Circuito equivalente final .....	10
2.3 Circuito equivalente del generador de inducción.....	11
2.4 Generador de inducción .....	13
2.4.1 Generador de inducción operando independientemente.....	14

2.5	El capacitor de excitación .....	15
2.5.1	Potencia útil entregada por la máquina.....	18
2.5.2	Ventajas y desventajas del generador de inducción.....	19
2.6	Elementos para la elaboración del modulo.....	21
2.6.1	Variador de frecuencia (VDF).....	21
2.6.2	Medidor de parámetros eléctricos (MPE).....	22
2.7	Elementos de adquisición y extracción de datos.....	23
2.7.1	Selección de un PLC .....	23
2.7.2	PLC Siemens S7-1200 .....	25
2.7.3	Módulo de comunicación CM 1241 .....	27
2.7.4	Bloques básicos de programación .....	30
2.7.4.1	MB_COMM_LOAD .....	30
2.7.4.2	MB_MASTER .....	32
2.7.4.3	Temporizador TON .....	33
2.7.5	Software de programación .....	35
2.7.5.1	SIMATIC Step 7 Basic (TIA Portal). .....	35
2.7.5.2	SIMATIC Win CC.....	37
2.8	Comunicación Modbus RTU .....	37
2.9	Glosario de términos .....	38
CAPÍTULO III .....		40
3	METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.....	40
3.1	Tipo de Investigación.....	40
3.1.1	Investigación Tecnológica.....	40
3.1.2	Investigación Documental .....	40
3.2	Métodos.....	41
3.2.1	Método Inductivo. ....	41
3.2.2	Método Deductivo.....	41
3.2.3	Método Tecnológico.....	41
3.2.4	La recolección de información.....	42
3.3	Técnicas e Instrumentos .....	42
CAPÍTULO IV.....		43

4	PROPUESTA .....	43
4.1	Propósito.....	43
4.2	Introducción .....	43
4.3	Diseño del tablero de generación .....	44
4.3.1	Estructura del tablero.....	44
4.3.2	Matrimonio flexible.....	45
4.3.3	Descripción eléctrica del tablero .....	45
4.3.4	Circuito de control.....	48
4.3.4.1	Descripción de funcionamiento circuito de control .....	49
4.3.5	Circuito de fuerza.....	51
4.3.5.1	Descripción de funcionamiento del circuito de fuerza .....	51
4.3.6	Dimensionamiento de los motores de inducción .....	53
4.3.7	Conexionado de los motores de inducción .....	53
4.3.7.1	Motor - Impulsor .....	53
4.3.7.2	Motor - Generador.....	53
4.3.8	Cálculo de los capacitores de excitación .....	54
4.3.9	Conexionado del variador de frecuencia.....	55
4.3.10	Configuración de parámetros básicos del variador de frecuencia .....	56
4.3.11	Conexión del analizador de parámetros (MP) .....	57
4.4	PRÁCTICA N° 1.....	57
4.4.1.1	Objetivo.....	57
4.4.1.2	Contenido .....	58
4.4.1.3	Desarrollo .....	58
4.4.2	Instrucciones de seguridad.....	58
4.4.3	Modo de operación .....	60
4.4.4	Solución de problemas en la práctica .....	62
4.5	Guía de programación del PLC Siemens S7 1200.....	63
4.5.1	Introducción .....	63
4.5.2	Arquitectura del sistema de adquisición.....	63
4.5.3	Crear un proyecto nuevo .....	64
4.5.4	Configuración de equipos para la comunicación RS 485.....	69
4.5.4.1	Configuración para comunicación RS 485 del variador .....	69

4.5.4.2	Configuración para comunicación RS 485 del analizador de redes	70
4.6	Programación del PLC	72
4.6.1	PRÁCTICA N° 2	72
4.6.1.1	Objetivo	72
4.6.1.2	Contenido	72
4.6.1.3	Desarrollo	72
4.6.1.3.1	Añadir módulo de comunicación	72
4.6.1.3.2	Configuración MB_COMM_LOAD	74
4.6.1.3.3	Configuración MB_MASTER	75
4.6.1.3.4	Configuración del temporizador TON	77
4.6.1.3.5	Arranque del programa y recopilación de variables	78
4.6.1.3.6	Resultados	80
4.7	Implementación del sistema de medición y monitoreo de parámetros eléctricos	81
4.7.1	PRÁCTICA N° 3	81
4.7.1.1	Objetivo	81
4.7.1.2	Contenido	81
4.7.1.3	Desarrollo	81
4.7.1.3.1	Creación de nuevo proyecto HMI	82
4.7.1.3.2	Selección de dispositivos para la creación de pantallas HMI	82
4.7.1.3.3	Vista de la topología y conexión entre PLC- PC	84
4.7.1.3.4	Creación de pantallas para la visualización de las variables	85
4.7.1.3.5	Objetos y elementos de la pantalla HMI	85
4.7.1.3.6	Insertar una variable en un indicador numérico	86
4.7.1.3.7	Insertar imágenes	87
4.7.1.3.8	Resultados	88
4.8	Diagrama de flujo	89
CAPÍTULO V		90
5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	90

5.1	Conclusiones .....	90
5.2	Recomendaciones.....	91
5.3	BIBLIOGRAFÍA.....	93
5.4	LINKOGRAFÍA .....	93
5.5	ANEXOS FOTOGRÁFICOS .....	95

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1	Modelo transformador de un motor de inducción, circuito equivalente inicial de un motor de inducción .....	8
Figura 2.2	Circuito modelo del rotor .....	9
Figura 2.3	Circuito modelo del rotor con todos los efectos de la frecuencia (deslizamiento) concentrados en la resistencia $RR$ .....	10
Figura 2.4	Circuito equivalente por fase de un motor de inducción.....	11
Figura 2.5	Circuito equivalente generador de inducción.....	12
Figura 2.6	Curva par-velocidad de la máquina de inducción.....	13
Figura 2.7	Voltajes en terminales en vacío de un generador de inducción .....	15
Figura 2.8	Comparación entre un generador de inducción y un generador sincrónico .....	18
Figura 2.9	Variador de frecuencia (VDF).....	21
Figura 2.10	Medidor de parámetros eléctricos SACI ANG96 .....	22
Figura 2.11	PLC Siemens SINEMATIC S7-1200 .....	27
Figura 2.12	Módulo de comunicación RS 485 .....	27
Figura 2.13	Conector hembra .....	29
Figura 2.14	MB_COMM_LOAD .....	30
Figura 2.15	MB_MASTER .....	32
Figura 2.16	Selección de temporizador TON .....	34
Figura 2.17	Muestra de la estructura de la vista del proyecto. ....	35
Figura 2.18	Codificación RTU .....	37
Figura 4.1	Estructura metálica .....	44
Figura 4.2	Motores de inducción acoplados.....	45
Figura 4.3	Circuito de alimentación para el sistema de control .....	48
Figura 4.4	Circuito de Control .....	49
Figura 4.5	Circuito de fuerza .....	51

Figura 4.6 Diagrama esquemático de conexión de los motores.....	54
Figura 4.7 Conexionado de los bornes del VDF .....	55
Figura 4.8 Grupos de parámetros.....	56
Figura 4.9 Conexión del analizador de parámetros eléctricos SACI ANG96 .....	57
Figura 4.10 Aviso de seguridad .....	59
Figura 4.11 Arquitectura del sistema de adquisición de datos.....	64
Figura 4.12 Ejecutar Step7 TIA PORTAL .....	64
Figura 4.13 Proyectos existentes .....	65
Figura 4.14 Nuevo proyecto .....	65
Figura 4.15 Primeros pasos.....	66
Figura 4.16 Selección de la CPU.....	66
Figura 4.17 Visualización de la CPU S7-1200 .....	67
Figura 4.18 Configuración de la IP .....	67
Figura 4.19 Dispositivos accesibles .....	68
Figura 4.20 Conexión online entre PLC Y PC.....	68
Figura 4.21 Conexión entre variador y PLC .....	69
Figura 4.22 Conexión entre analizador de parámetros y módulo RS 485.....	70
Figura 4.23 Selección del módulo de comunicación Modbus RTU 485 .....	73
Figura 4.24 Visualización de la CPU y módulo de comunicación Modbus RS 485 .....	73
Figura 4.25 Pasos para seleccionar bloques de programación para comunicación Modbus.....	74
Figura 4.26 Configuración de MB_COMM_LOAD .....	75
Figura 4.27 MB_MASTER .....	76
Figura 4.28 Selección del temporizador TON .....	77
Figura 4.29 Enlace online entre PLC Y PC .....	78
Figura 4.30 Vista general del programa corriendo .....	79
Figura 4.31 Tabla de variables.....	79
Figura 4.32 Conversión de hexadecimales a decimales .....	80
Figura 4.33 Comparación de valores enviados y recibidos .....	80
Figura 4.34 Creación de nuevo proyecto HMI.....	82
Figura 4.35 Configuración de un dispositivo .....	82
Figura 4.36 Agregar dispositivos .....	83
Figura 4.37 Modulo de comunicación ETHERNET –IE GENERAL.....	83
Figura 4.38 Vista de la topología y conexión entre PLC-PC.....	84

Figura 4.39 Vista de redes .....	84
Figura 4.40 Creación de nueva imagen-pantalla .....	85
Figura 4.41 Agregar texto .....	86
Figura 4.42 Insertar un indicador numérico.....	87
Figura 4.43 Insertar imagen.....	88
Figura 4.44 Vista de monitoreo de voltajes .....	88
Figura 4.45 Diagrama de flujo .....	89

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Comparación entre los distintos generadores eléctricos .....	20
Tabla 2.2 Magnitudes de un analizador de parámetros eléctricos.....	23
Tabla 2.3 Comparación entre PLC Siemens y otro modelo .....	24
Tabla 2.4 Características del PLC Siemens S7-1200 AC/DC/RLY .....	26
Tabla 2.5 Módulos de comunicación (CMS), datos técnicos del CM 1241 RS 485 .....	28
Tabla 2.6 Configuración del conector hembra de comunicación RS 485.....	29
Tabla 2.7 Parámetros MB_COMM_LOAD.....	31
Tabla 2.8 Descripción de parámetros .....	33
Tabla 2.9 Descripción de los parámetros del temporizador TON .....	34
Tabla 4.1 Elementos del tablero .....	46
Tabla 4.2 Elementos del circuito de control.....	49
Tabla 4.3 Cargas de los contactores .....	50
Tabla 4.4 Elemento del circuito de fuerza .....	52
Tabla 4.5 Parámetros de accionamiento .....	56
Tabla 4.6 Soluciones de problemas.....	62
Tabla 4.7 Tabla parámetros para la comunicación RS 485.....	70
Tabla 4.8 Parámetros configurados del analizador de redes.....	71
Tabla 4.9 Parámetros para configurar MB_COMM_LOAD .....	75
Tabla 4.10 Descripción de parámetros .....	76
Tabla 4.11 Configuración de los parámetros del temporizador TON .....	77
Tabla 4.12 Objetos y elementos de la pantalla HMI.....	86

## RESUMEN

El presente trabajo tiene la finalidad de implementar en el laboratorio de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico un equipo funcional, práctico y capaz de complementar los conocimientos de los estudiantes sobre la construcción, operación y características de funcionamiento de los generadores eléctricos asíncronos conectados a una red pública. Así como también se añadió un sistema de monitoreo de los principales parámetros eléctricos mediante un sistemas de redes industriales. El presente proyecto está estructurado como se indica a continuación: CAPÍTULO I se formuló y delimitó el problema de investigación, se planteó objetivos; un general y cinco específicos, que dirigieron el trayecto de esta investigación. El CAPÍTULO II contiene la base teórica sobre los motores de inducción, generadores asíncronos, variadores de frecuencia, PLC Siemens S7 - 1200, equipos y elementos principales necesarios para la elaboración del tablero. CAPÍTULO III se describe la metodología de investigación utilizada para el desarrollo del tablero didáctico, así como también los métodos y técnicas que se aplican en su ejecución. El CAPÍTULO IV contiene el desarrollo de la propuesta, con el diseño de circuitos de control y de fuerza para el desarrollo y puesta en marcha del tablero de generación, así como también se describe la creación de un sistema de redes industriales que se encargará del monitoreo de los principales parámetros eléctricos, este sistema se desarrolló en el programa Step 7 de Siemens, al igual que para la creación de pantallas HMI se utilizó la plataforma Win CC de Siemens, todo esto bajo una guía de prácticas para que puedan ser desarrolladas sin problemas por los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico. CAPÍTULO V se redacta algunas recomendaciones basadas en las conclusiones obtenidas para el uso adecuado del este tablero didáctico, también se incluyen las fuentes bibliográficas, linkografías y anexos fotográficos.

## **ABSTRACT**

This project is intended to install functional equipment in the Electrical Maintenance Engineering laboratory, to increase the students' knowledge about installation, setup and operating characteristics of asynchronous electric generators connected to public transmission lines. A monitoring system for the main electrical parameters through industrial networks system was also added. The present project is structured as follows: CHAPTER I defines the research problem and sets one general objective and five specific objectives. CHAPTER II contains the theoretical basis about induction motors, asynchronous generators, variable frequency drives, PLC Siemens S7-1200, main elements and equipment needed for the board preparation. CHAPTER III describes the methodology used to develop the educational board, as well as the methods and techniques used in its execution. CHAPTER IV contains the proposal development, with the design of control and power circuit boards, as well as the creation of an industrial network system that will handle the monitoring of the main electrical parameters. This system was developed in the Step 7 program from Siemens. A Winn cc Siemens platform was used to create HMI screens. All this was done under a best practices guidebook so they can be carried out by Engineering in Electrical Maintenance students. CHAPTER V includes some recommendations for the proper uses of this didactic board. Bibliographic sources, references and photographic attachments are also included.

## INTRODUCCIÓN

El presente proyecto pretende simular un sistema de generación, mediante un sistema multimáquina, para cumplir con este objetivo, se implementó un grupo Motor – Generador Asíncrono de 1.5 kW de potencia, emulando aquellos generadores que actualmente se están implementando para aprovechar caudales y caídas de agua moderadas en microcentrales hidroeléctricas de paso.

Este banco de laboratorio, cuenta con su respectivo manual de operación en el cual permite realizar diferentes prácticas en cuanto se refiere a la cátedra de Maquinas Eléctricas.

Se utilizó como elementos principales para el montaje: una máquina impulsora, compuesta por un motor de inducción de 1.5 KW accionado por un variador de frecuencia y un generador asíncrono (motor de inducción) de 1.5 KW. A éstos elementos se adicionan dispositivos electrónicos de medición y control, para obtener resultados numéricos en las diferentes prácticas propuestas y así demostrar la teoría impartida en las aulas.

El banco de prueba también cuenta con un sistema de monitoreo realizado con un PLC Siemens S7-1200, mediante el módulo de comunicación CM 1241 el cual enlaza una comunicación RS 485 entre los equipos de medición y el PLC, para su visualización en la PC se realizó una comunicación Ethernet entre la PC y PLC.

Para la programación del PLC se utilizó el software Step 7 de Siemens, el cual permite la configuración de módulo de comunicación CM 1241, pudiendo adquirir datos desde el analizador de redes eléctricas y el variador, hacia una pantalla HMI desarrollada en la plataforma Win cc de Siemens.

Para la operación del tablero de generación y el sistema de monitoreo, se realizó una guía de prácticas para su fácil desarrollo y comprensión, al momento de manipular los equipos y el software.

## **CAPÍTULO I**

### **1 EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

#### **1.1 Antecedentes**

Los motores asíncronos o de inducción son un tipo de motor de corriente alterna. El primer motor eléctrico capaz de funcionar con corriente alterna fue desarrollado y construido por el Ingeniero Nikola Tesla y presentado en el Instituto Americano de Ingenieros Eléctricos, actualmente IEEE en 1888.

La mayoría de turbinas eólicas del mundo utilizan un generador asíncrono trifásico (de jaula bobinada), también llamado generador de inducción, para generar corriente alterna. Fuera de la industria eólica y de las pequeñas unidades hidroeléctricas, el estudio de este tipo de generadores no es muy extenso.

Este tipo de generador fue inicialmente diseñado como motor eléctrico. Actualmente, una tercera parte del consumo mundial de electricidad es utilizado para hacer funcionar motores de inducción que muevan maquinaria en fábricas, bombas, ventiladores, compresores, elevadores, y otras aplicaciones donde se necesita convertir energía eléctrica en energía mecánica.

Las universidades de países desarrollados, cuentan con laboratorios o talleres de pruebas de última tecnología, tableros eléctricos diseñados para que puedan generar una potencia eléctrica considerable, esto se lo viene practicando mucho tiempo atrás. Estos tableros cuentan con motores de una potencia considerable, capaces de sincronizar la energía generada con

la red eléctrica local.

En el Ecuador existen universidades con este tipo de tecnología, que sirven para la formación académica de los estudiantes, aumentando el grado de conocimiento práctico y crítico ante el diseño y funcionamiento de generadores de energía eléctrica y el actual sistema SCADA. Sin embargo, los laboratorios de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico, no cuentan con tableros para prácticas capaces de generar potencia eléctrica y poder monitorear parámetros eléctricos, sabiendo la importancia, beneficio y el impacto que estos tienen para la complementación educativa de los estudiantes, tanto en su vida académica como profesional.

## **1.2 Planteamiento del problema**

El problema de investigación es la necesidad de diseñar y construir un tablero didáctico para realización de pruebas de medición y supervisión de parámetros eléctricos de un generador asíncrono impulsado por un motor ac, ya que, esto tiene una utilidad significativa en conocimientos para la vida laboral del estudiante, tomando en cuenta que lo teórico va de la mano con lo práctico.

Este tipo de tablero eléctrico consta de un estudio avanzado el cual debe ser delimitado y expuesto logrando así un mayor conocimiento sobre la generación de energía mediante motores asíncronos, la ciencia y todos los estudios se han volcado sobre la generación de electricidad de una forma más práctica, lo que ha llamado la atención para abordar el tema de generadores.

Debido a estos problemas e inquietudes se ha decidido diseñar e implementar en el laboratorio de la carrera un generador asíncrono impulsado por un motor AC, logrando con esto una mayor expansión del conocimiento e información sobre el sistema SCADA, el cual se está

implementando actualmente en plantas generadoras de electricidad y en varias industrias donde se necesite supervisar y monitorear parámetros eléctricos.

### **1.3 Formulación del problema**

Gracias al análisis realizado, la investigación parte del siguiente problema:

¿Cómo lograr que los estudiantes de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico realicen prácticas demostrativas de medición y manipulación de generadores eléctricos?

### **1.4 Delimitación**

#### **1.4.1 Delimitación espacial**

Este proyecto tuvo lugar en la provincia de Imbabura, ciudad de Ibarra, Campus de la Universidad Técnica del Norte, instalaciones e infraestructura de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico, ubicado en la Avenida 17 de Julio.

$0^{\circ} 21' 31,3''$  N

$78^{\circ} 0,6' 38,0''$  W

#### **1.4.2 Delimitación temporal**

La implementación y montaje de un motor – generador asíncrono trifásico y extracción de datos tuvo la duración de un año y diez meses, y a la vez el sustento teórico el cual encaminara al estudiante a realizar la práctica en el tablero de generación.

## **1.5 Objetivos**

### **1.5.1 Objetivo general**

Implementar un motor – generador asíncrono trifásico de 1.5 kW, para realizar prácticas demostrativas en el laboratorio de máquinas eléctricas de la carrera de ingeniería en mantenimiento eléctrico.

### **1.5.2 Objetivos específicos**

- Investigar la construcción, principio de funcionamiento y utilización de los motores asíncronos.
- Implementar un sistema de extracción de datos mediante un PLC a un computador.
- Analizar el funcionamiento, características, parámetros y utilidad de un variador de frecuencia para el arranque y control del motor impulsor a utilizarse.
- Implementar equipos de protección, medición en el tablero para demostración de su funcionamiento.
- Realización de una guía de prácticas para la debida manipulación del tablero.

## **1.6 Justificación del proyecto**

En la actualidad los recursos naturales energéticos que utiliza el hombre son no renovables como lo es el petróleo, el uranio el carbón y el gas

natural, es decir que, una vez agotados estos no vuelven a regenerarse. La utilización de los mismos puede provocar un enorme impacto en el ambiente, ya que al emplear estos recursos para generar electricidad se contamina el suelo, el agua y el aire. Debido a esta problemática nace el interés por el desarrollo de nuevas tecnologías, tales como los generadores de inducción, los cuales actualmente son muy rentables y poseen la ventaja de ser poco contaminantes.

Por esta razón se realizó la implementación de un Motor-Generador Asíncrono de 1.5 KW, con el cual se desea emular un sistema de generación que actualmente se están implantando, las mismas que aprovechan caudales y caídas de agua moderadas para su funcionamiento.

La implementación del tablero Motor-Generador con extracción de datos mediante un PLC, beneficiará a los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico, ya que, complementarán sus conocimientos tanto en sistemas de generación eléctrica alternativa como en sistemas de redes industriales.

El tablero posee elementos de protección normalizados, los cuales se adquirieron específicamente para proteger y garantizar el funcionamiento de los mismos. Este equipo cuenta con una mesa de trabajo, con un mímico y material didáctico adecuado, disponiendo además de todas las protecciones necesarias para la realización de las prácticas, requiriendo únicamente para su operación el disponer de un sistema eléctrico con suministro trifásico de 220 V a 60 Hz.

## CAPÍTULO II

### 2 MARCO TEÓRICO.

#### 2.1 Máquina de inducción

En teoría todo motor es un generador; por lo que es conveniente estudiar a los motores y a los generadores con los mismos conceptos, la diferencia radica en que si la máquina recibe energía eléctrica para transformarla en energía mecánica, o si recibe energía mecánica para transformarla en energía eléctrica.

El funcionamiento de la máquina de inducción como motor o como generador depende del deslizamiento, según el cual se puede fijar los modos de operación de la máquina, se define como la diferencia entre la velocidad sincrónica y la velocidad del rotor.

$$S = \frac{N_{sinc} - N_m}{N_{sinc}} * 100 \quad 1.1$$

Donde

S: Velocidad de deslizamiento

$N_{sinc}$ : Velocidad de los campos magnéticos (velocidad de sincronismo)

$N_m$ : Velocidad mecánica del rotor

El deslizamiento puede ser positivo o negativo. Para que una máquina de inducción funcione como un generador su deslizamiento debe ser negativo, es decir un generador de inducción opera sobre su velocidad sincrónica.

El deslizamiento es uno, cuando el rotor de la máquina de inducción está en reposo, mientras que tiende a cero cuando se acerca a la velocidad de sincronismo, es importante mencionar que la máquina de inducción tiene velocidad constante cuando está en estado estable. (Chapman, Maquinas Electricas / 5 ED., 2012).

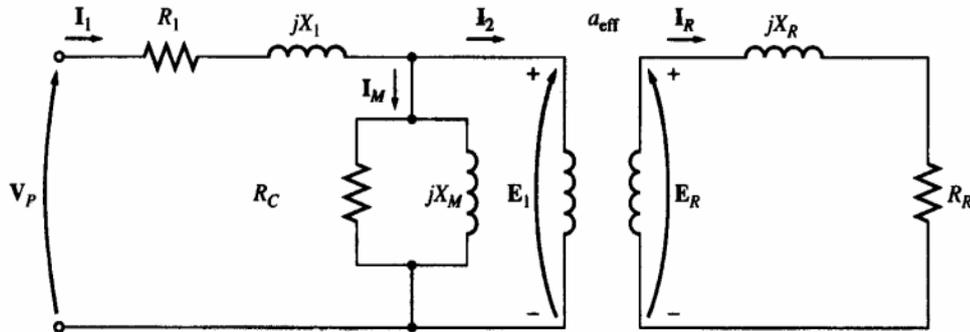
## 2.2 Circuito equivalente máquina de inducción

Un motor o máquina de inducción depende su funcionamiento de que el circuito del estator induzca voltajes y corrientes en el circuito del rotor (acción transformadora). Puesto que la inducción de voltajes y corrientes en el circuito del rotor de un motor de inducción es, esencialmente, una acción de transformación, el circuito equivalente de un motor eléctrico de inducción terminará por ser muy similar al circuito equivalente de un transformador. (Chapman, Maquinas Electricas 5ED., 2012).

### 2.2.1 Modelo transformador de un motor de inducción

En la figura 2.1 se muestra el circuito equivalente transformador, por fase, de un motor de inducción. La resistencia del estator es  $R_1$  y la reactancia de dispersión es  $X_1$ .  $E_1$  es el voltaje primario del estator, acoplado al secundario  $E_R$  mediante un transformador ideal con la relación de vueltas  $a_{eff}$ . El voltaje  $E_R$  producido en el rotor ocasiona un flujo de corriente en el rotor.  $R_C$  es el componente de pérdidas en el núcleo y  $jX_M$  se refiere a la reactancia de magnetización,  $R_R$  y  $jX_R$  son las impedancias del rotor. Asimismo,  $I_1$  corresponde la corriente de línea,  $I_M$  la corriente de magnetización.  $I_R$  es el flujo de la corriente en el rotor e  $I_2$  es al corriente rotórica. (Chapman, Maquinas Electricas / 5 ED., 2012).

**Figura 2.1 Modelo transformador de un motor de inducción,  
circuito equivalente inicial de un motor de inducción**



**Fuente:** (Chapman, Maquinas Electricas 5ED., 2012)

## 2.2.2 Circuito modelo del rotor

Cuanto mayor sea el movimiento relativo entre los campos magnéticos del rotor y del estator, mayor será el voltaje resultante en el rotor y la frecuencia del rotor. El mayor movimiento relativo ocurre cuando el rotor se encuentra estacionario, condición llamada de rotor detenido o de rotor bloqueado, de modo que en esta condición se inducen el máximo voltaje y la máxima frecuencia del rotor. El mínimo voltaje (0 V) y la mínima frecuencia (0 Hz) ocurren cuando el motor se mueve con la misma velocidad que el campo magnético del estator, caso en que no hay movimiento relativo. (Chapman, Maquinas Electricas 5ED., 2012)

El voltaje y la frecuencia del rotor son directamente proporcionales al deslizamiento del rotor, por lo que el voltaje y la frecuencia inducidos para cualquier deslizamiento son:

$$E_R = sE_{R0} \quad 1.2$$

$$F_r = sf_e \quad 1.3$$

En donde  $E_{R0}$  es el voltaje a rotor bloqueado,  $s$  es el deslizamiento y  $f_e$  es la frecuencia de línea.

La reactancia del rotor ( $X_R$ ) no es constante como lo es la resistencia ( $R_R$ ); por lo que depende de la inductancia ( $L_R$ ), de la frecuencia ( $\omega_r$ ) y de la corriente del rotor:

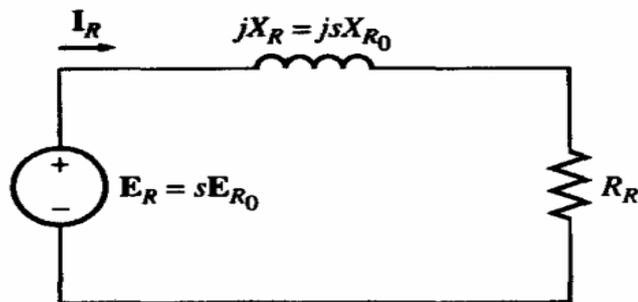
$$X_R = \omega_r L_R = 2\pi f_r L_R \quad 1.4$$

De la ecuación 1.4 se tiene que:

$$X_R = 2\pi f_e L_R = s(2\pi f_e L_R) = sX_{R0} \quad 1.5$$

En donde  $X_{R0}$  es la reactancia a rotor bloqueado.

**Figura 2.2 Circuito modelo del rotor**



**Fuente:** (Chapman, Maquinas Electricas 5ED., 2012)

Finalmente se tiene el circuito equivalente del rotor en la figura 2.2. El flujo de corriente en el rotor se calcula como:

$$I_R = \frac{E_R}{R_R + jsX_{R0}} \quad 1.6$$

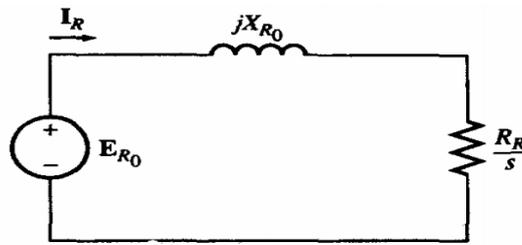
$$I_R = \frac{E_R}{R_R/s + jX_{R0}} \quad 1.7$$

De esta última ecuación, es posible calcular la impedancia equivalente del rotor; desde el punto de vista de que se encuentra alimentada por la fuente de voltaje  $E_{RO}$ :

$$Z_{R,eq} = \frac{R_R}{s} + jX_{RO} \quad 1.8$$

Para obtener el circuito equivalente del rotor en el que el voltaje  $E_{RO}$  es constante y la impedancia del rotor contiene todos los efectos de la variación del deslizamiento (figura 2.3).

**Figura 2.3 Circuito modelo del rotor con todos los efectos de la frecuencia (deslizamiento) concentrados en la resistencia  $R_R$**



**Fuente:** (Chapman, Maquinas Electricas 5ED., 2012)

### 2.2.3 Circuito equivalente final

Para obtener el circuito equivalente por fase, es necesario referir en el estator, el modelo del rotor. Si la relación de vueltas de un motor de inducción es  $a_{eff}$ , el voltaje transformado es:

$$E_1 = E'_R = a_{eff} E_{RO} \quad 1.9$$

Y la corriente e impedancia rotóricas son:

$$I_2 = \frac{I_R}{a_{eff}} \quad 1.10$$

$$Z_2 = a_{eff}^2 \left( \frac{R_R}{s} + jX_{RO} \right) \quad 1.11$$

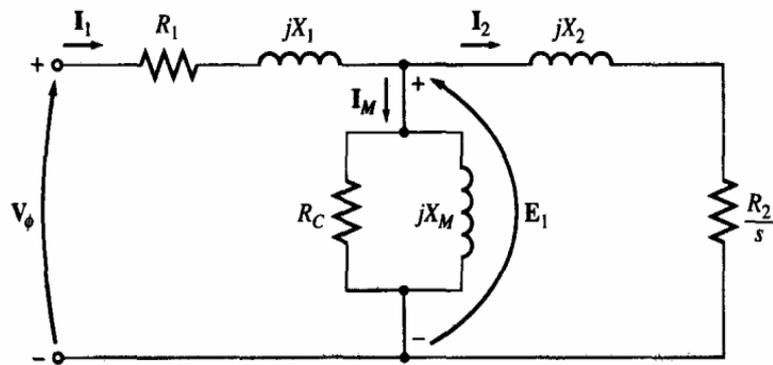
Y si se definen:

$$R_2 = a^2_{eff} R_R \quad 1.12$$

$$X_2 = a^2_{eff} X_{RO} \quad 1.13$$

Se tiene finalmente el circuito equivalente por fase de la figura 2.4.

**Figura 2.4 Circuito equivalente por fase de un motor de inducción**



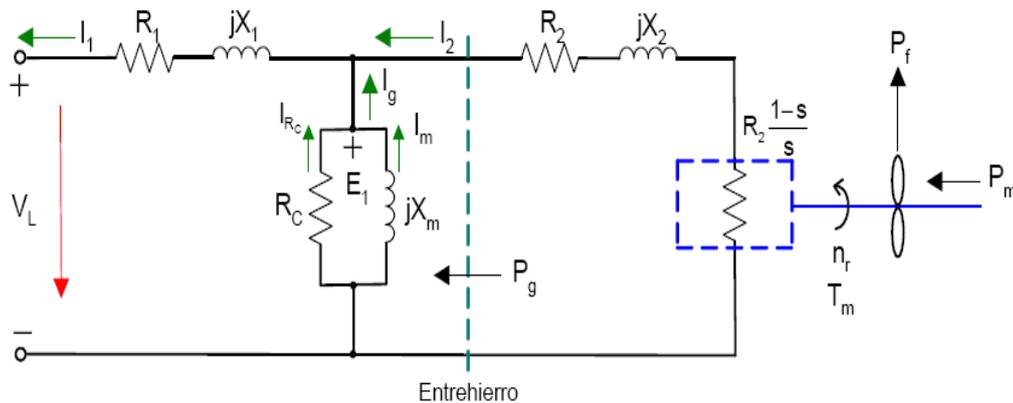
**Fuente:** (Chapman, Maquinas Electricas 5ED., 2012)

### 2.3 Circuito equivalente del generador de inducción

El circuito equivalente de un generador de inducción, es similar al circuito equivalente de un transformador, donde el devanado del circuito del rotor opera a una frecuencia variable debido al deslizamiento de la máquina; esta consideración importante, permite que la impedancia del circuito del rotor, vista por el estator de la máquina, varíe en función del deslizamiento.

En la figura 2.5, se muestra el circuito equivalente por fase de una máquina trifásica de inducción; donde todos los parámetros por fase, están referidos al estator de la máquina.

**Figura 2.5 Circuito equivalente generador de inducción**



**Fuente:** (Guerrero Cuesta, 2006)

Dónde:

$R_1, R_2$ : Resistencias de los devanados del estator y rotor por fase.

$X_1, X_2$ : Reactancias de dispersión del devanado del estator y rotor por fase.

$X_m$ : Reactancia cíclica o de magnetización por fase.

$R_C$ : Resistencia de pérdida en el entrehierro.

$E_1$ : Voltaje en el entrehierro por fase.

$V_L$ : Voltaje terminal por fase.

$I_1, I_2$ : Corrientes de los devanados del estator y rotor por fase.

$I_g = I_{R_c} + I_m$ : Corriente en el entrehierro de la máquina.

$P_f$ : Potencia de pérdidas por fricción por fase.

$P_g$ : Potencia promedio que cruza el entrehierro por fase.

$P_m$ : Potencia mecánica de entrada por fase.

$T_m$ : Torque mecánico de entrada por fase.

$n_r$ : Velocidad del rotor.

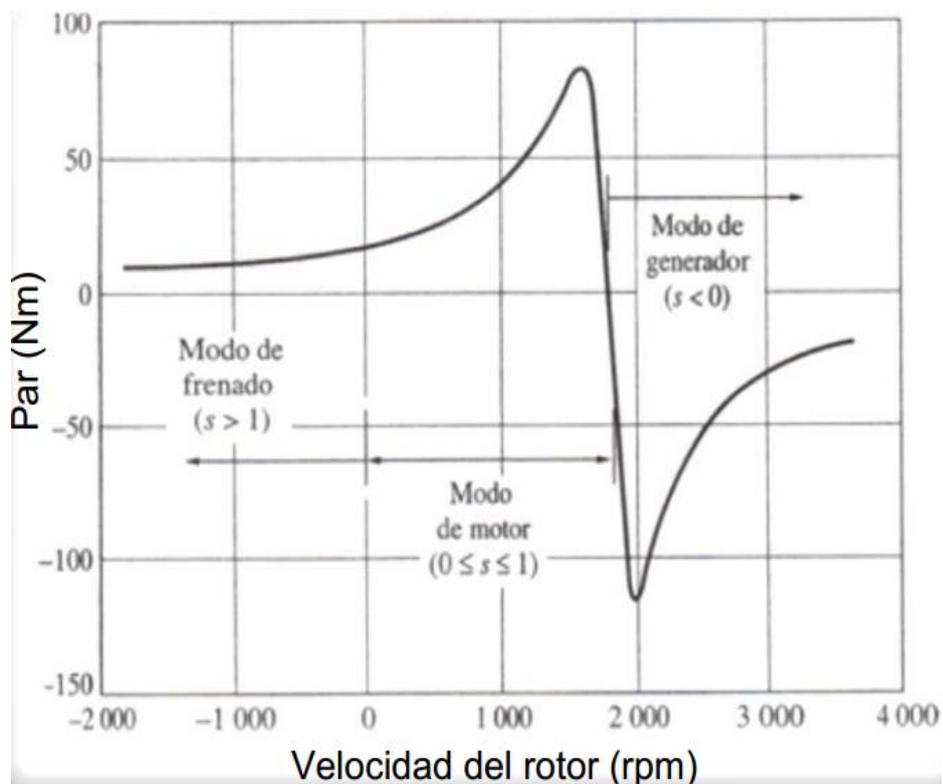
En el régimen de funcionamiento de la máquina de inducción como generador, al girar el rotor de la máquina, con alguna fuente de potencia reactiva conectada a los devanados de su estator a una velocidad mayor que su velocidad sincrónica nominal, su deslizamiento de operación es negativo, y la fuerza electromotriz en el devanado del rotor varía su dirección en comparación con la del régimen de funcionamiento como

motor, variando también la dirección de las componentes activas de las corrientes  $I_1$  e  $I_2$ ; permitiendo que la máquina ceda potencia hacia la carga o a la red a la que se encuentra conectada.

## 2.4 Generador de inducción

La figura 2.6, muestra la curva par velocidad de la máquina de inducción. En esta se indica hasta el punto de par máximo que el par es proporcional al deslizamiento, es decir, a medida que disminuye el deslizamiento disminuye el par. Cuando el deslizamiento es cero, a la velocidad síncrona, el par es cero.

Figura 2.6 Curva par-velocidad de la máquina de inducción



Fuente: (Sanches, 2008)

En modo motor, el deslizamiento varía desde 0% en vacío hasta 100% a rotor bloqueado. Cuando el motor trabaja a velocidad y carga nominales, con un deslizamiento cercano a cero; si por alguna razón la carga que impulsa acelera al motor o de alguna manera llega a disminuir la velocidad síncrona, el deslizamiento se reduce a cero y a los valores negativos. En este caso, la velocidad del rotor es mayor que la síncrona y la máquina trabaja como generador, proporcionando energía eléctrica. La salida del generador de inducción (voltaje generado) depende de la magnitud del deslizamiento negativo.

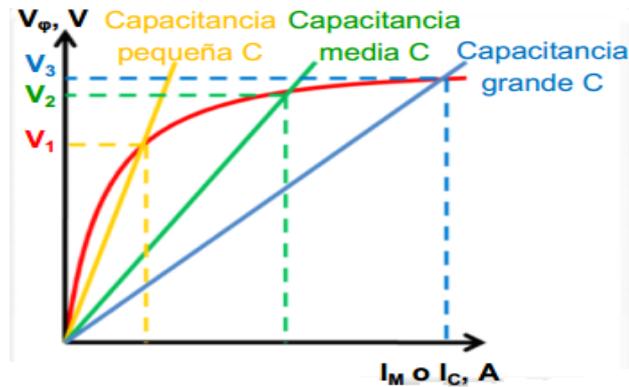
Como el generador de inducción no tiene un circuito independiente para su excitación, no puede producir potencia reactiva, de hecho, el consume potencia reactiva y para mantener el campo magnético de su estator necesita estar conectado permanentemente a una fuente exterior de potencia reactiva, esta fuente también debe controlar el voltaje en terminales del generador.

#### **2.4.1 Generador de inducción operando independientemente**

La máquina de inducción puede trabajar como generador independientemente de cualquier sistema de potencia, siempre que haya capacitores disponibles para suministrar la potencia reactiva que necesita el generador y las cargas conectadas.

Con el fin de obtener un determinado nivel de voltaje en un generador de inducción, los capacitores externos deben suministrar la corriente de magnetización correspondiente para ese nivel. La corriente reactiva que puede producir un capacitor es directamente proporcional al voltaje aplicado en él, por lo tanto, el lugar geométrico de todas las combinaciones posibles del voltaje y la corriente a través del capacitor es una línea recta, como se muestra en la figura 2.7.

**Figura 2.7 Voltajes en terminales en vacío de un generador de inducción**



**Fuente:** (Sanches, 2008)

## 2.5 El capacitor de excitación

La operación del generador de inducción, depende de la corriente reactiva proporcionada por la capacitancia de excitación. En el proceso de autoexcitación, es necesario que exista una capacitancia mínima de excitación y de un campo magnético permanente en el entrehierro de la máquina.

Para determinar el valor adecuado del capacitor de excitación, se debe conocer el rango de operación de la velocidad, el nivel de voltaje, la frecuencia y las especificaciones de la carga. A continuación, se deduce el valor del capacitor mínimo de excitación al cual el generador ha alcanzado una condición estable de excitación.

De acuerdo al circuito de la figura 2.5, la corriente  $I_1$  en el estator de la máquina es:

$$I_1 = I_C + I_L \quad 1.14$$

La corriente en el capacitor de excitación, es:

$$I_C = \frac{V_L}{\frac{1}{2\pi f_s C}} \quad 1.15$$

Sustituyendo 1.14 en 1.15 se tiene:

$$I_1 = I_C 2\pi f_s C V_L + I_L \quad 1.16$$

Despejando de 1.16 la capacitancia de excitación por fase, se tiene que:

$$C = \frac{I_1 - I_L}{3 V_L 2\pi f_s} \quad 1.17$$

Dónde:

$V_L$ : Voltaje terminal en la carga por fase.

$f_s$ : Frecuencia de operación del generador.

Para mantener al generador auto excitado, la capacitancia de excitación por fase, debe proporcionar los reactivos requeridos por el generador y por la carga, conforme se expresa en la siguiente ecuación:

$$Q_C = Q_G \mp Q_L \quad 1.18$$

Dónde:

$Q_C$ : Reactivos por fase producidos por el banco capacitivo.

$Q_G$ : Reactivos por fase requeridos para la excitación del generador.

$Q_L$ : Reactivos por fase que consume la carga, donde el signo (+) es para una carga inductiva y el signo (-) es para una carga capacitiva.

La potencia reactiva por fase del banco capacitivo, puede expresarse como:

$$Q_C = \frac{V_L^2}{X_C} = 2\pi f_s C V_L^2 \quad 1.19$$

Despejando la capacitancia de excitación por fase de 1.19, y reemplazando  $Q_C$  se tiene:

$$C = \frac{Q_G \pm Q_L}{3V^2_L 2\pi f_s} \quad 1.20$$

Las potencias reactivas del generador y de la carga, en términos de los ángulos de desfase entre voltajes y las corrientes, se puede expresar como:

$$Q_G = P_G \operatorname{tg}(\theta_s) \quad 1.21$$

$$Q_L = P_L \operatorname{tg}(\theta_L) \quad 1.22$$

Dónde:

$P_G$ : Potencia activa por fase que entrega el generador.

$P_L$ : Potencia activa por fase que consume la carga.

$\theta_s, \theta_L$ : Ángulos de desfase entre los voltajes de generación y las corrientes del generador y la carga.

Si se hace que:  $P_G = P_L = P_n$ , y  $f = f_s$ ; la capacitancia de excitación por fase, se puede expresar como:

$$C = \frac{P_n(\operatorname{tg}(\theta_s) \pm \operatorname{tg}(\theta_L))}{3V^2_L 2\pi f} \quad 1.23$$

Dónde:

$P_n$ : Potencia nominal por fase del generador.

En la práctica, los capacitores de excitación por razones económicas, suelen conectarse en delta al estator de la máquina, ya que la capacitancia en este tipo de conexión es mayor a la capacitancia del banco de capacitores conectados en Y. La conexión en Y, se puede justificar por un cambio de operación en el nivel de voltaje.

### 2.5.1 Potencia útil entregada por la máquina

El tamaño de un generador de inducción generalmente se elige como si fuera un motor, aun cuando la potencia obtenible como motor es un poco menor que cuando funciona como generador.

La potencia útil que entrega el generador al sistema viene está definida en la formula (1.24):

$$P = 3 * V_1 * I_1 * \cos \theta \quad 1.24$$

Dónde:

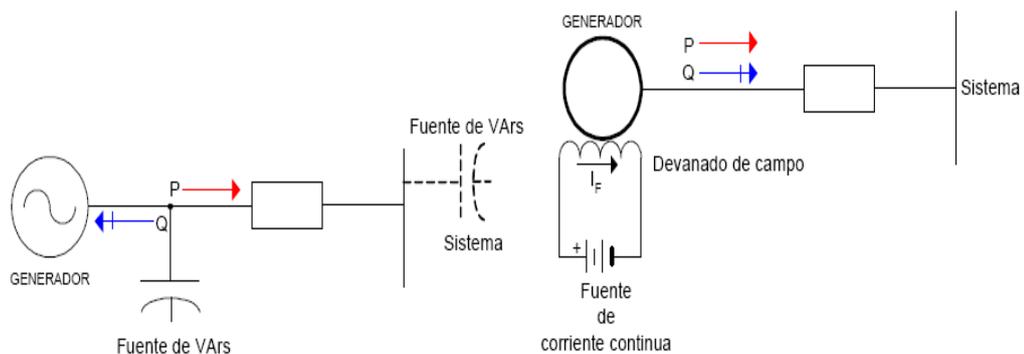
$V_1$ : Voltaje del sistema

$I_1$ : Corriente circulante por el estator

$\cos \theta$ : Factor de potencia

En el sistema de potencia de la figura 2.8, se puede apreciar en comparación los principios básicos de funcionamiento de un generador de inducción y de un generador sincrónico.

**Figura 2.8 Comparación entre un generador de inducción y un generador sincrónico**



**Fuente:** (Guerrero Cuesta, 2006)

## **2.5.2 Ventajas y desventajas del generador de inducción**

Los generadores de inducción, por sus bajos costos de operación y mantenimiento, sencillez de construcción, capacidad de sobrecarga, etc., y al no requerir una regulación fija de velocidad, se usan en sistemas de generación no convencionales.

Los generadores de inducción, no requieren de protección de cortocircuito, debido a que la caída de voltaje que acompaña al cortocircuito reduce la excitación de la máquina, y por tanto limita la corriente de cortocircuito.

Los generadores asíncronos o de inducción se conectan fácilmente en paralelo, e incluso con grandes variaciones de velocidad, en tal caso la frecuencia en la red es igual al valor medio de las frecuencias conectadas en paralelo.

La desventaja principal en este tipo de generadores, es que no pueden controlar ni su voltaje terminal ni su frecuencia, y sus valores son más dependientes de la velocidad que en un generador sincrónico.

Otra desventaja es que el generador no puede generar potencia reactiva, siendo necesario para su excitación generalmente de un banco capacitivo de potencia reactiva. El factor de potencia de estos generadores generalmente suele ser bajo, debido a que estos requieren de corriente reactiva para su excitación.

**Tabla 2.1 Comparación entre los distintos generadores eléctricos**

Tabla de comparación	
Generador de inducción	Generador síncrono
Estructura del rotor	
Barras de cobre no aisladas	Cable o barras aisladas
Relativamente poco conductores	Bobinado con muchas vueltas
Devanados rígidos alojados en las ranuras	Alto desgaste en los polos salientes
Pocas pero grandes conexiones soldadas	Muchas pequeñas conexiones
Pocos componentes básicos	Muchos componentes básicos
Excitación	
Requiere una fuente externa	Necesidad de un medio de excitación de corriente continua
No existen ni las escobillas ni los anillos rozantes	Escobillas, anillos rozantes o imanes permanentes
Requiere el orden de $\frac{1}{4}$ a $\frac{1}{2}$ la excitación demandada por el generador síncrono	
Señal generada	
Tendencia a amortiguar los armónicos en la señal del sistema	Tendencia a generar armónicos debido a la reacción de inducido en carga
	Efectúa control de frecuencia y tensión
Se comporta como elemento pasivo	Se comporta como elemento activo
Conexión a la red	
Mínima alteración, ya que utiliza un dispositivo que va midiendo la velocidad y cierra en contacto cuando se alcanza la velocidad de sincronismo	Requiere un complejo equipamiento para el control y sincronización
Costes	
Bajo precio	Alto precio
No requiere la presencia de personal en operación	Se requiere personal en operación
Bajo mantenimiento	Mantenimiento regular de las escobillas
Eficiencia ligeramente baja	Alta eficiencia
Factor de potencia en retraso	Factor de potencia en adelanto

**Fuente:** (Carreras, 2014)

## 2.6 Elementos para la elaboración del modulo

### 2.6.1 Variador de frecuencia (VDF)

Un variador de frecuencia (siglas VFD, del inglés: Variable Frequency Drive), es un sistema que se utiliza para el control de la velocidad rotacional de un motor de corriente alterna (AC) por medio del control de la frecuencia de alimentación suministrada al motor. Los variadores de frecuencia son también conocidos como drivers de frecuencia ajustable. Dado que el voltaje es variado a la vez que la frecuencia, a veces son llamados drivers VVVF (variador de voltaje variador de frecuencia), los variadores de frecuencia operan bajo el principio de: la velocidad síncrona de un motor de corriente alterna está determinada por la frecuencia de CA (corriente alterna) suministrada y el número de polos en el estator, de acuerdo con la siguiente relación (Jacques, 2002)

$$RPM = \frac{120 * f}{p} \quad 1.25$$

Donde

*RPM*: Revoluciones por minuto

*f*: Frecuencia de suministro AC (Hertz)

*P*: Número de polos

**Figura 2.9 Variador de frecuencia (VDF)**



**Fuente:** Autores

## 2.6.2 Medidor de parámetros eléctricos (MPE)

El medidor de parámetros eléctricos es un dispositivo portable de fácil conexión y de mucha utilidad al momento de realizar mediciones eléctricas gracias a su gran cantidad de parámetros que permite visualizar.

**Figura 2.10 Medidor de parámetros eléctricos SACI ANG96**



**Fuente:** Autores

Los valores característicos de un consumo eléctrico que se pueden apreciar en este tipo de instrumentos pueden ser tensión y corriente eficaz, las potencias activas, reactivas y aparentes, factor de potencia, THD's tanto de voltajes como en las corrientes entre otros parámetros que se mostraran en la siguiente tabla.

**Tabla 2.2 Magnitudes de un analizador de parámetros eléctricos**

MAGNITUD ELÉCTRICA	SÍMBOLO	L1	L2	L3	TOTAL
Tensión (Fase - Neutro)	V	*	*	*	
Tensión (Fase - Fase)	V	*	*	*	
Corriente de fase	A	*	*	*	
Corriente de neutro	A				*
Potencia activa (P)	kW	*	*	*	*
Potencia reactiva (Q)	kvar	*	*	*	*
Potencia aparente (S)	kVA	*	*	*	*
Factor de potencia (Cos $\phi$ )	PF	*	*	*	*
Máxima demanda (I)	A	*	*	*	
Máxima demanda (P)	kW				*
Máxima demanda (Q)	kvar				*
Máxima demanda (S)	kVA				*
Frecuencia	Hz				*
THD Intensidad	A	*	*	*	
THD Tensión	V	*	*	*	
Energía Act. Pos (importada) (EP+)	kWh				*
Tiempo de Uso Activa Pos (T+)	h-m-s				*
Energía Act. Neg (exportada) (EP-)	kWh				*
Tiempo de uso Activa Neg (T-)	h-m-s				*
Energía React. Inductiva (Eq+)	kvarh				*
Energía React. Capacitiva (Eq-)	kvarh				*

Fuente: Autores

## 2.7 Elementos de adquisición y extracción de datos

### 2.7.1 Selección de un PLC

Para las personas que empiezan a introducirse en el mundo de los PLC, es importante y oportuno saber las ventajas y desventajas de los PLC, con el objetivo de contar con todos los elementos a la hora de seleccionar el sistema de control más conveniente.

Seleccionar el PLC correcto ya sea para una máquina o un proceso implica evaluar las necesidades actuales y los requerimientos futuros. Si no se lo hace el sistema de control podría quedar prontamente obsoleto e inadecuado.

Una vez que la base de control para la aplicación ha sido escogida se prosigue a evaluar las características del controlador, tales como:

- Entradas/Salidas
- Tipo de control
- Memoria
- Software
- Aspectos físicos y ambientales.

A continuación se muestra las características del PLC SIMATIC S7-1200 con otras marcas

**Tabla 2.3 Comparación entre PLC Siemens y otro modelo**

<b>Siemens Simatic S7 – 1200</b>	<b>Otras marcas</b>
El software de programación es Step 7 el cual es el más conocido y utilizado en la automatización industrial en todo el mundo, su software es libre y descargable de la página oficial.	Cuentan con software de programación de paga, lo cual hace que sea difícil su adquisición, utilizan licencias para ser instalados en la PC
Toda CPU ofrece protección por contraseña que permite configurar el acceso a sus funciones, además incorpora un puerto PROFINET para la comunicación sin la utilización de cables especiales.	No cuentan con sistema de protección por contraseña, para su comunicación se ven obligados a conseguir cables especiales para enlazarse con la PC.
Programación sencilla por software amigable con asistentes.	Lenguajes de programación compleja.
Gracias a su diseño compacto, bajo coste y sus potentes funciones, son adecuados para controlar tareas sencillas.	Sus diseños son robustos, pese a que no cuentan con módulos incorporados.
Cuenta con una fuente de alimentación integrada que convierte la tensión de la red de 110V o 220V AC a 24V en CC.	Se ven obligados a adquirir una fuente externa de alimentación de 24V en CC, y no cuentan con entrada de alimentación en AC.

**Fuente:** Autores

Con la gran variedad de PLC's en el mercado, los PLC's Siemens están por encima a las otras marcas en gama media, ya que ofrecen gran variedad de módulos de señales, incluso módulos de comunicación adicionales para soportar otros protocolos de comunicación a precios más accesible a las demás marcas. Por sus grandes características antes mencionadas y su confiabilidad en procesos industriales se eligió el PLC S7-1200 para el desarrollo del proyecto.

### **2.7.2 PLC Siemens S7-1200**

El S7-1200 es el último dentro de la gama de controladores de SIMATIC de la marca Siemens. El controlador compacto SIMATIC S7-1200 es el modelo modular y compacto para sistemas de automatización pequeños que requieran funciones simples o avanzadas para lógica, HMI o redes. Gracias a sus potentes funciones, bajo costo y diseño compacto los S7-1200 son idóneos para controlar tareas sencillas. (Siemens, Controlador programable S7-1200 , 2009)

Para comunicarse con una programadora, la CPU incorpora un puerto PROFINET integrado. La CPU puede comunicarse con paneles HMI o una CPU diferente en la red PROFINET.

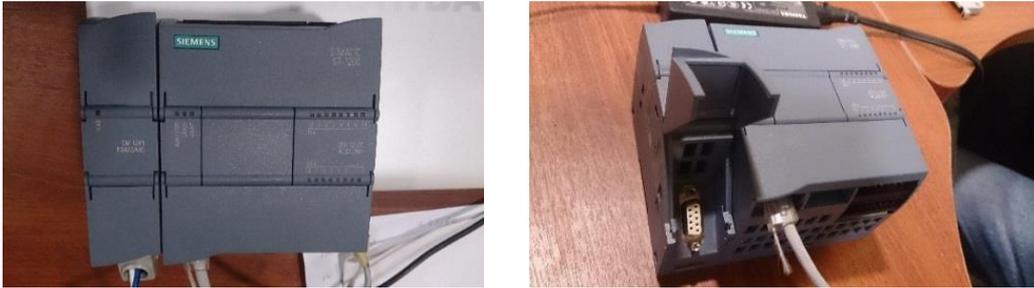
Las características funcionales y más representativas del modelo S7-1200 AC/DC/RLY que se utiliza en este proyecto se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 2.4 Características del PLC Siemens S7-1200 AC/DC/RLY**

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Serie	6ES7 212-1BD30-0XB0
Tipo de producto	CPU 1212C AC/DC/Relay
Voltage de alimentation	120V – 230 V
Rango admisible, límite inferior (AC)	85V
Rango admisible, límite superior (AC)	264V
Rango de frecuencia admisible, límite inferior	47Hz
Rango de frecuencia admisible, límite superior	63Hz
Tensión de carga L +	
Valor nominal (DC)	24V
Rango admisible, límite inferior (DC)	5V
Rango admisible, límite superior (DC)	250V
Consumo de corriente	
Consumo de corriente (valor nominal)	80 mA a 120 V AC 40 mA a 240 V AC
Consumo de corriente, máx.	240 mA a 120 V AC 120 mA a 240 V AC
Intensidad de cierre, máx.	20 A; a 264 V
Salida de corriente de bus de fondo (5 V DC), máx.	1 000 mA; 5 V DC máx. Para SM y CM
Pérdida de potencia	11W
Memoria	
Memoria del proyecto disponible / usuario	Memoria 25 Kbyte
Memoria de trabajo	
Integrado	25 Kbyte
Ampliable	No ampliable
Memoria de carga	
Integrada	1 Mbyte
Ampliable	24 Mbyte: Con tarjeta de memoria SIEMENS
Los canales digitales	
Canales integrados (DI)	8
Canales integrados (DO)	6
Los canales analógicos	
Canales integrados (AI)	2
Canales integrados (AO)	0
CPU / programación	
Software de configuration	STEP 7 Basic V10.5
Tipo de interfaz	PROFINET
Física	Ethernet
Configuration Del Hardware	
Número de módulos por sistema.	Máx. 3 módulos de comunicación 1 Tarjeta de señal, 2 módulos de señales

**Fuente: Autores**

**Figura 2.11 PLC Siemens SINEMATIC S7-1200**



**Fuente:** Autores

### **2.7.3 Módulo de comunicación CM 1241**

Como se observa en la figura 2.12, la gama S7-1200 provee módulos de comunicación (CMs) que ofrecen funciones adicionales para el sistema. Hay dos módulos de comunicación, a saber: RS 232 y RS 485.

- Todo CM se conecta en lado izquierdo de la CPU (o en lado izquierdo de otro CM)
- La CPU soporta como máximo 3 módulos de comunicación

**Figura 2.12 Módulo de comunicación RS 485**



**Fuente:** (Siemens, Software SIMATIC, 2009)

Como se muestra en la figura 2.12, se encuentra el módulo de comunicación acoplado al PLC S7-1200. El modulo tiene dos partes principales:

1. Leds de estado del módulo de comunicación
2. Conector de comunicación

Las principales características del módulo de comunicación CM 1241, RS 485 que se utiliza en esta práctica se muestra en la tabla: 2.5.

**Tabla 2.5 Módulos de comunicación (CMs), datos técnicos del CM 1241 RS 485**

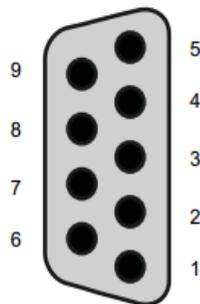
Datos técnicos del CM 1241 RS485	
Referencia	6ES7 241-1CH30-0XB0
Dimensiones y peso	
Dimensiones	30 x 100 x 75 mm
Peso	150 gramos
Transmisor y receptor	
Rango de tensión en modo común	-7 V a +12 V, 1 segundo, 3 VRMS continuo
Tensión de salida diferencial del transmisor	1 V mín., a RL = 100 Ω
	2 1,5 V mín., a RL = 54 Ω
Terminación y polarización	10K Ω a +5 V en B, pin PROFIBUS 3
	10K Ω a GND en A, pin PROFIBUS 8
Impedancia de entrada del receptor	5,4K Ω mín. incluyendo terminación
Umbral/sensibilidad del receptor	+/- 0,2 V mín., 60 mV de histéresis típica
Impedancia de entrada del receptor 5,4K Ω mín., incluyendo terminación	Impedancia de entrada del receptor 5,4K Ω mín., incluyendo terminación
Aislamiento	500V AC durante 1 minuto
Señal RS 485 a conexión a masa	
Señal RS 485 a lógica de la CPU	
Fuente de alimentación	
Pérdida de potencia (disipación)	1,1 W
De +5 V DC	220 mA

**Fuente:** (Siemens, Controlador programable S7-1200 , 2009)

A más de las características técnicas se debe conocer cuál es la función de cada pin del conector hembra para la comunicación RS 485.

La tabla 2.6 muestra como es la configuración del conector hembra, en esta sección se incluirá también la configuración de cada pin del conector hembra.

**Figura 2.13 Conector hembra**



**FUENTE:** (Siemens, Controlador programable S7-1200 , 2009)

**Tabla 2.6 Configuración del conector hembra de comunicación RS 485**

<b>PIN</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<b>1</b>	GND Masa lógica o de comunicación
<b>2</b>	Sin conexión
<b>3</b>	Señal B (RxD/TxD+): Entrada/salida
<b>4</b>	Petición de transmitir (nivel TTL): Salida
<b>5</b>	Masa lógica o de comunicación
<b>6</b>	+5V con resistor en serie de 100 ohmios: Salida
<b>7</b>	Sin conexión
<b>8</b>	Señal A (RxD/TxD-): Entrada/salida
<b>9</b>	Sin conexión
<b>10</b>	Conexión a masa

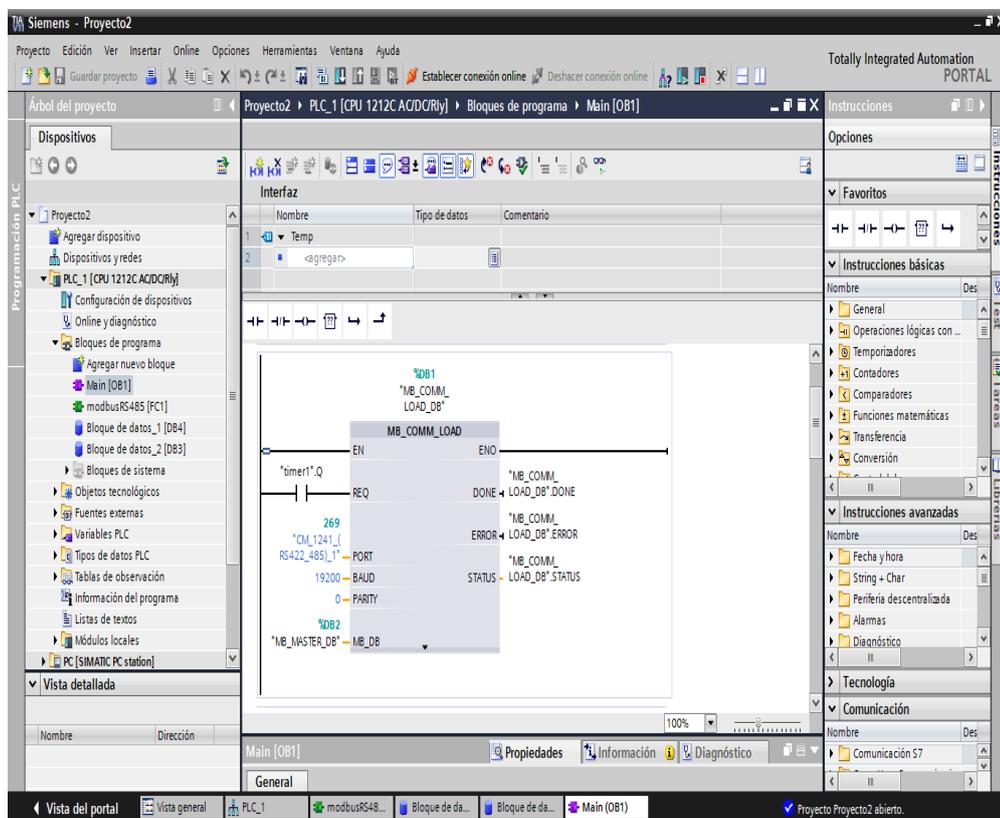
**Fuente:** Autores

## 2.7.4 Bloques básicos de programación

### 2.7.4.1 MB\_COMM\_LOAD

El bloque de configuración MB\_COMM\_LOAD se llama en ambos lados (maestro y esclavo) para la comunicación Modbus. Obsérvese en la figura 2.14 MB\_COMM\_LOAD

Figura 2.14 MB\_COMM\_LOAD



Fuente: Autores

La instrucción MB\_COMM\_LOAD configura un puerto del módulo de comunicación punto a punto (PtP) CM 1241 RS 485 o CM 1241 RS 232 para la comunicación vía el protocolo Modbus RTU. Sus parámetros se resumen en la tabla 2.7.

**Tabla 2.7 Parámetros MB\_COMM\_LOAD**

Parámetro	Tipo de parámetro	Tipo de datos	Descripción
PORT	IN	UInt	Identificador del puerto de comunicación: Tras haber instalado el módulo CM en la configuración de dispositivos, el identificador de puerto aparece en la lista desplegable disponible en la conexión PORT del cuadro. Esta constante también se puede referenciar en la ficha "Constantes" de la tabla de variables predeterminadas.
BAUD	IN	UDInt	Selección de la velocidad de transferencia: 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400, 57600, 76800, 115200 Los demás valores no son válidos.
PARITY	IN	UInt	Selección de paridad: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 0 – Ninguna</li> <li>• 1 – Impar</li> <li>• 2 – Par</li> </ul>
FLOW_CTRL	IN	UInt	Selección del control de flujo: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 0 – (ajuste predeterminado) Sin control de flujo</li> <li>• 1 – Control de flujo por hardware con RTS siempre ON (no es aplicable a los puertos RS485)</li> <li>• 2 - Control de flujo por hardware con RTS conmutado</li> </ul>
RTS_ON_DLY	IN	UInt	Selección de retardo RTS ON: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 0 – (ajuste predeterminado) Sin retardo desde RTS ON hasta que se transmite el primer carácter del mensaje</li> <li>• 1 a 65535 – Retardo en milisegundos desde RTS ON hasta que se transmite el primer carácter del mensaje (no es aplicable a los puertos RS-485). Los retardos RTS se aplican siempre independientemente de la selección de FLOW_CTRL.</li> </ul>
RTS_OFF_DLY	IN	UInt	Selección de retardo RTS OFF: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 0 – (ajuste predeterminado) Sin retardo desde el último carácter transmitido hasta que se desactiva RTS</li> <li>• 1 a 65535 – Retardo en milisegundos desde el último carácter transmitido hasta que se desactiva RTS (no es aplicable a los puertos RS-485). Los retardos RTS se aplican siempre independientemente de la selección de FLOW_CTRL.</li> </ul>
RESP_TO	IN	UInt	Timeout de respuesta: Tiempo en milisegundos permitido por el MB_MASTER para la respuesta del esclavo. Si el esclavo no responde en este tiempo, MB_MASTER repetirá la petición o la finalizará con un error si se ha enviado el número de reintentos indicado. 5 ms a 65535 ms (valor predeterminado = 1000ms).
MB_DB	IN	Variante	Referencia al bloque de datos instancia que utilizan las instrucciones MB_MASTER o MB_SLAVE. Una vez insertadas las instrucciones MB_SLAVE o MB_MASTER en el programa, el identificador de DB aparece en la lista desplegable disponible en la conexión MB_DB del cuadro.
ERROR	OUT	Bool	Error: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 0 – No se ha detectado ningún error</li> <li>• 1 – Indica que se ha detectado un error y el código de error depositado en el parámetro STATUS es válido</li> </ul>
STATUS	OUT	Word	Código de error de configuración del puerto

**Fuente:** (Siemens, Controlador programable S7-1200 , 2009)

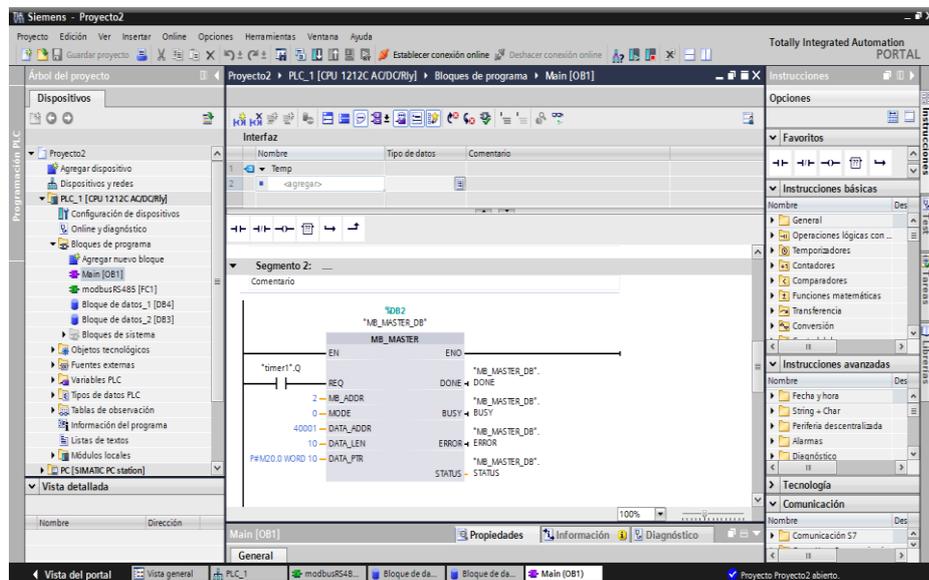
MB\_COMM\_LOAD se ejecuta para configurar un puerto para el protocolo Modbus RTU. Una vez configurado el puerto, la comunicación se realiza en el Modbus ejecutando las instrucciones MB\_SLAVE o MB\_MASTER.

MB\_COMM\_LOAD se debería llamar una vez para inicializar el puerto. Es preciso utilizar una instancia de MB\_COMM\_LOAD para configurar cada uno de los puertos de todo módulo de comunicación utilizado para la comunicación Modbus. Un bloque de datos instancia MB\_COMM\_LOAD unívoco se debe asignar a cada puerto utilizado. La CPU S7-1200 está limitada a 3 módulos de comunicación. (Siemens, Software SIMATIC, 2009)

### 2.7.4.2 MB\_MASTER

Se usa el bloque MB\_MASTER para definir el módulo de comunicación seleccionado con el bloque de configuración MB\_COMM\_LOAD como maestro Modbus. Figura: 2.15.

**Figura 2.15 MB\_MASTER**



**Fuente:** Autores

El bloque MB\_MASTER se usa para seleccionar el esclavo Modbus a direccionar, seleccionar el código de función y definir la zona de almacenamiento de datos local. La tabla que se muestra a continuación explica los parámetros.

**Tabla 2.8 Descripción de parámetros**

<b>Parámetro</b>	<b>Descripción</b>
<b>REQ</b>	Habilita la comunicación.
<b>MB_ADDR</b>	Dirección estación Modbus-RTU.
<b>MODE</b>	Seleccionar la dirección de la transmisión ("0" = lectura, "1" = escritura o funciones de diagnóstico adicionales).
<b>DATA_ADDR</b>	Especifica la dirección de inicio Modbus.
<b>DATA_LEN</b>	Especifica la longitud de datos Modbus.
<b>DATA_PTR</b>	Define las zonas de datos de envío y recepción locales del maestro. El parámetro DATA_PTR debe hacer referencia a un bloque de datos global creado con la opción "Sólo acceso simbólico" deshabilitada.

**Fuente:** (Siemens, Software SIMATIC, 2009)

El "MB\_MASTER" se tiene que llamar en el primer ciclo de programa

- mediante la activación de la marca de sistema M1.0 en los ajustes de hardware
- o mediante una llamada en el OB 100 de arranque.

### **2.7.4.3 Temporizador TON**

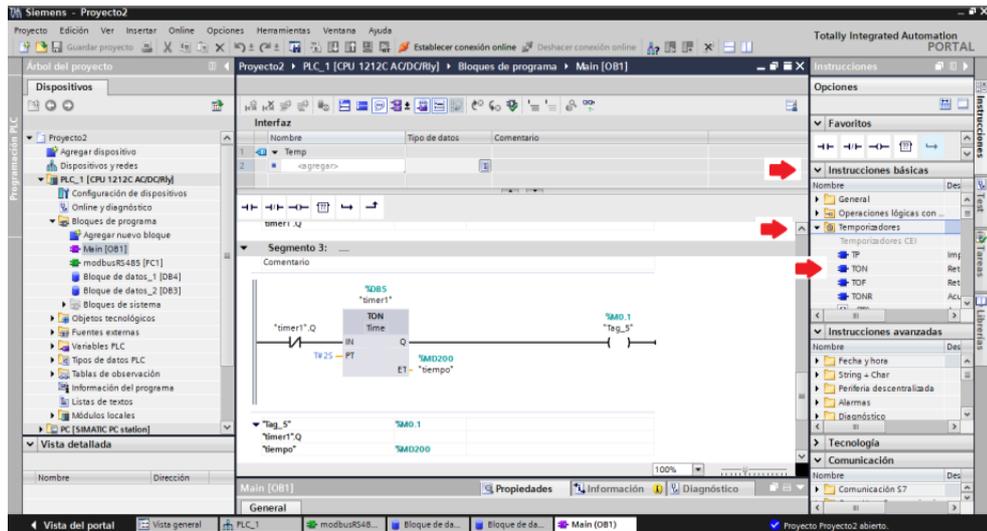
Las instrucciones con temporizadores se utilizan para crear retardos programados:

La salida Q del temporizador se activa al cabo de un tiempo de retardo predeterminado.

Todos los temporizadores utilizan una estructura almacenada en un bloque de datos para mantener los datos. El bloque de datos se asigna al colocar la instrucción de temporización en el editor.

Estos temporizadores se encuentran en la parte superior derecha en “instrucciones básicas”, se hace click en temporizadores y se selecciona el temporizador TON como se muestra en la figura 2.16.

**Figura 2.16 Selección de temporizador TON**



**Fuente: Autores**

En la siguiente tabla se muestra la descripción de los parámetros del temporizador TON.

**Tabla 2.9 Descripción de los parámetros del temporizador TON**

PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN
IN	Habilitar entrada del temporizador
PT	Entrada que indica el tiempo predeterminado
Q	Salida del temporizador
ET	Salida que indica el tiempo transcurrido

**Fuente: Autores**

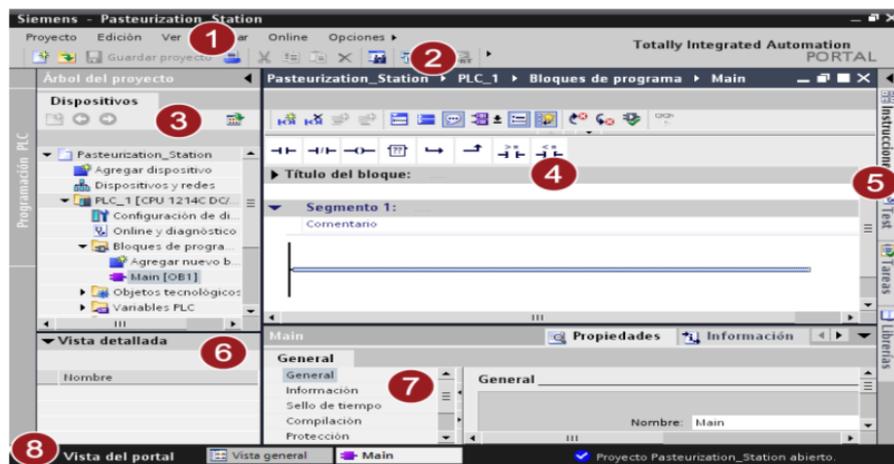
## 2.7.5 Software de programación

### 2.7.5.1 SIMATIC Step 7 Basic (TIA Portal).

STEP 7 ofrece un entorno amigable que permite desarrollar, editar y observar la lógica del programa necesaria para controlar la aplicación, incluyendo herramientas para gestionar y configurar todos los dispositivos del proyecto, tales como PLC's y dispositivos HMI. (Siemens A. , 2014).

STEP 7 Basic (TIA Portal) ofrece los lenguajes de programación IEC KOP (esquema de contactos), FUP (diagrama de funciones) y SCL (texto estructurado). (Software SIMATIC, 2009).

**Figura 2.17 Muestra de la estructura de la vista del proyecto.**



**Fuente:** (Siemens, Software SIMATIC, 2009)

A continuación se describe la estructura de la vista del proyecto:

① Barra de menús: En la barra de menús se encuentran todos los comandos necesarios para trabajar con el software.

② Barra de herramientas: La barra de herramientas contiene botones que ofrecen acceso directo a los comandos más frecuentes. De esta manera es posible acceder más rápidamente a los comandos que desde los menús.

③ Árbol del proyecto: A través del árbol del proyecto es posible acceder a todos los componentes y datos del proyecto. En el árbol del proyecto pueden realizarse las siguientes acciones:

- Agregar componentes
- Editar componentes existentes
- Consultar y modificar las propiedades de los componentes existentes

④ Área de trabajo: En el área de trabajo se visualizan los objetos que se abren para editarlos.

⑤ Task Cards: Las Task Cards están disponibles en función del objeto editado o seleccionado. Las Task Cards disponibles se encuentran en una barra en el borde derecho de la pantalla. Se pueden expandir y contraer en todo momento.

⑥ Vista detallada: En la vista detallada se visualizan determinados contenidos del objeto seleccionado.

⑦ Ventana de inspección: En la ventana de inspección se visualiza información adicional sobre el objeto seleccionado o sobre las acciones realizadas.

⑧ Cambiar a la vista del portal: El enlace "Vista del portal" permite cambiar a la vista del portal.

### 2.7.5.2 SIMATIC Win CC

SIMATIC WinCC es una plataforma de adquisición de datos, control y supervisión (SCADA) y la interfaz hombre-máquina (HMI) del sistema de Siemens.

## 2.8 Comunicación Modbus RTU

Es un protocolo estándar dentro de la industria que tiene mayor disponibilidad para la conexión de dispositivos industriales, entre los dispositivos que lo utilizan podemos mencionar: PLC, HMI, RTU, drivers, sensores y actuadores remotos. El protocolo que establece se maneja en base al intercambio de mensajes en forma ordenada. Es un sistema del tipo maestro/esclavo el cual tiene un nodo maestro que es encargado de enviar los comandos explícitos a cada uno de los nodos esclavos los cuales procesaran la respuesta requerida.

Una característica de este tipo de bus de campo es que los nodos no transmiten información sin una petición del nodo maestro y además no se comunican con los demás nodos esclavos dentro de la red.

En el protocolo de comunicación Modbus se intercambia la información con los dispositivos de la red de la siguiente manera:

**Figura 2.18 Codificación RTU**

<b>N°</b>	<b>Código de</b>	<b>Subfunciones</b>	<b>CRC(P16)</b>	
<b>Esclavo</b>	<b>Operación</b>	<b>Datos</b>	<b>H</b>	<b>L</b>
<b>(00-3F<sub>H</sub>)</b>				

**Fuente:** Autores

## 2.9 Glosario de términos

**Potencia activa:** Término utilizado para potencia cuando es necesario distinguir entre potencia aparente, potencia compleja y sus componentes, y potencia activa.

**Calibración:** Ajuste de un dispositivo de forma que su salida se encuentre dentro de un rango específico para determinados valores de entrada.

**Frecuencia:** En sistemas de corriente alterna, velocidad a la que la corriente cambia de dirección, expresada en hercios (ciclos por segundo); Medida del número de ciclos completos de una forma de onda por unidad de tiempo.

**Inductancia:** 1) Propiedad de un circuito por la cual un cambio de la corriente da lugar a una fuerza electromotriz. 2) Componente magnética de la impedancia.

**KVA:** 1) Potencia aparente expresada en mil Voltio-Amperios. 2) El Kilovoltio-Amperio designa la potencia de salida que puede generar un transformador a tensión y frecuencia nominales sin superar un aumento de temperatura determinado.

**Bobina:** Enrollamiento de un cable conductor alrededor de un cilindro sólido o hueco, con lo cual y debido a la especial geometría obtiene importantes características magnéticas.

**Generador:** Dispositivo electromecánico utilizado para convertir energía mecánica en energía eléctrica por medio de la inducción electromagnética.

**Turbina:** Máquina rotativa con la capacidad de convertir la energía cinética de un fluido en energía mecánica.

**Drivers:** Elemento software también llamado manejador de dispositivo, controlador de dispositivo o driver.

**Parámetros eléctricos:** También llamado variables eléctricas como, voltaje, corriente, potencia entre otros.

**Proceso:** Es un conjunto de actividades relacionadas que al interactuar juntas los convierten en resultados.

**Distorsiones:** Es el cambio o la variación de la señal de salida con respecto

a la señal de entrada.

**HMI:** Interfaz humano máquina.

**PLC:** Es una computadora utilizada en la ingeniería, para automatizar procesos industriales, tales como el control de la maquinaria de la fábrica en líneas de montaje.

## **CAPÍTULO III**

### **3 METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN**

#### **3.1 Tipo de Investigación.**

Una vez realizada la revisión de la lectura que sustentó las variables de la investigación, se determinó que el paradigma de investigación será de tipo práctico porque tiene como objetivo implementar un tablero eléctrico en el laboratorio de la carrera, el cual mediante un grupo motor – generador, emulara aquellos generadores que en la actualidad aprovechan los caudales y caídas de agua moderadas en microcentrales hidroeléctricas de paso.

##### **3.1.1 Investigación Tecnológica**

Es de carácter tecnológico, porque está relacionado con la generación de potencia activa, y a su vez extracción y supervisión de datos adquiridos, logrado mediante elementos eléctricos y electrónicos.

Se debe entender el funcionamiento básico de cada uno de los elementos que conforman este proyecto, los cuales trabajan gracias a los avances diarios de la tecnología.

##### **3.1.2 Investigación Documental**

Es documental porque este proyecto tuvo la necesidad de ser

sustentado desde el punto de vista teórico y técnico, con el fin de desarrollar el montaje de un grupo motor – generador, para lo cual se utilizó varias fuentes de investigación como son libros, manuales y documentos publicados en el internet, bibliografías, entre otros.

## **3.2 Métodos.**

### **3.2.1 Método Inductivo.**

Este método permitió la inmersión inicial a una sucesión de acciones, los cuales después de ser estudiados permitieron desarrollar conclusiones de aplicación general, las mismas que ayudaron como soporte de la investigación.

Al desarrollar el tablero de generación eléctrica se evaluó los procedimientos de seguridad adecuados tanto para el estudiante como para el espacio físico en que se encuentra el proyecto.

### **3.2.2 Método Deductivo**

Este método se basa en definir parámetros de acuerdo a los contenidos generales, los mismos que se utilizaran para el desarrollo del Marco Teórico y la Propuesta.

### **3.2.3 Método Tecnológico**

Este método se utilizó mediante la observación de industrias que cuentan con sistemas de supervisión de parámetros, permitiendo conocer y estudiar el funcionamiento del sistema SCADA, y de los múltiples elementos que lo conforman.

#### **3.2.4 La recolección de información.**

Este método facilitó el desarrollo de la propuesta alternativa partiendo de conocimientos adquiridos a lo largo de la preparación académica y de información recolectada de diversos lugares informativos como archivos, bibliotecas, librerías, internet, entre otros.

### **3.3 Técnicas e Instrumentos**

Esta técnica fue aplicada mediante una charla explicativa a los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico, detallando el funcionamiento general del tablero de generación y de sus múltiples aplicaciones en la industria.

## **CAPÍTULO IV**

### **4 PROPUESTA**

“IMPLEMENTACIÓN Y MONTAJE DE UN MOTOR – GENERADOR ASÍNCRONO TRIFÁSICO DE 1.5 KW, Y EXTRACCIÓN DE DATOS MEDIANTE UN PLC, PARA REALIZAR PRÁCTICAS DEMOSTRATIVAS EN EL LABORATORIO DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO ELÉCTRICO EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE”

#### **4.1 Propósito**

Implementar un motor – generador asíncrono trifásico de 1.5 KW, para realizar prácticas demostrativas de generación y monitoreo de parámetros eléctricos, mediante la utilización de un PLC Siemens S7-1200 en el laboratorio de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico.

#### **4.2 Introducción**

El presente proyecto tiene el propósito de implementar un tablero Motor-Generador Asíncrono en el laboratorio de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico, con el fin de complementar los conocimientos de los estudiantes en cuanto se refiere a sistemas de generación alternativas.

A su vez, el tablero cuenta con un sistema de supervisión y adquisición de datos, con la utilización de un PLC SIMATIC S7-1200 CPU 1212c ac/dc/rly, permitiendo al estudiante conocer cómo funciona la supervisión

de procesos industriales a distancia.

El banco de laboratorio, cuenta con su respectivo manual de funcionamiento, el cual permite conocer la configuración de los parámetros de los equipos de arranque, seguido de los pasos para poner el tablero de generación en marcha.

### **4.3 Diseño del tablero de generación**

El proyecto está diseñado para que requiera un mínimo nivel de mantenimiento, basándose en el concepto de confiabilidad y seguridad de la operación de equipos eléctricos, es por ello que personas no especializadas las pueden desarrollar.

#### **4.3.1 Estructura del tablero**

La parte mecánica del proyecto consta de una plataforma metálica apoyada sobre ruedas de caucho, además se fijó una plancha metálica a la estructura la cual servirá para el montaje de los equipos de fuerza y control tal como se muestra en la 4.1.

**Figura 4.1 Estructura metálica**



**Fuente:** Autores

### 4.3.2 Matrimonio flexible

Se montan sobre la estructura metálica dos motores de inducción tipo jaula de ardilla, los mismos que están acoplados por medio de un matrimonio flexible de tipo metálico y sobre una base metálica, el cual permitirá que estén debidamente alineados y no existan desbalances ni vibraciones que con el tiempo desgatan los rodamientos de los motores.

**Figura 4.2 Motores de inducción acoplados**



**Fuente:** Autores

### 4.3.3 Descripción eléctrica del tablero

Como fuente primaria se cuenta con una red trifásica a 60 Hz existente en el laboratorio de la universidad, la cual permite el accionamiento de todos los elementos utilizados en el proyecto.

Se instala dos tomacorriente industriales trifásicos los cuales, uno va sujeto a la pared del laboratorio conectado a la red eléctrica y el segundo va sujeto al tablero experimental. A su vez se realiza una extensión con cable cuádruplex tipo sucre 4 x 12 AWG, con enchufes industriales trifásicos en sus extremos que servirán para conectar el tablero a la red eléctrica.

A continuación la tabla 4.1 muestra los elementos adicionales que se utilizó para la implementación del tablero de generación.

**Tabla 4.1 Elementos del tablero**

<b>Transformador de Aislamiento</b>		<p>Dispositivo utilizado para obtener una completa inmunidad a los ruidos o distorsiones.</p> <p>El voltaje de entrada es 220v y de salida 220v permitiendo mantener un voltaje constante y así proteger a los elementos de control.</p>
<b>Primario</b>	<b>Secundario</b>	
<p>240 v</p> <p>480 v</p>	<p>120 v</p> <p>240 v</p>	
<p><b>Transformadores de corriente (TC)</b> (100/5A), 60Hz, 600V</p>		<p>Con la necesidad de realizar mediciones eléctricas, surge la necesidad de la utilización de transformadores de corrientes altas a corrientes bajas para poder ser medidas en los equipos electrónicos como analizadores de parámetros eléctricos.</p>
<p><b>Conectores macho y hembra industriales</b> 32 y 16 Amp, 415V</p>		<p>Son de uso industrial para conectar o desconectar equipos eléctricos y mantener al operador libre de descargas eléctricas, ya que consta de un buen aislamiento, posee también una protección IP45.</p>
<p><b>Contactores</b> 220V, 60Hz</p>		<p>Cerrar sus contactos, para permitir el paso de la corriente a través de ellos. Esto ocurre cuando la bobina del contactor recibe corriente eléctrica que puede ser 110v o 220 v.</p>

<p style="text-align: center;"><b>Portafusibles con fusibles ultrarrápidos</b> 500V, 6 Amp</p>	<p>Los fusibles de rápida respuesta están diseñados para fundir su material conductor de manera rápida, al momento que circule por ellos una corriente superior a la cual fueron diseñados, sirve para una protección más rápida en dispositivos eléctricos y electrónicos.</p>
<p style="text-align: center;"><b>Breaker termomagnéticos</b> De 16A, 32 A 230/400V</p>	<p>Dispositivo de protección eléctrica, el cual está diseñado para abrir o desconectar un circuito eléctrico en caso de un cortocircuito producido en cualquier parte del circuito. Esto sucede cuando la corriente supera la corriente nominal del equipo de protección.</p>
<p style="text-align: center;"><b>Capacitores</b> 12 microfaradios (uF), 250V, 60Hz</p>	<p>Un capacitor es un almacenador de energía eléctrica en un campo electrostático.</p>
<p style="text-align: center;"><b>Pulsadores y Selectores</b> (220V)</p>	<p>Son elementos de accionamiento manual los cuales se utilizan para activar o desactivar circuitos de control, constan de contactos abiertos o cerrados dependiendo de su funcionamiento.</p>
<p style="text-align: center;"><b>Luces indicadoras o piloto</b> (220V)</p>	<p>La utilización de este tipo de señalización es muy común en procesos industriales, ya que es la manera más fácil de visualizar si se encuentra un proceso en marcha o está parado.</p>

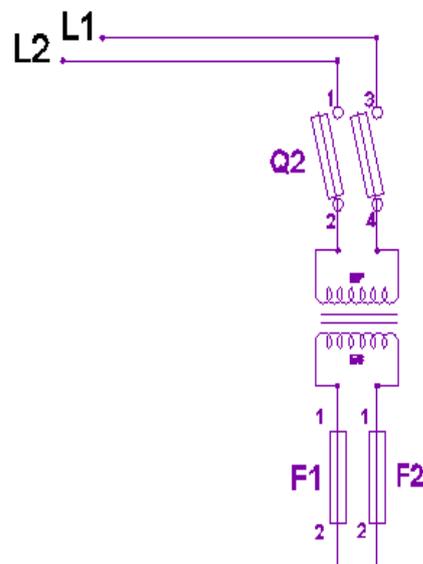
**Fuente: Autores**

#### 4.3.4 Circuito de control

El circuito de control es la representación de todos los elementos que permiten controlar una aplicación.

Como se muestra en la figura 4.3 el circuito de control está debidamente protegido con un breaker Q2, este sirve para proteger el transformador de aislamiento que servirá para mantener un voltaje estable, ya que, este voltaje referenciado será utilizado por los elementos de medición como es el analizador de parámetros eléctrico y elementos electrónicos como el PLC S7 1200.

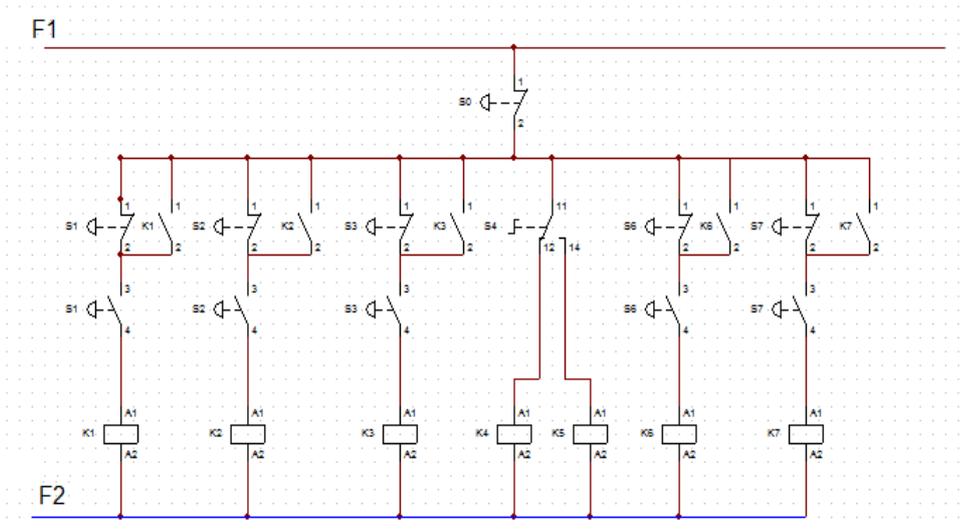
**Figura 4.3 Circuito de alimentación para el sistema de control**



**Fuente:** Autores

Para la energización de los contactores es indispensable la realización de un circuito de control, tal como se muestra en la Figura 4.4. Los cuales accionaran distintos elementos como por ejemplo: banco de capacitores, banco de resistencias, entre otros.

**Figura 4.4 Circuito de Control**



**Fuente:** Autores

#### 4.3.4.1 Descripción de funcionamiento circuito de control

Para comprender el funcionamiento del circuito de control que se utilizara en esta práctica primero revisaremos cada uno de los símbolos y su significado, para esto nos basaremos a la siguiente tabla.

**Tabla 4.2 Elementos del circuito de control**

Elementos circuito de control		
Símbolo	Significado	Funcionamiento
	Pulsador paro de emergencia	Este dispositivo tiene la función de desconectar todo el circuito de control en caso de una emergencia.
	Pulsador de paro	Con un contacto N/C desconecta o abre un circuito.
	Pulsador de arranque	Con un contacto N/O cierra o conecta un circuito.
	Selector dos posiciones	Con un contacto N/C y un N/O tiene la función de alternar la conexión y desconexión de dos circuitos.
	Contacto normalmente abierto (N/O) del contactor	Tiene la función de auto exitar la bobina del contactor esto sirve para su auto enclavamiento.
	Bobina del contactor	Esta bobina puede ser 110/220 depende de la marca tiene la función de enclavar los contactos del contactor y cerrar sus contactos.

**Fuente:** Autores

Una vez familiarizados con cada uno de los elementos podemos comprender mejor su funcionamiento en el circuito.

Este es un circuito básico de arranque y paro, cuando se presiona el pulsador de arranque el circuito se cierra y hace que se enclave el contactor, el contacto abierto del contactor conectado en paralelo al pulsador normalmente cerrado hace que se mantenga enclavado el contactor aun después de dejar de presionar el pulsador de arranque. A esta acción se le llama auto enclavamiento, para detener el circuito simplemente se presiona el pulsador de paro el cual abrirá el circuito desconectando la bobina del contactor.

Cada circuito es independiente a otro, esto quiere decir que pueden encender y apagar cada uno de los circuitos de acuerdo a la necesidad. Pero la botonera de paro de emergencia desconectara todos los circuitos en caso de alguna emergencia.

Cada uno de los contactores activados por los circuitos activan ciertas cargas, las cuales se detallan a continuación.

**Tabla 4.3 Cargas de los contactores**

Contactores	Carga
k1	Variador de frecuencia
k2	Carga capacitiva 1
k3	Carga capacitiva 2
k4	Cambio de carga capacitiva anterior de analizador de redes
k5	Cambio de carga capacitiva posterior de analizador de redes
k6	Carga resistiva 1
k7	Carga resistiva 2

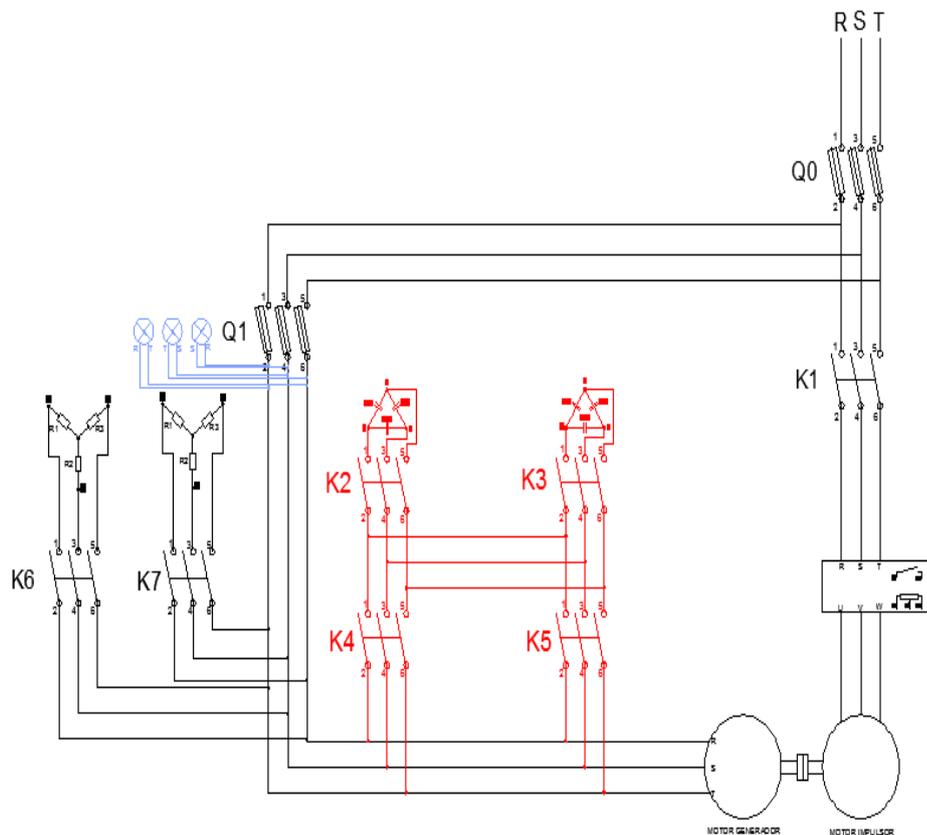
**Fuente:** Autores

### 4.3.5 Circuito de fuerza

En el circuito de fuerza se puede observar el sistema trifásico en su totalidad, indicando los contactos principales de activación de los contactores, los cuales son activados por las bobinas controladas por el circuito de control.

También indica los elementos de protección tanto generales como en cada fase así como se muestra en la figura 4.5.

**Figura 4.5 Circuito de fuerza**

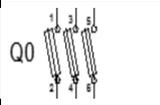
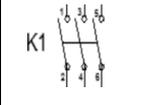
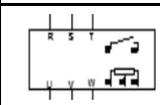
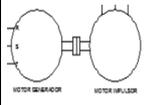
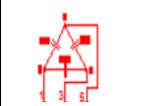
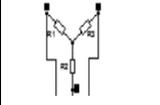


**Fuente:** Autores

#### 4.3.5.1 Descripción de funcionamiento del circuito de fuerza

Al igual que para el circuito de control, para el circuito de fuerza se realizara una tabla de descripción de cada elemento.

**Tabla 4.4 Elemento del circuito de fuerza**

Elemento de circuito de fuerza		
SÍMBOLO	SIGNIFICADO	FUNCIONAMIENTO
	Protección térmomagnética trifásica	Su función es proteger los elementos que se encuentran aguas abajo del mismo.
	Contactos principales del contactor	Su función es como un puente cuando es accionado el contactor permite el paso de corriente y cuando se desconecta el contactor corta el paso de la corriente.
	Variador de frecuencia	Su función es aumentar o disminuir la velocidad de del motor al que se encuentra conectado.
	Motores	Uno funcionara como impulsor y el otro como generador.
	Carga capacitiva	Su función es proveer la energía reactiva que necesita el generador para poder generar energía eléctrica.
	Carga resistiva	Tiene la función de carga quiere decir que tiene la función de consumir la energía generada.
	Luces piloto	Sirven como indicadores de la existencia de corriente en las líneas.

**Fuente:** Autores

El funcionamiento de este circuito se complementa con el circuito de control cuando se acciona el contactor k1, el que conecta el variador de frecuencia, el cual se utiliza para encender el motor impulsor para el generador.

Los contactores k2 y k3 accionan las cargas capacitivas, estas se encargan de proporcionar los reactivos al generador asíncrono. Los contactores k6 y k7 son la carga del circuito, los cuales consumirán la energía generada.

Todo esto se encuentra protegido con un breaker termo magnético trifásico debidamente dimensionado.

#### **4.3.6 Dimensionamiento de los motores de inducción**

La potencia y el tamaño de un generador de inducción generalmente se elige como si fuera un motor, aun cuando la potencia obtenible como motor es un poco menor que cuando funciona como generador.

#### **4.3.7 Conexión de los motores de inducción**

A continuación se muestra como está conectado el motor que funciona como impulsor y el motor que funciona como generador.

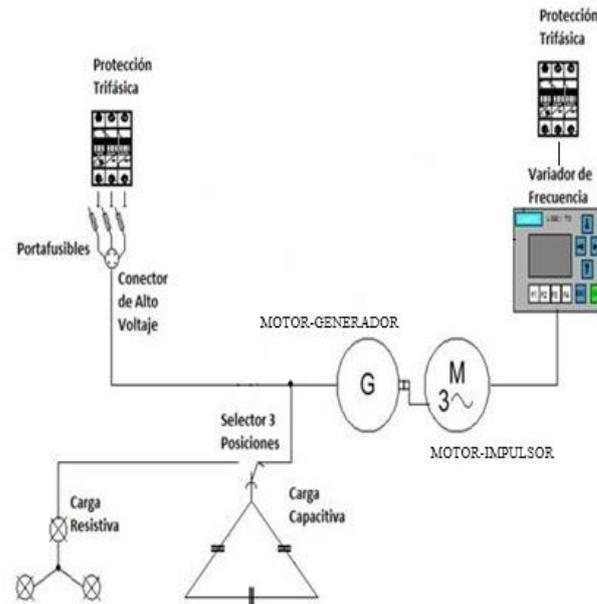
##### **4.3.7.1 Motor - Impulsor**

El motor impulsor se alimenta por medio del variador de frecuencia (VDF), accionado por un contactor eléctrico, el cual está activado utilizando un control básico con pulsadores de paro (OFF) y marcha (ON), la velocidad se varía dependiendo del voltaje que desee, logrando así superar la velocidad el campo giratorio.

##### **4.3.7.2 Motor - Generador**

El motor – generador se alimenta directamente de la red, conectado a dos pasos de condensadores los mismos que actúan como campo de excitación del rotor, los condensadores también sirven como compensador del factor de potencia (fp), provocados por las bobinas en el estator.

**Figura 4.6 Diagrama esquemático de conexión de los motores**



**Fuente:** Autores

#### 4.3.8 Cálculo de los capacitores de excitación

El cálculo para obtener el valor de los capacitores se realiza de la misma manera que para cualquier carga:

$$C = \frac{Qr}{3(V)^2 \cdot 2\pi \cdot f} \quad 1.20$$

Dónde:

$Qr$ : Potencia reactiva del motor

$V$ : Voltaje nominal

Mediante el medidor de parámetros la potencia reactiva del motor es 647 VAR.

$$C = \frac{647}{3(220)^2 \cdot 2\pi \cdot 60Hz}$$

$$C \geq 11.87\mu F$$

Al no encontrar en el mercado condensadores de  $11.87\mu F$ , se

recomienda seleccionar el inmediato superior que en este caso sería  $12\mu F$ .

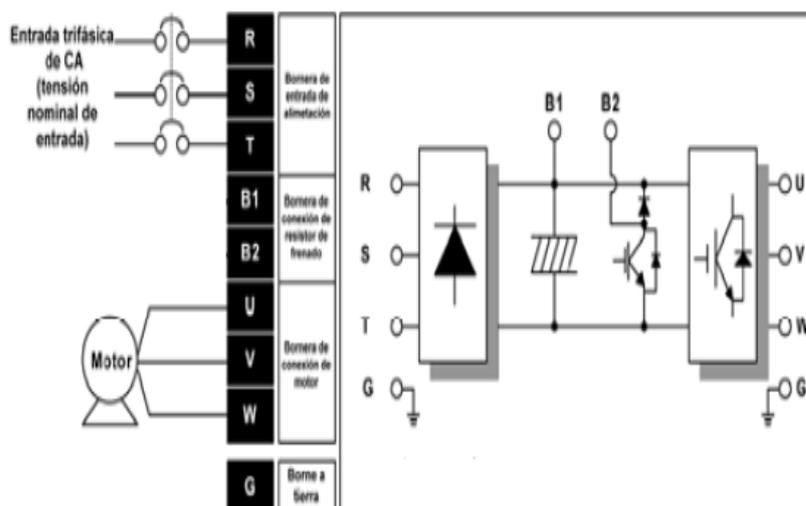
Los condensadores se encuentran conectados en delta permitiendo crear un campo de excitación en el estator del motor – generador y a su vez corregir los reactivos producidos por el funcionamiento de los motores de inducción.

#### 4.3.9 Conexionado del variador de frecuencia

El variador de frecuencia se encuentra conectado entre la red eléctrica de paso y el motor-impulsor, su objetivo es transformar un voltaje fijo de la red con frecuencia constante (60Hz), a una tensión variable con frecuencia variable, de este modo es posible variar de forma continua la velocidad del motor-impulsor.

La figura 4.7 muestra el conexionado de las borneras de entrada de alimentación y de las borneras de conexión del motor de inducción utilizado en el proyecto.

**Figura 4.7 Conexionado de los bornes del VDF**



Fuente: Autores

### 4.3.10 Configuración de parámetros básicos del variador de frecuencia

El variador de frecuencia IG5A cuenta con cuatro grupos de parámetros diferentes la cual se muestra en la figura 4.8.

Figura 4.8 Grupos de parámetros

Grupo de accionamiento	Parámetros básicos necesarios para que el variador funcione. Pueden definirse parámetros como la frecuencia de referencia y el tiempo de aceleración/desaceleración.
Grupo de funciones 1	Parámetros de funciones básicas para ajustar la frecuencia y la tensión de salida.
Grupo de funciones 2	Parámetros de funciones avanzadas para definir parámetros como la operación PID y la operación de un segundo motor.
Grupo E/S (Entrada/Salida)	Parámetros necesarios para constituir una secuencia usando los bornes de entrada/salida multifunción.

Fuente: (Systems, 2010)

A continuación en la tabla 4.5 se muestra la lista de funciones de accionamiento básico que se utilizó para el arranque del motor-impulsor.

Tabla 4.5 Parámetros de accionamiento

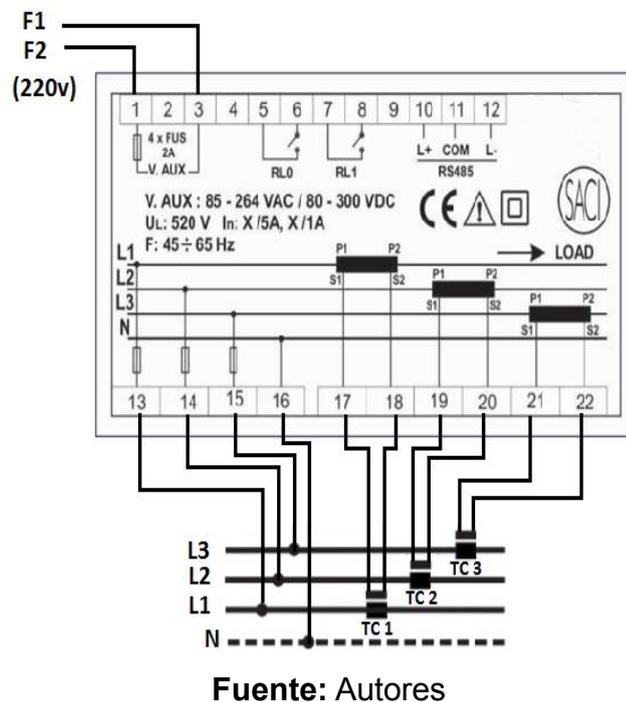
PARÁMETROS DE ACCIONAMIENTO					
CÓDIGO	DIRECCIÓN PARA COMUNICACIÓN	NOMBRE DEL PARÁMETRO	RANGO MÍN/MÁX	DESCRIPCIÓN	VALOR PREDETERMINADO
0.00	A100	Comando de frecuencia	0-400 (Hz)	Define la frecuencia de salida del variador. No puede definirse un valor superior a la frecuencia máxima	60.00
ACC	A101	Tiempo de aceleración	0-8000 (seg)	Duración de operación de aceleración del variador	5.0
dEC	A102	Tiempo de desaceleración	0-8000 (seg)	Duración de operación de desaceleración del variador	5.0
drv	A103	Modo de accionamiento	0-2	0= Parada con la tecla RUN/STOP del teclado 1= operación con borne ( FX: Avance del motor) (RX: Retroceso del motor) 2= operación con borne ( FX: habilitación de funcionamiento/parada) (RX: Selección de giro inverso)	0
F21	A215	Frecuencia máxima	40-400 (Hz)	Define la frecuencia mas alta que puede alcanzar el variador	66.00

Fuente: Autores

### 4.3.11 Conexión del analizador de parámetros (MP)

A continuación se muestra la forma de conectar el analizador de parámetros eléctricos tanto de la fuente de alimentación a 220V como las señales de voltaje y corriente.

**Figura 4.9 Conexión del analizador de parámetros eléctricos SACI ANG96**



## 4.4 PRÁCTICA N° 1

Puesta en marcha del tablero de generación.

### 4.4.1.1 Objetivo

Puesta en marcha del generador asíncrono, por medio de los circuitos de fuerza y control antes mencionados y con la configuración de los elementos de accionamiento y medición del tablero.

#### **4.4.1.2 Contenido**

- A. Instrucciones de seguridad
- B. Modo de operación
- C. Solución de problemas en la práctica

#### **4.4.1.3 Desarrollo**

Antes de la puesta en marcha y manipulación del sistema, es necesario leer cuidadosamente todas las instrucciones de seguridad y las notas de advertencias, incluyendo todos los rótulos de advertencia fijados a los equipos.

#### **4.4.2 Instrucciones de seguridad**

Gran parte de los accidentes relacionados con la operación, manipulación y mantenimiento de máquinas eléctricas se deben a que no se observan y respetan las precauciones y reglas básicas de seguridad.

La mayoría de eventualidades se las puede evitar, observando y reconociendo el lugar que puede ser peligroso, previniendo así un accidente. Los practicantes deben tener la capacidad, conocimientos y herramientas necesarias para poder desarrollar la práctica correctamente. Todos deben estar en constante alerta a la posibilidad de peligros.

Este manual tiene el objetivo de guiar al estudiante en la operación del tablero de generación de inducción, el cual está preparado para brindar la ayuda suficiente en la operación del mismo, logrando que el tablero de generación trabaje en óptimas condiciones.

Antes de cualquier práctica el estudiante debe tener en cuenta las siguientes normas de seguridad:

- No use joyas colgantes cerca de los motores que están trabajando.
- Asegurarse que no existan conexiones sueltas ni flojas antes de la práctica.
- Utilice lentes de seguridad y protectores de oídos cuando opere el equipo.
- Verificar que el laboratorio de la carrera cuente con extinguidores con clasificación ABC (Ej.: polvo químico).
- Mantener orden y limpieza antes y después de la misma, libre de líquidos y aceite.
- Asegurarse de que los letreros de advertencia de peligro se encuentren en una ubicación legible para los practicantes, la práctica cuenta con el siguiente aviso de seguridad.

**Figura 4.10 Aviso de seguridad**



**Fuente:** Autores

Señal de peligro de riesgo eléctrico, apropiada para advertir peligro por descarga eléctrica, existiendo la posibilidad de que una persona sufra daño producido por la utilización de energía eléctrica.

#### 4.4.3 Modo de operación

El estudiante antes de poner en marcha el tablero deberá:

- Comprobar el sentido de giro tanto del motor-impulsor como del motor-generador.
- Comprobar que los enchufes trifásicos de alimentación estén bien conectados.
- Observar si el selector del variador de frecuencia se encuentre en posición **OFF**.
- Observar que no existan materiales y equipos que no pertenecen a la realización de la práctica.

Una vez confirmados estos requerimientos se realiza las debidas conexiones de los equipos y configurando los parámetros del VDF, se inicia accionando el breaker principal, observando que el motor que actúa como generador gira a la frecuencia de la red 60Hz.

Visualizar que la pantalla del medidor de parámetros eléctricos (MP) se encuentre encendida y que el selector de operación este en modo “generador sincronizado”.

A continuación se procede a poner en marcha el variador de frecuencia (VDF), oprimiendo el pulsador de marcha a una frecuencia de 60 Hz, el cual hace girar al motor-impulsor alcanzando su velocidad nominal, a su vez

también gira el motor-generador pero debido al acople en sus ejes, pero aún no se encuentra generando, al contrario el tablero está consumiendo potencia de la red. Los focos incandescentes utilizados como cargas resistivas igual se encuentran encendidos.

Se activan los pasos de cargas capacitivas, logrando corregir el factor de potencia y al mismo tiempo cargamos los capacitores para el resto de la práctica.

Se procede a elevar la frecuencia a 66Hz, logrando elevar la velocidad de campo nominal del motor impulsor y así poder pasar de consumir potencia a generar potencia.

Los condensadores cumplen dos funciones en el proyecto, en modo “isla” y en modo “sincronizado”.

- En modo isla, los pasos de condensadores se comportan como excitación en el estator, el cual permitirá al motor-generador seguir girando, aun sin voltaje de la red.
- En modo sincronizado, se comportan como corrección del factor de potencia ayudando a compensar los reactivos producidos por el funcionamiento de los motores de inducción.

El voltaje generado depende de la velocidad que se trabaje, el estudiante puede subir o bajar la velocidad del VDF, logrando visualizar mediante las cargas resistivas y el analizador de red como el voltaje varía.

Luego de terminada la práctica, el estudiante debe seguir los siguientes pasos:

Presionar el botón **STOP** del variador de frecuencia y esperar que los

motores dejen de girar.

Apagar el VDF y por último desenergizar el tablero colocando en **OFF** los breakers de fuerza y control ubicados en la parte trasera del tablero didáctico.

El proyecto permite ver y monitorear los parámetros generados en una PC, gracias a la extracción de datos implementados. Por medio de un PLC Siemens SIMATIC S7-1200, y un módulo de comunicación RS 485 el cual permite adquirir las magnitudes del medidor de parámetros y del VDF.

#### 4.4.4 Solución de problemas en la práctica

**Tabla 4.6 Soluciones de problemas**

<b>PROBLEMA</b>	<b>CAUSA</b>	<b>SOLUCIÓN</b>
El variador de frecuencia no se enciende.	Falta de tensión en el variador de frecuencia.	Verificar que los fusibles de rápida respuesta estén en perfecto funcionamiento.
El tablero de generación no enciende.	Falla de energía eléctrica total.	Revisar que el breaker se encuentre en ON y con un multímetro procedemos a comprobar existencia de voltaje en las tres fases.
El matrimonio metálico se recalienta.	Arranque inadecuado	Asegurarse de seguir paso a paso la práctica, el orden de arranque de los motores no puede ser la correcta.

Las cargas capacitivas no trabajan.	Capacitores sin cargarse.	Asegurarse de cargar los condensadores antes de poner en modo de "Generador en Aislamiento".
El PLC y el medidor de parámetros eléctricos no encienden.	Falta de tensión 220V en el circuito de control.	Comprobar tensión a la entrada y salida de la protección principal con la utilización de un multímetro.

**Fuente:** Autores

## **4.5 Guía de programación del PLC Siemens S7 1200**

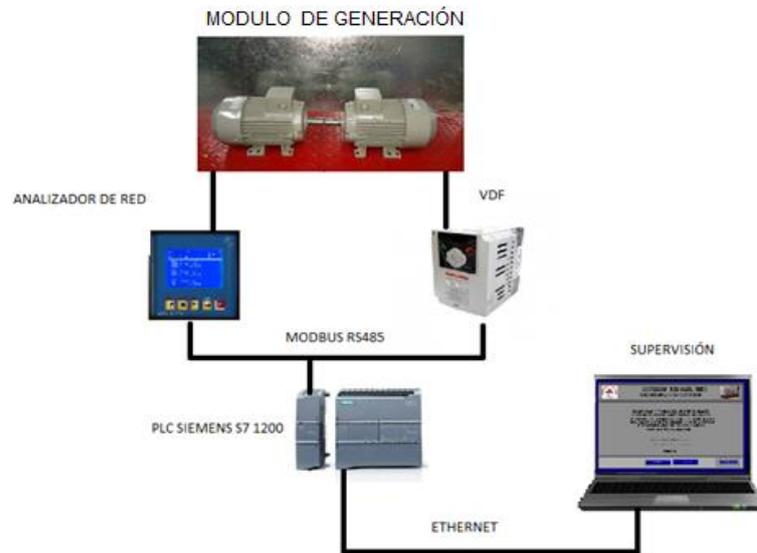
### **4.5.1 Introducción**

En el presente capítulo se realizará la descripción de la adquisición de datos de los diferentes parámetros eléctricos del tablero de generación, así como datos para la supervisión del proceso. Se detallara las diferentes etapas para el objetivo final de la adquisición de datos del proceso.

### **4.5.2 Arquitectura del sistema de adquisición**

El sistema está constituido por un controlador lógico programable (PLC), un analizador de red y una PC. La arquitectura del sistema consta de dos protocolos de comunicación, para adquirir los datos del analizador de red al PLC se utilizara el protocolo de comunicación Modbus RTU RS 485, y la comunicación del PLC a la PC se utilizará el protocolo de comunicación ETHERNET, como se muestra en la Figura 4.11.

**Figura 4.11 Arquitectura del sistema de adquisición de datos**



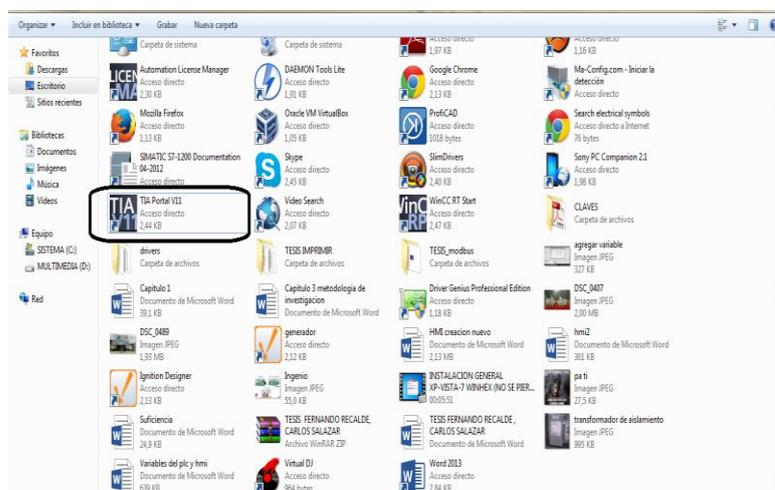
**Fuente: Autores**

### 4.5.3 Crear un proyecto nuevo

Se inicia detallando el entorno de programación paso a paso.

**Paso 1.** “abrir aplicación” Ejecutar el software Step7 TIA PORTAL V11.

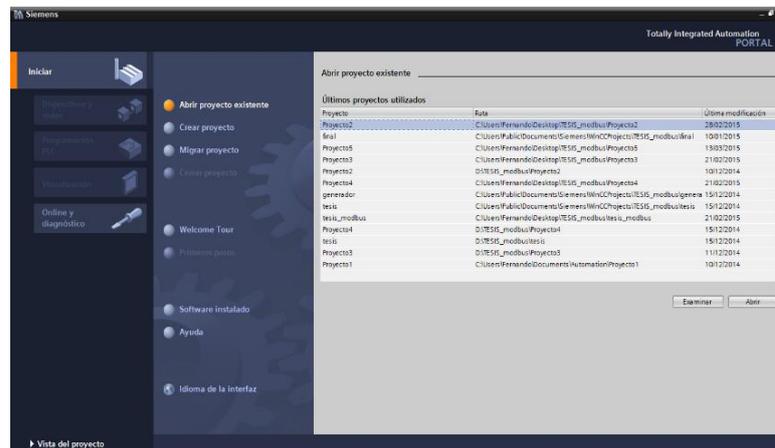
**Figura 4.12 Ejecutar Step7 TIA PORTAL**



**Fuente: Autores**

**Paso 2. “Crear Proyecto”** La ventana principal muestra la opción abrir proyectos existentes los mismos que se encuentran guardados en la PC.

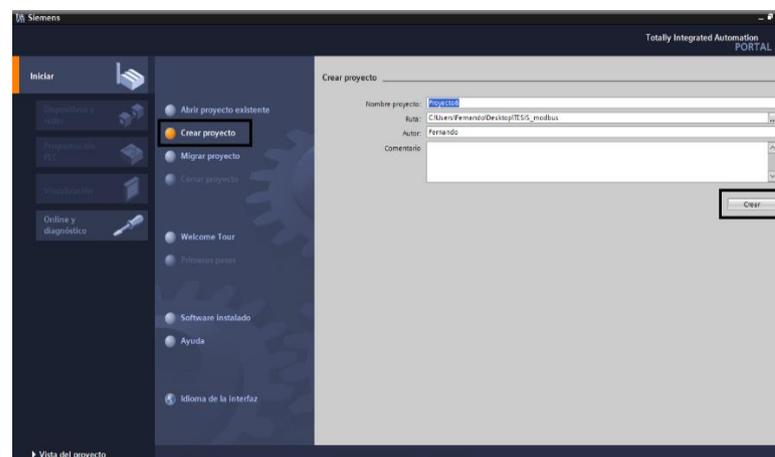
**Figura 4.13 Proyectos existentes**



**Fuente:** Autores

**Paso 3.** Se elige la opción crear proyecto, donde se podrá dar nombre al proyecto, además el recuadro muestra la ruta, autor y comentario. Una vez llenado las casillas se selecciona “crear”.

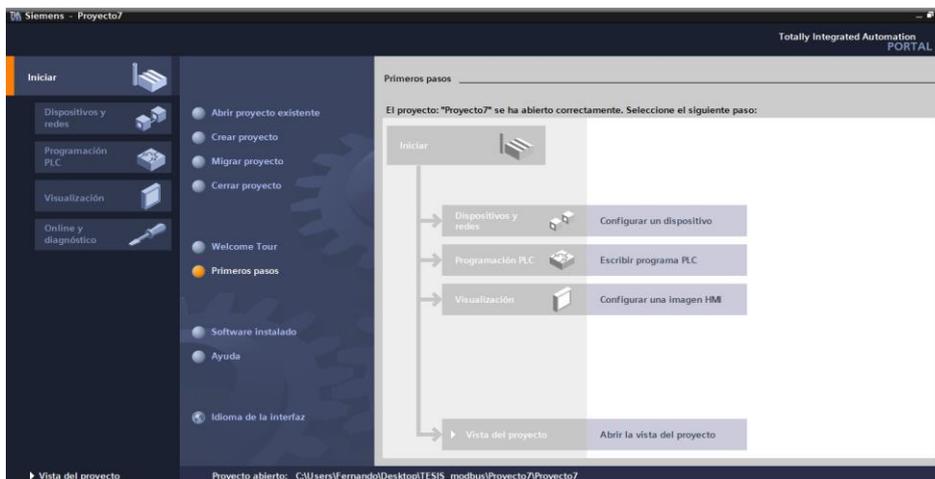
**Figura 4.14 Nuevo proyecto**



**Fuente:** Autores

**Paso 4.** Al seleccionar la opción crear se despliega la ventana “primeros pasos”, luego se elige la opción “configurar un dispositivo”.

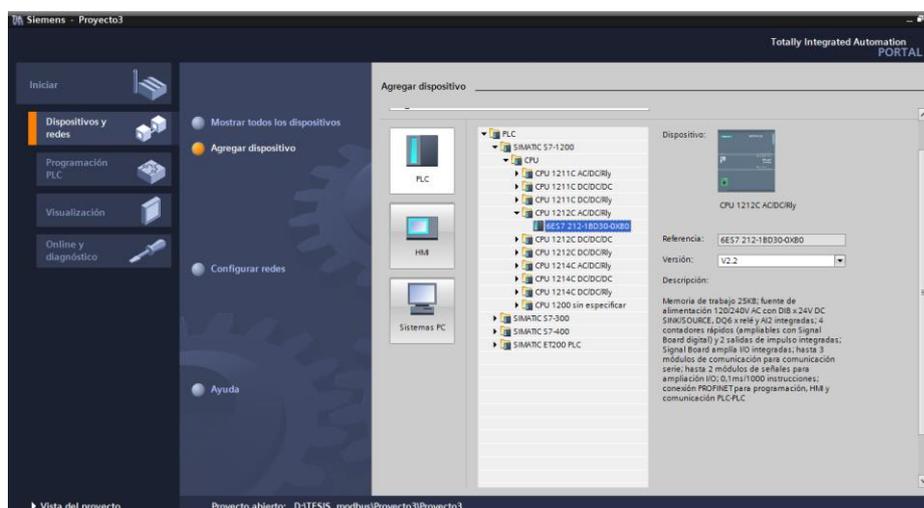
**Figura 4.15 Primeros pasos**



**Fuente:** Autores

**Paso 5** Se elige la opción “agregar dispositivo”, seleccionando la opción PLC, en la parte derecha se despliega un listado de todas las CPU’s, se elige el equipo que está utilizando en el proyecto.

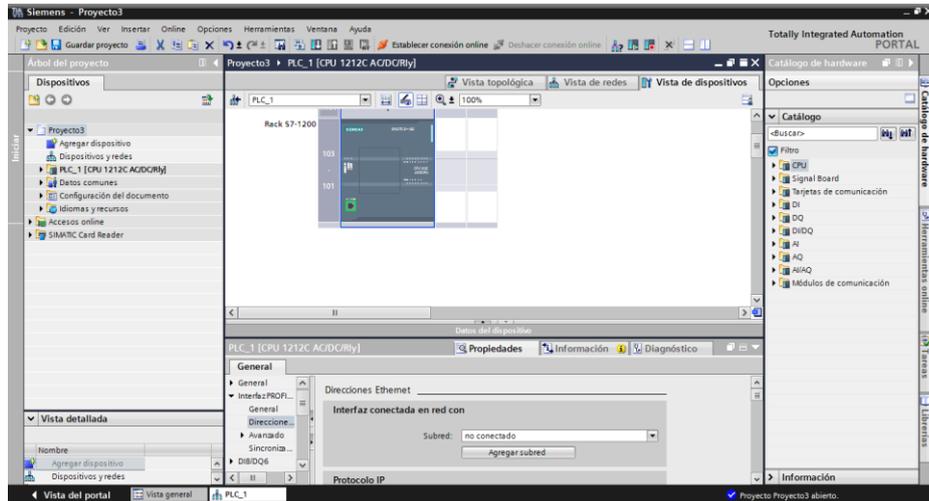
**Figura 4.16 Selección de la CPU**



**Fuente:** Autores

**Paso 6.** Después de realizar los pasos anteriores se puede visualizar la CPU a utilizarse como muestra la figura 4.17.

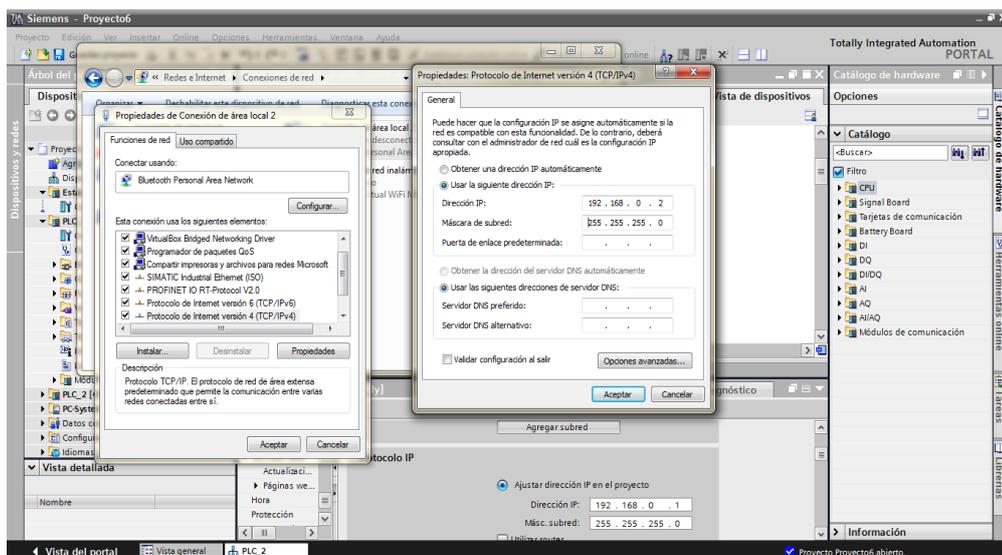
**Figura 4.17 Visualización de la CPU S7-1200**



**Fuente:** Autores

**Paso 7.** Se configura la dirección IP desde la ventana de propiedades en la parte inferior seleccionando la opción Interfaz PROFINET.

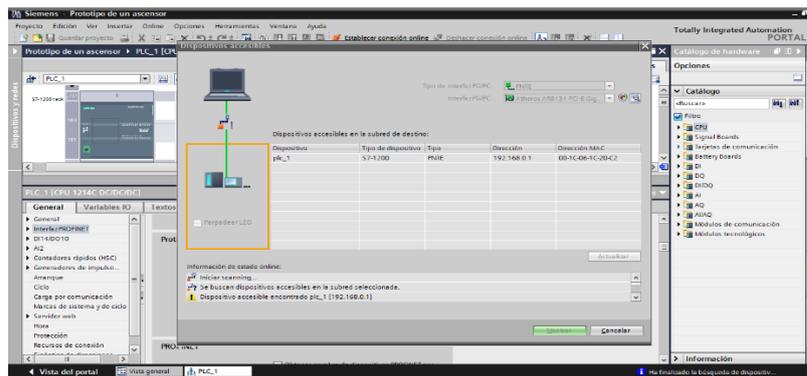
**Figura 4.18 Configuración de la IP**



**Fuente:** Autores

**Paso 8** Se carga el dispositivo por medio del icono  el cual transfiere la configuración a la CPU. Luego se procede a comprobar si los dispositivos son accesibles desplegamos el submenú “Online” y se elige la opción “dispositivos accesibles”.

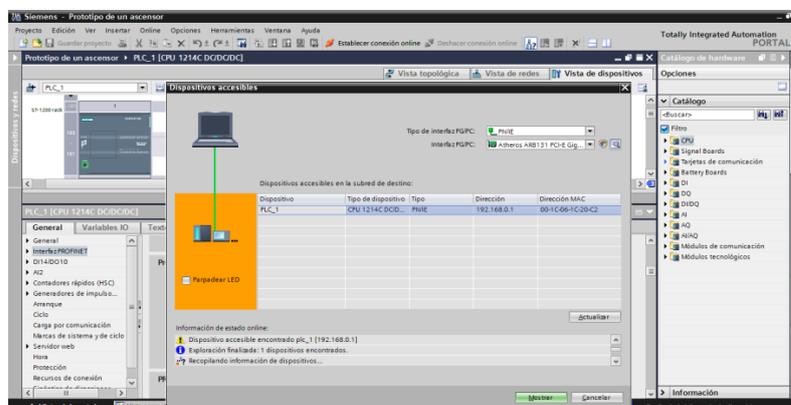
**Figura 4.19 Dispositivos accesibles**



**Fuente: Autores**

**Paso 9.** Una vez configurado la IP tanto del PLC como del módulo de comunicación se procede a realizar la conexión online, tal como se puede observar en la figura 4.20, se visualizara una sub pantalla en donde se tendrá que seleccionar el tipo de interfaz, el tipo de conexión. Una vez seleccionado estas variables se da click en conectar.

**Figura 4.20 Conexión online entre PLC Y PC**



**Fuente: Autores**

Una vez establecida la comunicación online se ascenderán unos indicadores de color verde los cuales muestran que el programa está corriendo sin problemas, en caso de existir algún error se encenderá un indicativo que se encuentra en la parte superior derecha en la opción “panel de mando de la CPU”.

#### 4.5.4 Configuración de equipos para la comunicación RS 485

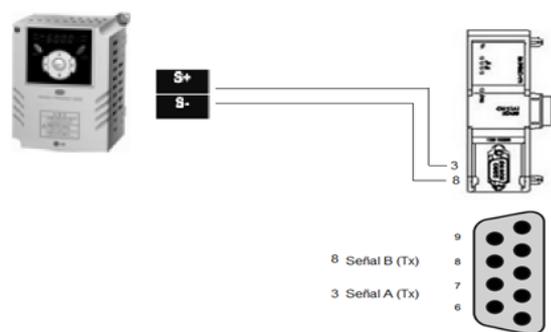
Entes de intentar establecer comunicación entre los equipos a los cuales se desea extraer datos y el PLC, se debe realizar las configuraciones en cada uno de estos equipos.

##### 4.5.4.1 Configuración para comunicación RS 485 del variador

Para establecer una comunicación RS 485 entre el variador y el PLC se debe realizar los siguientes pasos:

La comunicación Modbus RS 485 necesita una señal positiva y una señal negativa, en el variador se muestra como S+ y S-. Se realiza la conexión tal como muestra la figura 4.21.

**Figura 4.21 Conexión entre variador y PLC**



**Fuente:** Autores

Una vez efectuada la conexión se procede a realizar la configuración del variador, para comprender mejor se detalla en la siguiente tabla.

**Tabla 4.7 Tabla parámetros para la comunicación RS 485**

PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN	VARIABLE A SELECCIONAR
DRV-03	Modo de accionamientos	3 (RS 485)
DRV-04	Modo de accionamientos	7(RS 485)
E/S(I/O)-160	Número de variador	1-250 (Si conecta mas equipos asegurese de no usar el mismo número )
E/S(I/O)-161	Velocidad de baudios	3( 9600bps como valor por defecto de fábrica)
E/S(I/O)-162	Modo de pérdida	0-sin accion (valor por defecto de fábrica)
E/S(I/O)-163	Tiempo de espera	1,0 seg (valor por defecto de fábrica)
E/S(I/O)-159	Protocolo de comunicación	0- Modbus RTU, 1- LS Bus

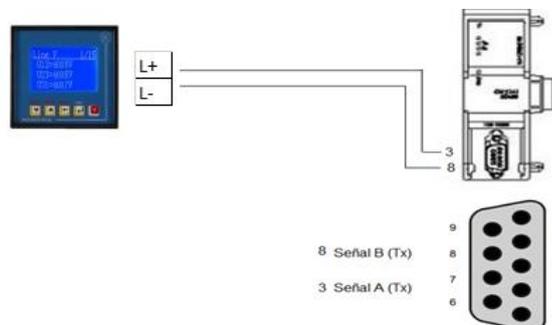
**Fuente:** Autores

Es recomendable recordar que el número máximo de accionamientos que se pueden conectar es de 16, además para garantizar la estabilidad en la comunicación limite la longitud a menos de 700 metros.

#### 4.5.4.2 Configuración para comunicación RS 485 del analizador de redes

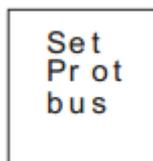
Al igual que con el variador, el analizador de redes también necesita ser configurado, esta es muy similar a la del variador. Pero en este caso se tiene como señales positivas y negativas a las borneras número 10 y 12, también llamadas L+ y L-.

**Figura 4.22 Conexión entre analizador de parámetros y módulo RS 485**

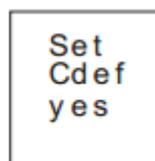
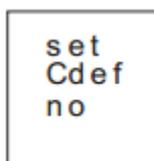


**Fuente:** Autores

Para acceder al “setup comunicaciones” debe pulsarse la tecla “reset” (Hasta que el equipo se inicialice), y seguidamente, deben mantenerse pulsadas las teclas MAX, MIN hasta entrar en modo programación.



Mediante esta pantalla, el equipo informa que el protocolo de comunicación a través del puerto serie RS 485 es del tipo Modbus estándar. Para entrar en modo configuración debe pulsarse la tecla .



Para seleccionar una de las dos opciones, pulse la tecla MAX y se irán alternando las dos opciones.

**Tabla 4.8 Parámetros configurados del analizador de redes**

OPCIONES	PARÁMETROS	VARIABLES
set Cdef no	Parámetros de comunicación personalizados.	
set Cdef Yes	Periférico:	1
	Velocidad de transmisión	19.600 bps
	Bits de datos	8
	Paridad	No
	Bits de stop	1

**Fuente:** Autores

La opción set cdef yes, muestra la configuración por defecto del analizador si lo que se necesita es personalizar por alguna razón se elige la opción set cdef no, en donde se configura cada parámetro.

## **4.6 Programación del PLC**

### **4.6.1 PRÁCTICA Nº 2**

Adquisición de datos desde un analizador de redes hacia una PC.

#### **4.6.1.1 Objetivo**

Familiarizarse con el funcionamiento de los bloques de programación para la adquisición de datos y comparación con los valores del analizador de redes.

#### **4.6.1.2 Contenido**

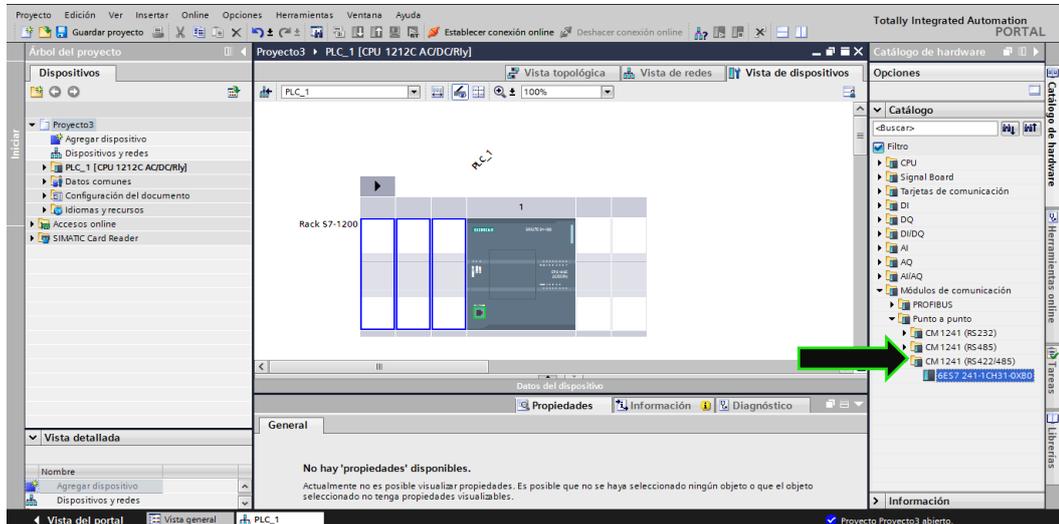
- A. Añadir módulo de comunicación
- B. Configuración MB\_COMM\_LOAD
- C. Configuración MB\_MASTER
- D. Configuración Temporizador TON
- E. Arranque del programa y recopilación de variables

#### **4.6.1.3 Desarrollo**

##### **4.6.1.3.1 Añadir módulo de comunicación**

Para realizar una adquisición de datos entre el analizador y el PC, se necesita añadir un módulo de comunicación RS 485 el cual se debe acoplar al PLC, este se lo realiza como se muestra en la figura 4.23.

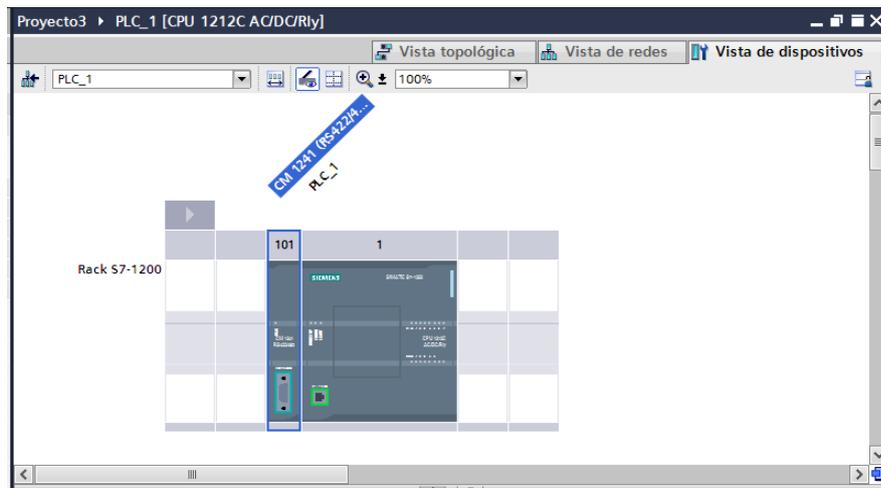
**Figura 4.23 Selección del módulo de comunicación Modbus RTU 485**



**Fuente: Autores**

Una vez seleccionado el módulo de comunicación se arrastra al lado izquierdo de la CPU, después de esto ambos elementos se visualizarán en una sola pantalla como se muestra en la figura 4.24.

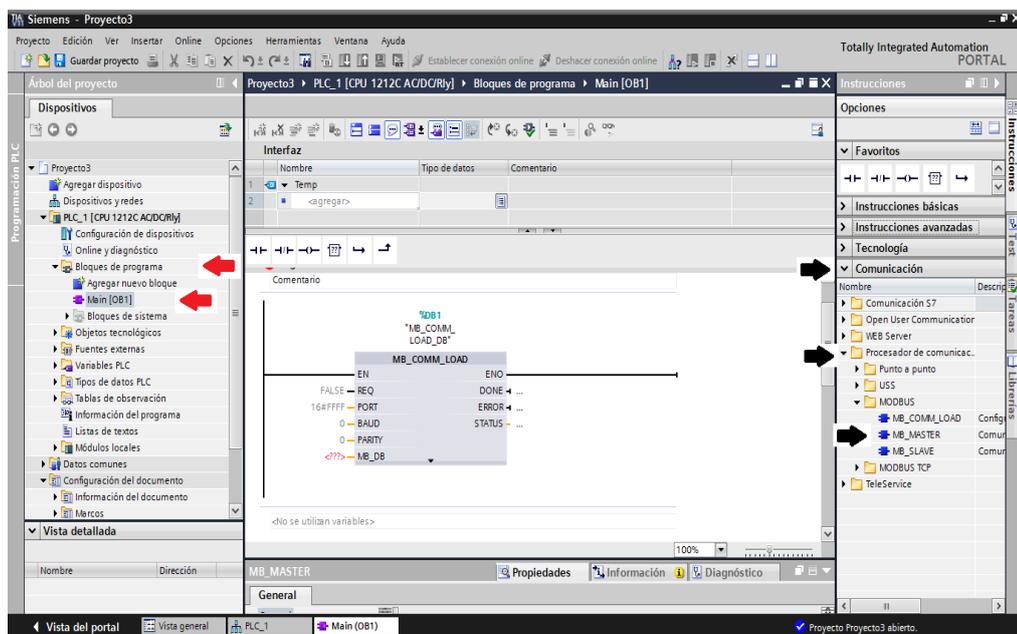
**Figura 4.24 Visualización de la CPU y módulo de comunicación Modbus RS 485**



**Fuente: Autores**

En esta sección se explica una de los principales parámetros que se debe configurar en el módulo de comunicación para realizar esta práctica. Se procede a dirigir hacia la parte izquierda de la pantalla buscando la opción, "bloques de programa", luego dar click en main [OB1] y después a la parte inferior derecha se da click en comunicación, aquí se abrirán subcarpetas, dar click en la carpeta Modbus y seleccionar los bloques de programación que se utilizaran. Esta secuencia de pasos se muestra en la figura 4.25.

**Figura 4.25 Pasos para seleccionar bloques de programación para comunicación Modbus**



Fuente: Autores

#### 4.6.1.3.2 Configuración MB\_COMM\_LOAD

La instrucción MB\_COMM\_LOAD configura un puerto del módulo de comunicación punto a punto (PtP) CM 1241 RS 485 o CM 1241 RS 232 para la comunicación vía el protocolo Modbus RTU. Los parámetros que se configuran se muestran en la tabla 4.9.

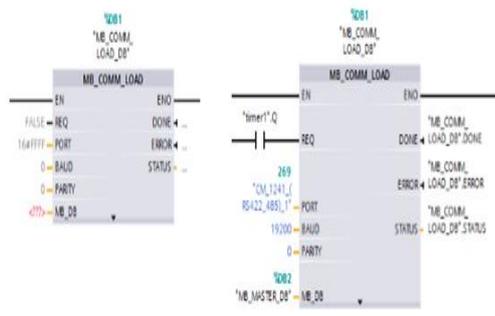
**Tabla 4.9 Parámetros para configurar MB\_COMM\_LOAD**

MB_COMM_LOAD	
PARÁMETROS	CONFIGURACIÓN
REQ	
PORT	"CM_1241_(RS 422_485)_1"
BAUD	19600
PARITY	0
MB_DB	"MB_MASTER_DB"

**Fuente:** Autores

Para configurar estos parámetros basta con dar doble click en cada uno de ellos, estos parámetros son de escritura y selección como se muestra en la figura 4.26.

**Figura 4.26 Configuración de MB\_COMM\_LOAD**



**Fuente:** Autores

#### 4.6.1.3.3 Configuración MB\_MASTER

El bloque MB\_MASTER se usa para seleccionar el esclavo Modbus a direccionar, seleccionar el código de función y definir la zona de almacenamiento de datos local. La tabla que se muestra a continuación explica los parámetros que se debe configurar.

En la figura anterior se muestra como añadir el bloque MB\_MASTER por lo que en la tabla 4.10 se muestra los parámetros configurados para esta práctica.

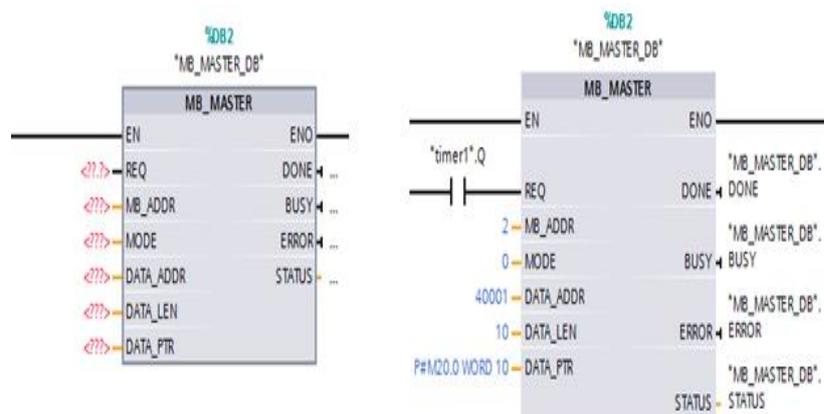
**Tabla 4.10 Descripción de parámetros**

MB_MASTER	
Parámetro	Configuración
REQ	Habilita la comunicación.
MB_ADDR	2
MODE	0
DATA_ADDR	40001
DATA_LEN	10
DATA_PTR	P#M20.0 WORD 10

**Fuente:** Autores

Tal y como fue en el bloque anterior en el MB\_MASTER para cambiar sus parámetros se da doble click en cada uno, teniendo parámetros de escritura y de selección múltiple. La figura 4.27 muestra como quedara el bloque después de cambiar sus parámetros.

**Figura 4.27 MB\_MASTER**



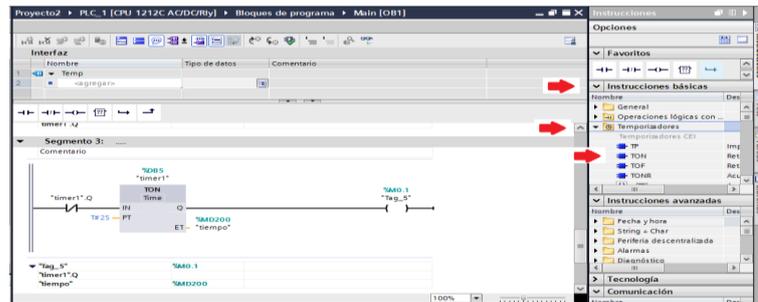
**Fuente:** Autores

#### 4.6.1.3.4 Configuración del temporizador TON

Las instrucciones con temporizadores se utilizan para crear retardos programados. En esta práctica se los utiliza para controlar la velocidad de lectura de cada elemento.

Para seleccionar el temporizador se debe ir a la parte derecha de la pantalla y dar click en instrucciones básicas, ahora ir a temporizadores y dar click, se abrirá una lista de temporizadores, se elige y se arrastra hacia la pantalla.

**Figura 4.28 Selección del temporizador TON**



**Fuente:** Autores

Una vez seleccionado el temporizador se debe configurar sus parámetros, para eso se debe guiar en la tabla 4.11, donde se muestra los parámetros que se cambiarán.

**Tabla 4.11 Configuración de los parámetros del temporizador TON**

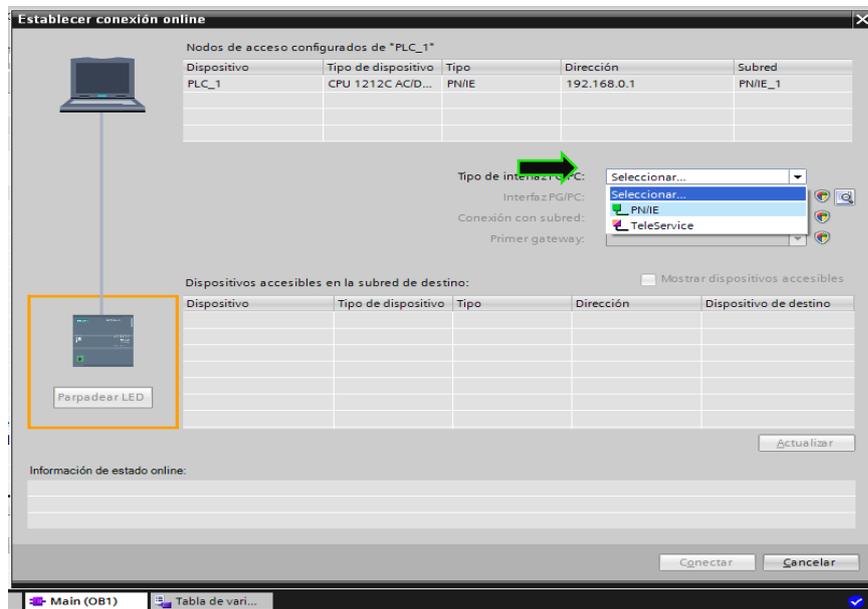
TEMPORIZADOR TON	
PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN
IN	Habilitar entrada del temporizador
PT	2S
Q	Salida del temporizador
ET	Salida que indica el tiempo transcurrido

**Fuente:** Autores

#### 4.6.1.3.5 Arranque del programa y recopilación de variables

Una vez configurado cada bloque de programación y las ID tanto de nuestro PLC como del módulo de comunicación se procede a realizar la conexión online, tal como se puede observar en la figura 4.29, saldrá una sub pantalla en donde se debe seleccionar el tipo de interfaz, el tipo de conexión una vez seleccionado estas variables dar click en conectar.

**Figura 4.29 Enlace online entre PLC Y PC**

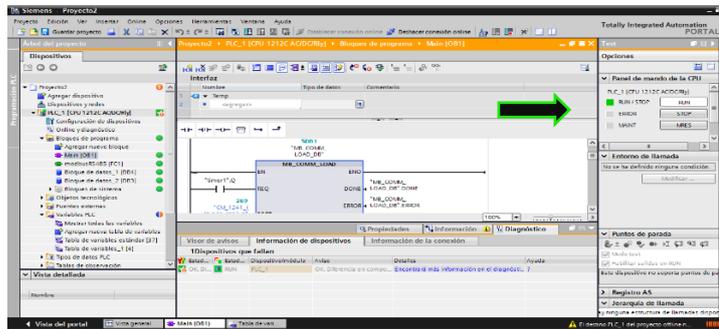


**Fuente:** Autores

Una vez establecida la comunicación online se ascenderán unos indicadores de color verde los cuales muestran que el programa está corriendo sin problemas, en caso de existir algún error se encenderá un indicativo que se encuentra en la parte superior derecha en la opción “panel de mando de la CPU”.

Para observar como cada uno de los bloques está en funcionamiento, se procede a dar un click en el bloque y luego al icono de activación de observación. Esto se puede observar en la figura 4.30.

**Figura 4.30 Vista general del programa corriendo**

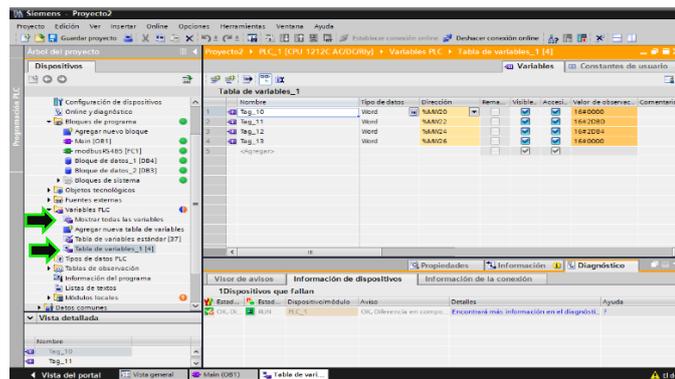


**Fuente: Autores**

Una vez que el programa corre debidamente, se visualizan las variables que envía el analizador de parámetros eléctricos (ANG96), por medio del módulo de comunicación siemens RS 485.

Para observar las variables que lee el PLC se debe ir hacia las variables del PLC y dar click, después click en tabla de valores, se abrirá una sub pantalla en la cual se elige la opción “observar todo” y automáticamente se muestran las variables recibidas del analizador de parámetros eléctricos, esto se muestra en la figura 4.31.

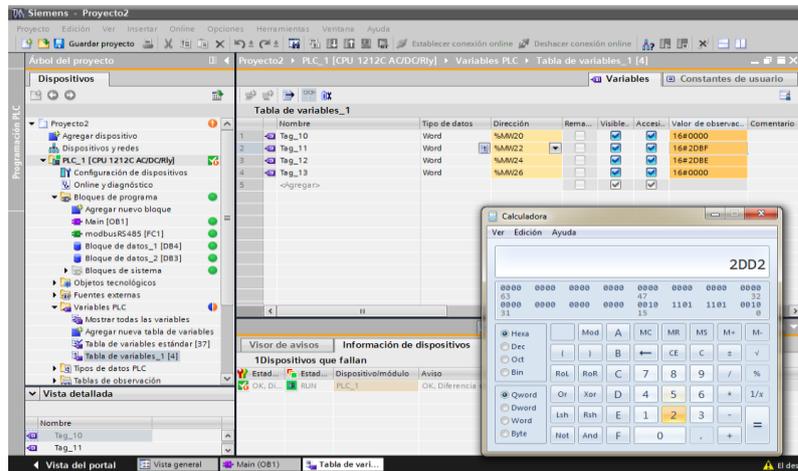
**Figura 4.31 Tabla de variables**



**Fuente: Autores**

Los valores de observación están en hexadecimales, para visualizar el valor real del analizador se debe hacer una conversión a decimales como se muestra en la figura 4.32.

**Figura 4.32 Conversión de hexadecimales a decimales**

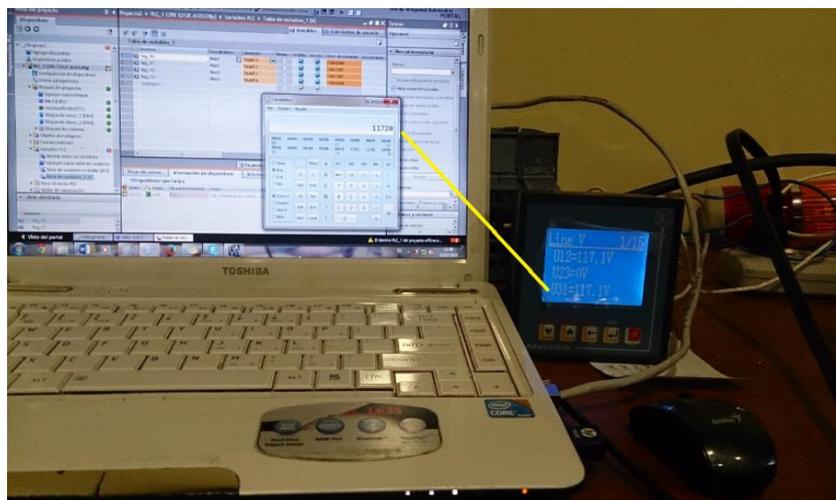


Fuente: Autores

#### 4.6.1.3.6 Resultados

Una vez realizada esta conversión se observan los valores reales que mide el analizador de parámetros eléctricos, con esto se concluye la primera parte de esta práctica, como se observa en la figura 4.33, los valores que da el analizador de parámetros eléctricos son iguales a los recibidos en la PC.

**Figura 4.33 Comparación de valores enviados y recibidos**



Fuente: Autores

## **4.7 Implementación del sistema de medición y monitoreo de parámetros eléctricos**

### **4.7.1 PRÁCTICA Nº 3**

Implementación del sistema de medición y monitoreo de parámetros eléctricos.

#### **4.7.1.1 Objetivo**

Crear una pantalla HMI en el programa Win CC y visualizar las variables adquiridas en la práctica N.- 2.

#### **4.7.1.2 Contenido**

- A. Creación de nuevo proyecto HMI
- B. Selección de dispositivos necesarios para la creación de pantallas HMI
- C. Vista de la topología y conexión entre PLC-PC
- D. Creación de pantallas para la visualización de las variables
- E. Objetos y elementos de la pantalla HMI
- F. Insertar un variable en un indicador numérico
- G. Insertar imágenes
- H. Resultados

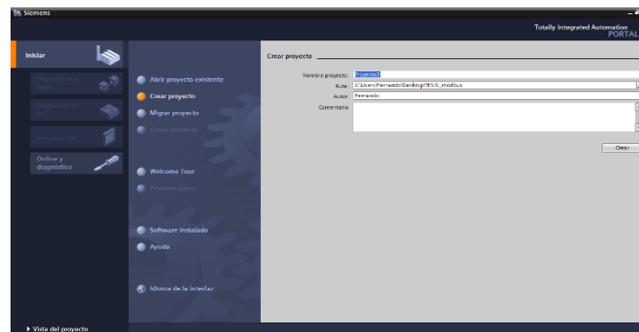
#### **4.7.1.3 Desarrollo**

A continuación se detalla como crear una pantalla HMI en el programa Win CC, en la cual se muestra un sistema de monitoreo de parámetros eléctricos. Los primeros pasos de creación de un nuevo proyecto son muy similares a los que se vio en el capítulo anterior.

#### 4.7.1.3.1 Creación de nuevo proyecto HMI

Correr el programa Tia Portal y crear un nuevo proyecto tal como se lo hizo en el capítulo anterior, escribir lo que corresponde a cada uno de los espacios en blanco y dar click en crear. Figura 4.34.

**Figura 4.34 Creación de nuevo proyecto HMI**

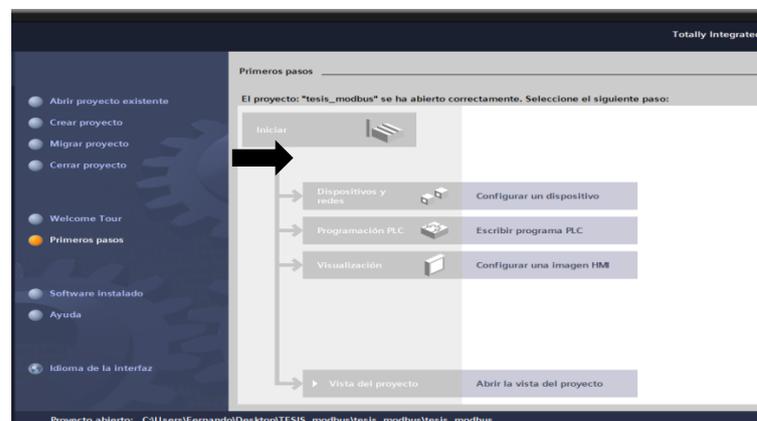


**Fuente:** Autores

#### 4.7.1.3.2 Selección de dispositivos para la creación de pantallas HMI

Luego de crear un archivo nuevo se procede a la configuración de los dispositivos a utilizarse, para ello se selecciona la opción “configuración de dispositivo” como se muestra en la figura 4.35.

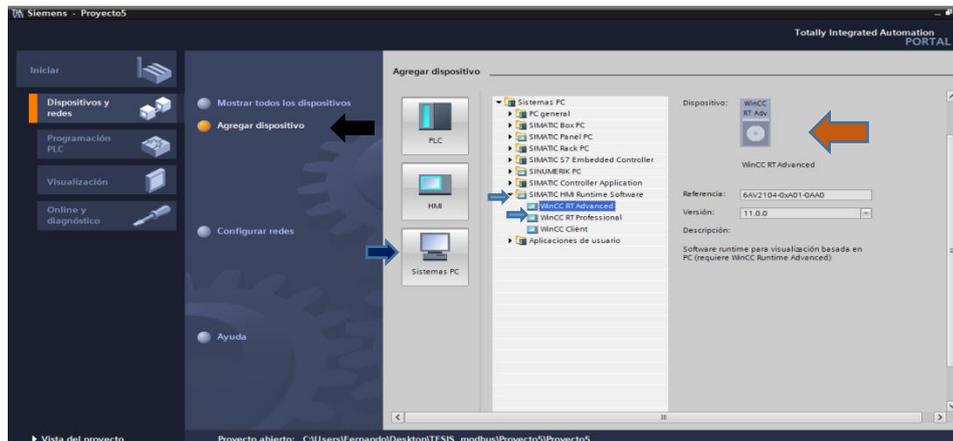
**Figura 4.35 Configuración de un dispositivo**



**Fuente:** Autores

Se agrega el dispositivo a utilizarse en este caso WINCC RT-ADVANCED siguiendo las instrucciones de la figura 4.36.

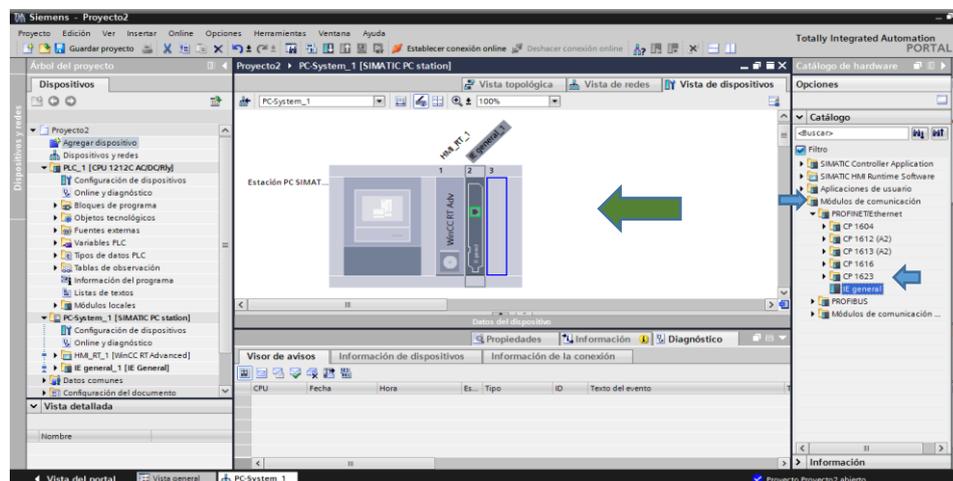
**Figura 4.36 Agregar dispositivos**



**Fuente: Autores**

Después de seguir los pasos anteriores, se debe insertar un módulo para la comunicación entre el PLC – PC, para el cual se utiliza el módulo de comunicación ETHERNET –IE GENERAL. Para insertar este módulo se sigue las indicaciones de la figura 4.37. Una vez ubicado solo se arrastra hacia la pantalla principal.

**Figura 4.37 Modulo de comunicación ETHERNET –IE GENERAL**

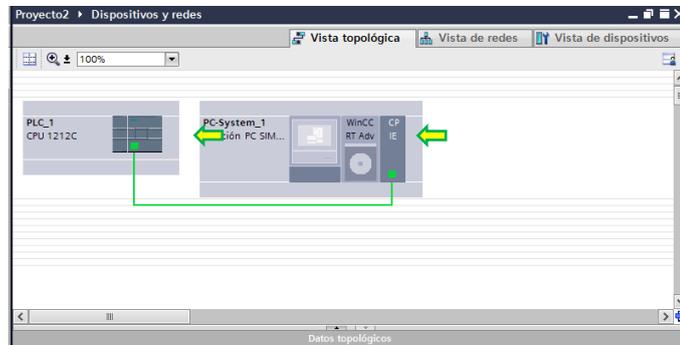


**Fuente: Autores**

### 4.7.1.3.3 Vista de la topología y conexión entre PLC- PC

Se procede a dar click en vista topológica, esta vista permite observar los dispositivos que se están utilizando y así proceder a realizar un enlace entre el PLC – PC. Para realizar este enlace simplemente se da click en el cuadro verde del PLC y luego se arrastra hacia el módulo de comunicación previamente colocado. Véase figura 4.38.

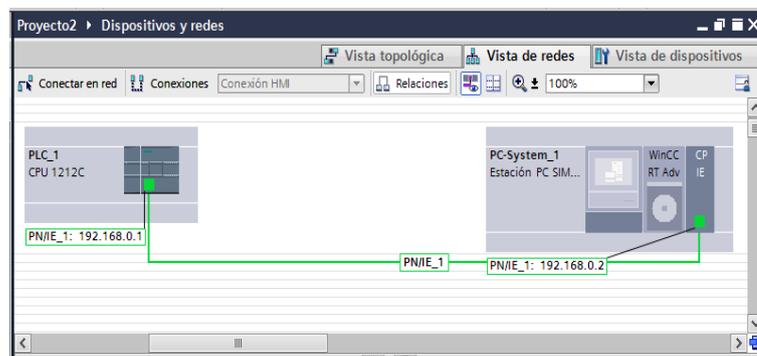
**Figura 4.38 Vista de la topología y conexión entre PLC-PC**



**Fuente: Autores**

También se puede observar las direcciones IP de cada elemento y ver el estado de la conexión entre ellos dando click en vista de redes como se muestra en la figura 4.39.

**Figura 4.39 Vista de redes**

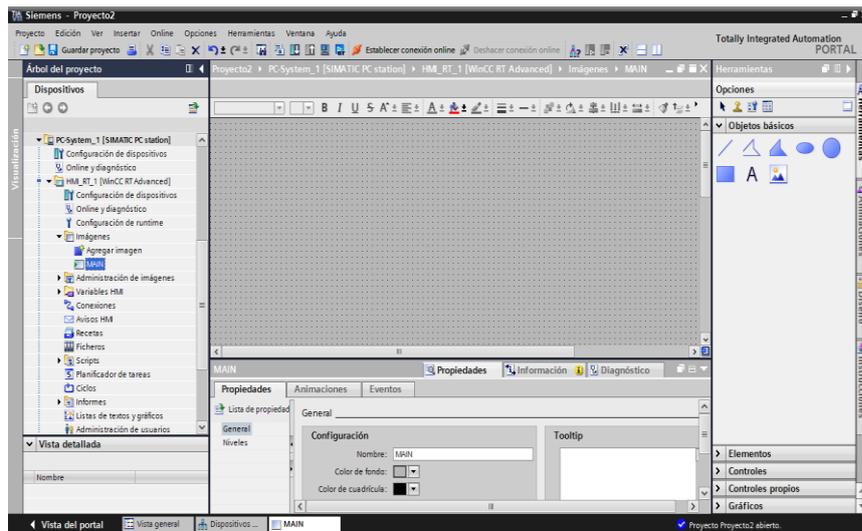


**Fuente: Autores**

#### 4.7.1.3.4 Creación de pantallas para la visualización de las variables

Después de crear una HMI, realizar las pantallas es sencillo, se empieza añadiendo una, para lo cual se da click en imágenes y después en main.

**Figura 4.40 Creación de nueva imagen-pantalla**



**Fuente:** Autores

Luego se delimita el área de trabajo para la creación de HMI en donde podemos incluir textos, imágenes, figuras entre otras, al ser una pantalla de monitoreo se utiliza indicadores numéricos para mostrar los valores que se extrae del analizador de parámetros eléctricos.

Para que estas variables se visualicen en la HMI simplemente se aumenta los indicadores numéricos o gráficos.

#### 4.7.1.3.5 Objetos y elementos de la pantalla HMI

Para que resulte más fácil la creación de estas pantallas se creó una tabla la cual permite ver los efectos y figuras que utilizaremos en esta práctica.

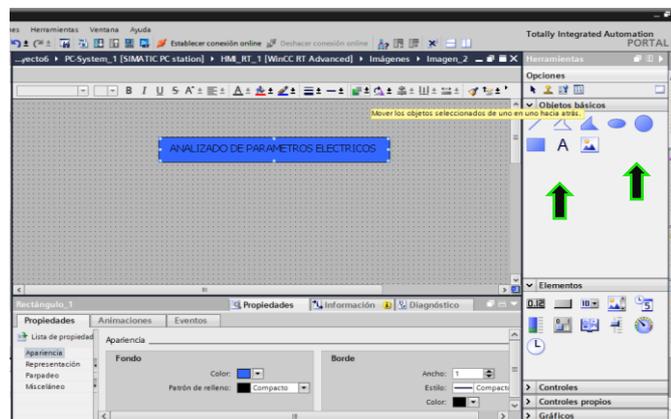
**Tabla 4.12 Objetos y elementos de la pantalla HMI**

OBJETOS BÁSICOS		
Figura	Nombre	Descripción
	Visor grafico	Podemos incluir cualquier grafico o imagen
	Campo de texto	Al insertar este elemento podemos insertar textos personalizados
	Figuras	Podemos incluir figuras para encerrar textos o imágenes
ELEMENTOS		
	Campo e/s	Se trata de indicadores numéricos se los usa para visualizar números
	Campo de fecha y hora	Se usa para visualizar la fecha y la hora de su ordenador en la pantalla HMI

**Fuente:** Autores

Una vez que se conoce los elementos básicos, se empieza por insertar un texto seguido de un rectángulo para encerrar el texto, de esta manera resulta más visible. Obsérvese en la figura 4.41. Todas estas opciones se encuentran en la parte derecha de la pantalla.

**Figura 4.41 Agregar texto**



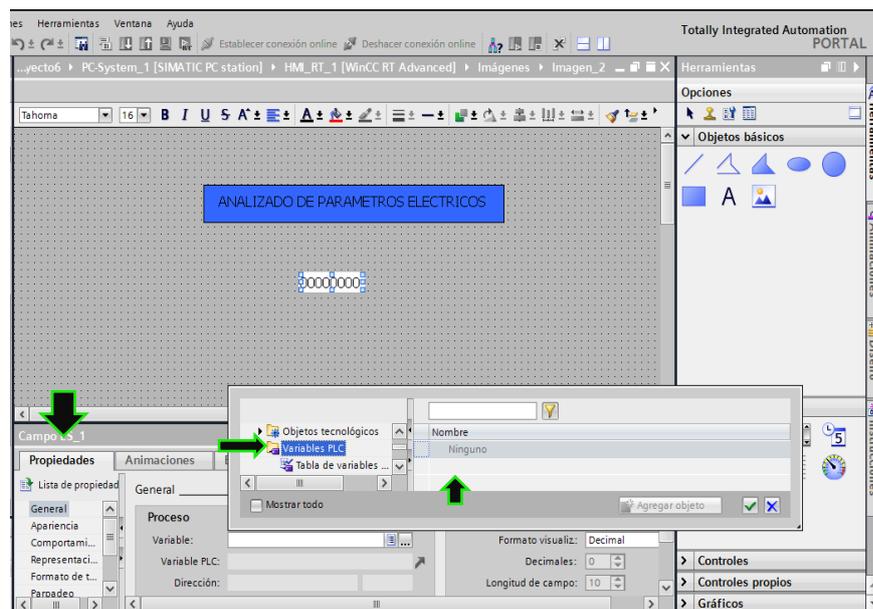
**Fuente:** Autores

#### 4.7.1.3.6 Insertar una variable en un indicador numérico

En este paso se incluye un indicador numérico al cual se añade una variable para que muestre el valor de dicha variable, para insertar solo se da click en la figura  y se arrastra al área de trabajo.

Ahora se debe añadir una variable, para esto se da click en propiedades, después dar un click en general, luego se muestra una opción en donde dirá variable, nuevamente un click y se desplegará una sub pantalla en donde se elige la variable que se desea visualizar. Estos pasos se muestran en la siguiente figura 4.42.

**Figura 4.42 Insertar un indicador numérico**



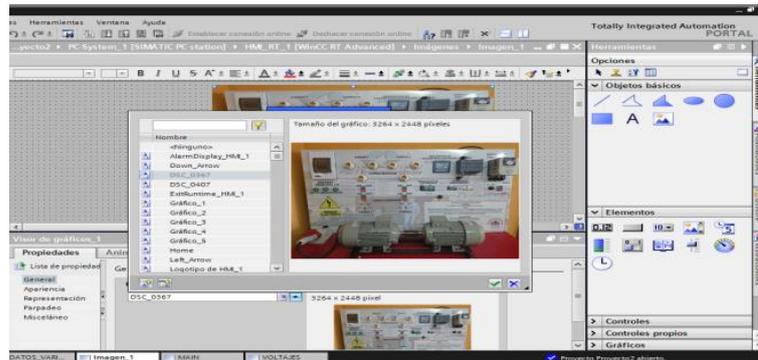
**Fuente:** Autores

Como se puede observar, una vez elegida la variable queda guardada para el indicador numérico, el cual solo puede leer una variable a la vez, por lo cual si se necesita otra lectura se añade un nuevo indicador y se asigna una variable.

#### **4.7.1.3.7 Insertar imágenes**

Para finalizar se puede incluir imágenes, las cuales pueden servir de fondo y así ir personalizando la pantalla, la figura 4.43 muestra como añadir una imagen y colocarla de fondo para que se pueda visualizar las mediciones.

**Figura 4.43 Insertar imagen**



**Fuente: Autores**

Para finalizar se ordena los valores que se van a medir y así poder crear más de una pantalla.

#### 4.7.1.3.8 Resultados

Se realiza el mismo procedimiento para cada indicador ya sea numérico o gráfico, se coloca una variable en cada indicador, luego copiar, guardar y correr el programa, esto se muestra en la figura 4.44.

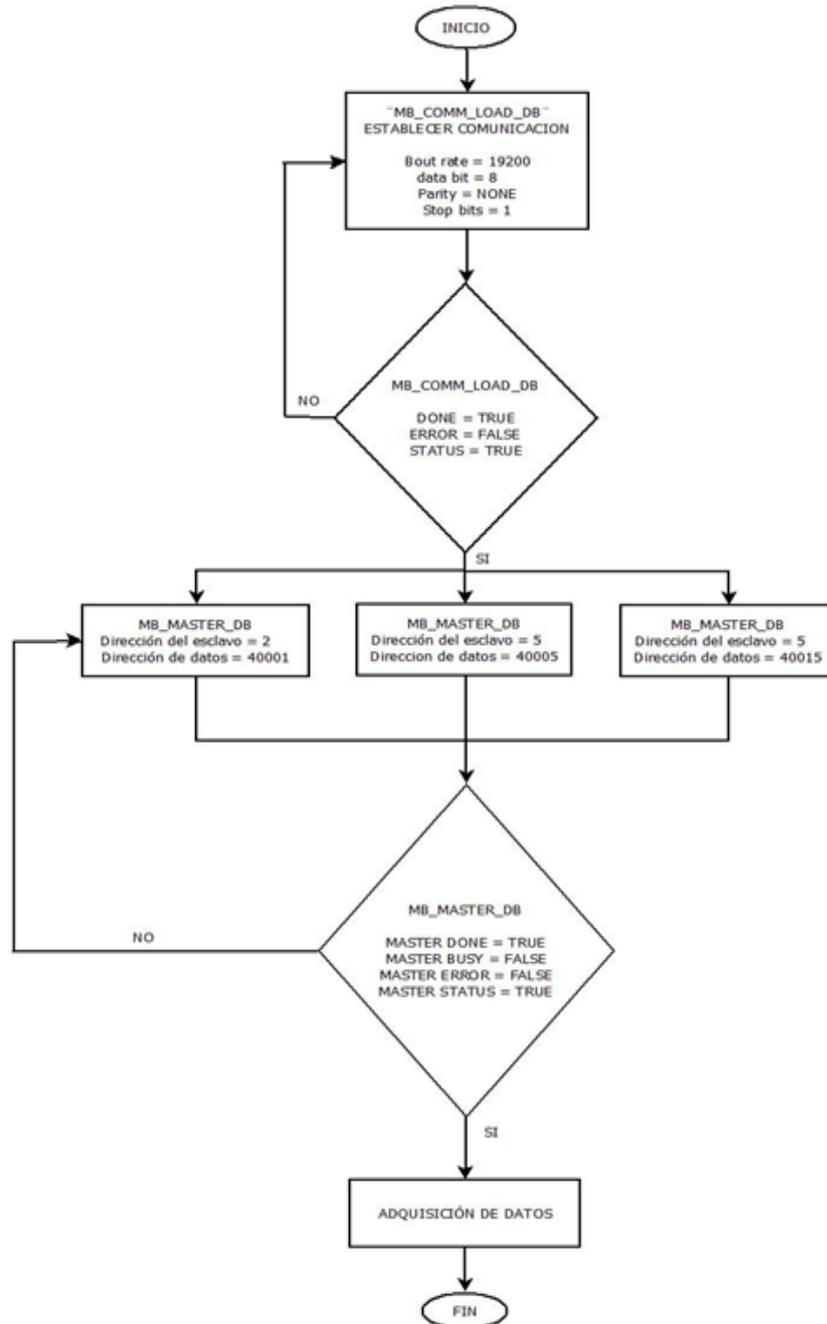
**Figura 4.44 Vista de monitoreo de voltajes**



**Fuente: Autores**

## 4.8 Diagrama de flujo

Figura 4.45 Diagrama de flujo



Fuente: Autores

## **CAPÍTULO V**

### **5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1 Conclusiones**

Al concluir la implementación y montaje del motor-generador con extracción de datos, así como las distintas pruebas desarrolladas con los elementos de comunicación, y cumpliendo con los objetivos propuestos al inicio del proyecto se logró concluir lo siguiente:

- Se ha conseguido implementar un tablero de pruebas didáctico de sistemas industriales, con la utilización de un PLC S7-1200, el cual es de fácil comprensión y operación, logrando crear un entorno amigable hacia la práctica, con el objetivo de complementar la enseñanza en el laboratorio de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico.
- Por medio de la implementación de elementos electrónicos de tecnología avanzada, permite al estudiante relacionarse con controladores lógicos programables existentes en la industria, logrando vincular al mismo a procesos existentes en el ámbito industrial.
- Se logró efectuar la programación del PLC S7-1200, por medio del software Step7 TIA Portal y Win cc, mediante la comunicación Profinet Ethernet logrando entrelazar el PLC al PC.

- Se empleo un módulo de comunicación RS 485 para conseguir la comunicación del variador de frecuencia y del analizador de parametros con el PLC por medio de una comunicación punto a punto, logrando asi la supervisión y extracción de los parametros electricos generados por el tablero.
- Se elaboró una guía de operación y programación con el fin de dar al estudiante un documento detallado del correcto desarrollo de las diferentes prácticas propuestas en este proyecto.

## **5.2 Recomendaciones**

La implementación y montaje del motor-generator asíncrono con extracción de datos mediante un PLC tiene el fin de contribuir en beneficio y desarrollo del aprendizaje de los estudiantes de la, logrando convertirse en una herramienta tecnológica, es por ello que proponemos las siguientes recomendaciones.

- Es muy recomendable que, antes de iniciar con la práctica el estudiante se familiarice con el modo de operación del tablero, con el fin de minimizar los riesgos de lesiones, descargas eléctricas y de algún daño irreversible a los equipos, y a su vez tomar las debidas precauciones durante el desarrollo de la práctica.
- Es recomendable operar los motores a un rango de velocidad pertinente, sin sobrepasar el rango cercano al deslizamiento máximo, el cual evitará que se trabaje en oscilaciones inadecuadas e inseguras para nuestro grupo motor-generator.
- Es recomendable arrancar primero el motor-impulsor que se encuentra alimentado desde el variador de frecuencia debido a la

rampa de aceleración, puesto que, al arrancar primero el motor-generador existe una diferencia de velocidades y se genere una fuerza electromotriz en sus ejes, logrando disminuir la vida útil de los motores de inducción.

- Es recomendable que los estudiantes reciban conocimientos básicos sobre la programación de PLC's Siemens en Step7 y WIN CC, por medio de cursos o de prácticas de programación.
- De la experiencia adquirida durante el desarrollo del proyecto, se recomienda tener precaución al momento de la programación y de la asignación de direcciones IP, se lo debe realizar de manera cuidadosa, ya que al existir un error puede impedir cargarse el programa al PLC y no cumplir con las expectativas planteadas.

### 5.3 BIBLIOGRAFÍA

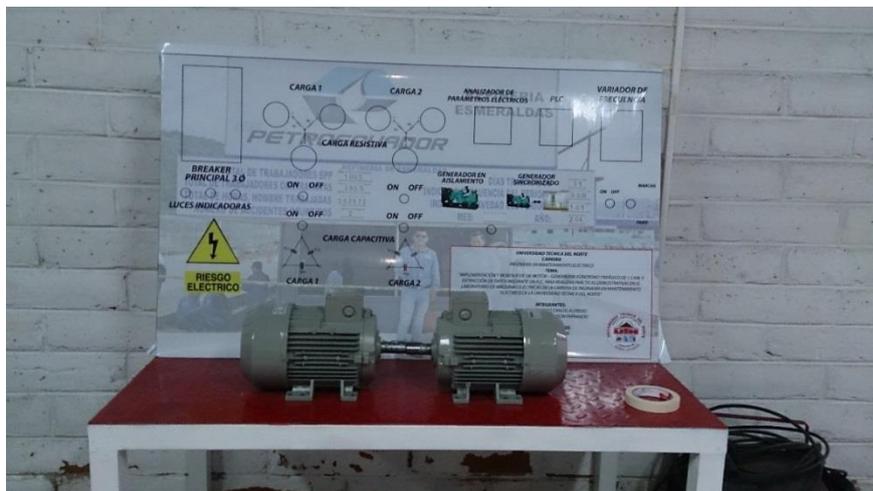
1. Chapman, S. J. (2012). Maquinas Electricas / 5 ED. Mexico: MC GRAW HILL
2. Díaz, W. B. (2008). Los Sistemas Electricos de Potencia. Pearson.
3. Fitzgerald, A. E. (2005). Máquinas Eléctricas (6ta ed.). Madrid: McGraw-Hill
4. Jacques, S. (s.f.). Variadores de Velocidad. Barcelona-España: Schnneider Electric S.A.
5. MORA, J. F. (2008). MAQUINAS ELECTRICAS, 6 EDC. España: McGraw-Hill.
6. SIEMENS, A. (2014). Sistema de automatización S7-200, "Manual °del sistema C79000-G7078-C230-02 ". Alemania.
7. Systems, L. I. (mayo de 2010). Manual de Variador IG5A.
8. Valenzuela Satillan, A. D. (2013). sincronoscopio virtual para un sistema multimaquina del laboratorio de sistemas electrico depotencia. En A. D. Valenzuela Satillan,
9. Wildi, T. (2006). Maquinas Electricas Y Sistemas De Potencia (6ta ed.). México: Pearson.

### 5.4 LINKOGRAFÍA

1. Carreras, R. R. (19 de Junio de 2014). Hipertexto web sobre energía eólica. Obtenido de Hipertexto web sobre energía eólica: <http://rabfis15.uco.es/lvct/tutorial/41/tema18/tema18-6.htm>
2. Guerrero Cuesta, W. E. (2006). <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/441>. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/441>
3. <http://www.waterpumpsinchina.com/about-us.html>. (s.f.). Obtenido de <http://www.waterpumpsinchina.com/about-us.html>.
4. INDUSTRIALES, S. D. (2012). SACI. Obtenido de SACI:

- <http://www.saci.es/en/component/virtuemart/127/30/network-analyzer/lcd/ang96-saci?Itemid=0>
5. Luque, J. M. (2012). [plc-hmi-scadas.com/](http://plc-hmi-scadas.com/). Obtenido de [plc-hmi-scadas.com/](http://plc-hmi-scadas.com/): <http://plc-hmi-scadas.com/>
  6. Sanches, A. M. (2008). [http://www.cenidet.edu.mx/subaca/web-elec/tesis\\_mc/222MC\\_amhs.pdf](http://www.cenidet.edu.mx/subaca/web-elec/tesis_mc/222MC_amhs.pdf). Obtenido de [http://www.cenidet.edu.mx/subaca/web-elec/tesis\\_mc/222MC\\_amhs.pdf](http://www.cenidet.edu.mx/subaca/web-elec/tesis_mc/222MC_amhs.pdf): [http://www.cenidet.edu.mx/subaca/web-elec/tesis\\_mc/222MC\\_amhs.pdf](http://www.cenidet.edu.mx/subaca/web-elec/tesis_mc/222MC_amhs.pdf)
  7. Siemens. (11 de 2009). Controlador programable S7-1200 . Obtenido de Controlador programable S7-1200 : <https://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/Documents/S71200-MANUAL%20DEL%20SISTEMA.PDF>
  8. Siemens. (12 de 2009). Software SIMATIC. Obtenido de Software SIMATIC: [https://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/software/step7\\_s71200/pages/step7basicparas7-1200.aspx](https://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/software/step7_s71200/pages/step7basicparas7-1200.aspx)
  9. Siemens. (Agosto de 2011). WinCC Basic V11.0 SP1. Obtenido de WinCC Basic V11.0 SP1: [http://wikifab.dimf.etsii.upm.es/wikifab/images/b/b8/WinCCBasic\\_v11.pdf](http://wikifab.dimf.etsii.upm.es/wikifab/images/b/b8/WinCCBasic_v11.pdf)
  10. Siemens. (2012). Paneles HMI Basic . Obtenido de Manual de sistema Controlador Programable S7- 1200 : <https://www.automation.siemens.com>
  11. Siemens. (2015). Industry Mall. Obtenido de Industry Mall: <https://mall.industry.siemens.com/mall/es/WW/Catalog/Products/10045697>

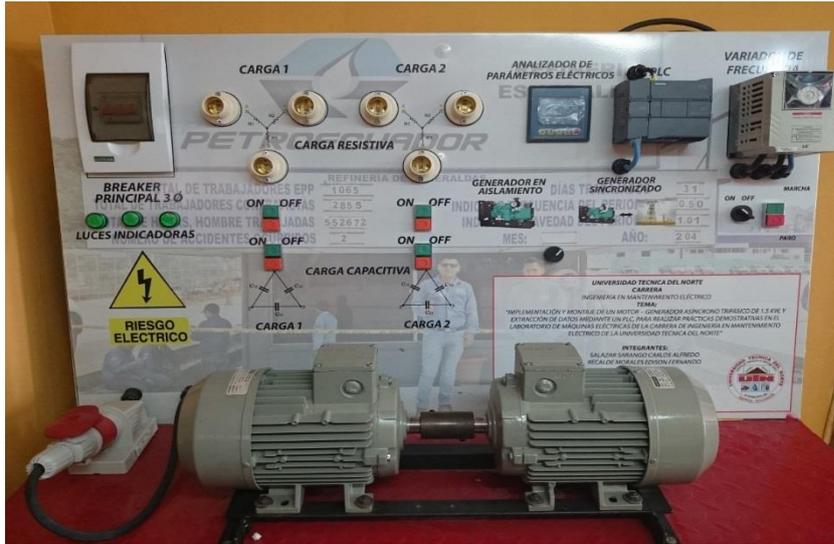
## 5.5 ANEXOS FOTOGRÁFICOS



















**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE  
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**

**AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN  
A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA**

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	100356898-5		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Recalde Morales Edison Fernando		
DIRECCIÓN:	Andrade Marín		
EMAIL:	eddye_fer@hotmail.com		
TELÉFONO FIJO:		TELÉFONO MÓVIL:	0986732540

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	"IMPLEMENTACIÓN Y MONTAJE DE UN MOTOR – GENERADOR ASÍNCRONO TRIFÁSICO DE 1.5 KW, Y EXTRACCIÓN DE DATOS MEDIANTE UN PLC, PARA REALIZAR PRÁCTICAS DEMOSTRATIVAS EN EL LABORATORIO DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO ELÉCTRICO EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE"
AUTOR :	Recalde Morales Edison Fernando
FECHA: AAAAMMDD	2015-06-29
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero en Mantenimiento Eléctrico

ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Pablo Méndez
-------------------	-------------------

## 2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Recalde Morales Edison Fernando, con cédula de identidad Nro. 1003568985, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

## 3. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es el titular del derecho patrimonial, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 29 días del mes de Junio del 2015

EL AUTOR:

(Firma).....

Nombre: Recalde Morales Edison Fernando

C.I.: 1003568985

Facultado por resolución de Consejo Universitario \_\_\_\_\_



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

### CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, Recalde Morales Edison Fernando, con cédula de identidad Nro. 1003568985, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor (es) de la obra o trabajo de grado denominado: **"IMPLEMENTACIÓN Y MONTAJE DE UN MOTOR – GENERADOR ASÍNCRONO TRIFÁSICO DE 1.5 KW, Y EXTRACCIÓN DE DATOS MEDIANTE UN PLC, PARA REALIZAR PRÁCTICAS DEMOSTRATIVAS EN EL LABORATORIO DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO ELÉCTRICO EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE"** que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero en Mantenimiento Eléctrico, en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

(Firma).....  
Nombre: Recalde Morales Edison Fernando  
C.I.: 1003568985

Ibarra, a los 29 días del mes de junio del 2015



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**

**AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN**  
**A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**4. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA**

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	100316813-3		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Salazar Sarango Carlos Alfredo		
DIRECCIÓN:	Ibarra		
EMAIL:	<a href="mailto:Carlos26salazar@gmail.com">Carlos26salazar@gmail.com</a>		
TELÉFONO FIJO:	062603-002	TELÉFONO MÓVIL:	0989898873

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	"IMPLEMENTACIÓN Y MONTAJE DE UN MOTOR – GENERADOR ASÍNCRONO TRIFÁSICO DE 1.5 KW, Y EXTRACCIÓN DE DATOS MEDIANTE UN PLC, PARA REALIZAR PRÁCTICAS DEMOSTRATIVAS EN EL LABORATORIO DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO ELÉCTRICO EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE"
AUTOR :	Salazar Sarango Carlos Alfredo
FECHA: AAAAMMDD	2015-06-29
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TITULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero en Mantenimiento Eléctrico
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Pablo Méndez

**5. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD**

Yo, Salazar Sarango Carlos Alfredo, con cédula de identidad Nro. 1003168133, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

**6. CONSTANCIAS**

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es el titular del derecho patrimonial, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

QUITANDA DE ENTREGA DEL ORIGINAL DE LA OBRA, QUE SE ENTREGA EN SU ORIGINALidad, en la ciudad de Ibarra, a los 29 días del mes de Junio del 2015

**EL AUTOR:**

(Firma).....

Nombre: **Salazar Sarango Carlos Alfredo**

C.I.: 1003168133

Facultado por resolución de Consejo Universitario \_\_\_\_\_



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

### CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, Salazar Sarango Carlos Alfredo, con cédula de identidad Nro. 1003168133, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor (es) de la obra o trabajo de grado denominado: **"IMPLEMENTACIÓN Y MONTAJE DE UN MOTOR – GENERADOR ASÍNCRONO TRIFÁSICO DE 1.5 KW, Y EXTRACCIÓN DE DATOS MEDIANTE UN PLC, PARA REALIZAR PRÁCTICAS DEMOSTRATIVAS EN EL LABORATORIO DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO ELÉCTRICO EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE"** que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero en Mantenimiento Eléctrico, en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

(Firma).....  
Nombre: Salázar Sarango Carlos Alfredo  
C.I.: 1003168133

Ibarra, a los 29 días del mes de junio del 2015