



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y  
APLICADAS

CARRERA: INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

TESIS DE GRADO

**TEMA:**

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE UN MÓDULO DIDÁCTICO DE SUBESTACIÓN DE BARRA SIMPLE CON TRANSFERENCIA PARA LA VISUALIZACIÓN DE VARIABLES ELÉCTRICAS MEDIANTE SISTEMA SCADA EN EL LABORATORIO DE ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI, PERIODO 2014”**

**Informe de tesis previo a la obtención del título de Ingeniero Electromecánico  
de la Universidad Técnica de Cotopaxi**

**AUTOR:**

Jiménez Espinosa Juan Pablo

**DIRECTOR**

Ing. Álvaro Mullo Quevedo

**ASESOR METODOLÓGICO**

Lic. Susana Pallasco MSc.

Latacunga - Ecuador

Enero - 2016



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y**  
**APLICADAS**  
Latacunga – Ecuador

---

**APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO**

En calidad de miembros del tribunal de grado, aprobamos el presente informe de investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentaria emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la unidad académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, el postulante señor Jiménez Espinosa Juan Pablo, con tema de tesis **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE UN MÓDULO DIDÁCTICO DE SUBESTACIÓN DE BARRA SIMPLE CON TRANSFERENCIA PARA LA VISUALIZACIÓN DE VARIABLES ELÉCTRICAS MEDIANTE SISTEMA SCADA EN EL LABORATORIO DE ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI, PERIODO 2014.”**, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometidos al acto de defensa de tesis.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, 06 Enero de 2016.

Por constancia firman:

-----  
**Ing. Cristian Gallardo**  
**Presidente**

-----  
**Ing. Carlos Espinel**  
**Opositor**

-----  
**Dr. Galo Terán.**  
**Miembro**

-----  
**Ing. Álvaro Mullo.**  
**Miembro Con Voz**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y**  
**APLICADAS**  
Latacunga – Ecuador

---

**AUTORÍA**

Los criterios emitidos en el presente trabajo de investigación con el tema **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE UN MÓDULO DIDÁCTICO DE SUBESTACIÓN DE BARRA SIMPLE CON TRANSFERENCIA PARA LA VISUALIZACIÓN DE VARIABLES ELÉCTRICAS MEDIANTE SISTEMA SCADA EN EL LABORATORIO DE ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI, PERIODO 2014”**, es de exclusiva responsabilidad del autor, por tanto se asume la responsabilidad de la misma.

Latacunga, 06 de Enero de 2016

-----  
Juan Pablo Jiménez Espinosa  
C.I. 0502531304



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y**  
**APLICADAS**  
Latacunga – Ecuador

---

**AVAL DEL DIRECTOR DE TESIS**

En calidad de Director del Trabajo de Investigación sobre el tema: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE UN MÓDULO DIDÁCTICO DE SUBESTACIÓN DE BARRA SIMPLE CON TRANSFERENCIA PARA LA VISUALIZACIÓN DE VARIABLES ELÉCTRICAS MEDIANTE SISTEMA SCADA EN EL LABORATORIO DE ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI, PERIODO 2014.”**, del Señor Juan Pablo Jiménez Espinoza, de la carrera de Ingeniería en Electromecánica, considero que dicho informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científicos y técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación de Tribunal de Grado que el Honorable Consejo Académico de la unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, 06 de Enero de 2016

-----  
Ing. Álvaro Mullo Quevedo  
**DIRECTOR DE TESIS**  
C.I. 0502768542



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y**  
**APLICADAS**  
Latacunga – Ecuador

---

**AVAL DEL ASESOR DE TESIS**

En calidad de Asesor Metodológico de la tesis bajo el título: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE UN MÓDULO DIDÁCTICO DE SUBESTACIÓN DE BARRA SIMPLE CON TRANSFERENCIA PARA LA VISUALIZACIÓN DE VARIABLES ELÉCTRICAS MEDIANTE SISTEMA SCADA EN EL LABORATORIO DE ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI, PERIODO 2014.”**, del Señor Jiménez Espinosa Juan Pablo; postulante de la carrera de Ingeniería Electromecánica, considero que la presente tesis cumple con los requisitos metodológicos y aportes científico y técnicos suficientes para ser sometidos a evaluación del Tribunal de Tesis que el Honorable Consejo Académico de la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio.

Latacunga, 06 de Enero de 2016.

-----  
Lic. Susana Pallasco MSc.  
**ASESOR METODOLÓCO**  
**C.I. 0501862874**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y**  
**APLICADAS**  
Latacunga – Ecuador

---

**AVAL DE IMPLEMENTACIÓN**

En calidad de Coordinador de la carrera de Ingeniería electromecánica.

Certifico que **“EL MODULO DIDACTICO DE SUBESTACIÓN DE BARRA SIMPLE CON TRANSFERENCIA PARA LA VISUALIZACIÓN DE VARIABLES ELÉCTRICAS MEDIANTE SISTEMA SCADA EN EL LABORATORIO DE ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI”**, se encuentra en condiciones adecuadas y cumple con los requerimientos científicos y Técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación de Tribunal de Grado que el Honorable Consejo Académico de la unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

-----  
Ing. Edwin Moreano

## **AGRADECIMIENTO**

Expreso mis sinceros agradecimientos a la prestigiosa Universidad Técnica de Cotopaxi, por darme la oportunidad en la preparación superior, a todos los docentes que impartieron sus conocimientos a lo largo de mi permanencia en esta institución y de manera especial a los catedráticos que me apoyaron en la realización del presente trabajo, a mi madre, familiares y amigos que mostraron su incondicional apoyo en la preparación de mi vida profesional.

***Juan Pablo***

## **DEDICATORIA**

Cada logro que se consigue en nuestras vidas es fundamental, pues culminar una meta es sin duda un paso para mejorar y avanzar el camino. Es cuando nos detenemos a hacer un recuento de todos quienes han sido fuertes de aliento y de entusiasmo para continuar. El amor de la familia, el cariño de los amigos, el ejemplo de los maestros y directivos de la Universidad y la confianza en el ser maravilloso que es Dios. Dedico ese triunfo a mi familia, maestros y amigos quienes me han apoyado en todo momento.

*Juan Pablo*

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA .....	i
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO .....	iii
AUTORÍA.....	iii
AVAL DEL DIRECTOR DE TESIS .....	iv
AVAL DEL ASESOR DE TESIS .....	v
AVAL DE LA IMPLEMENTACIÓN .....	xvi
AGRADECIMIENTO .....	vii
DEDICATORIA .....	viii
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	ix
ÍNDICE DE CUADROS.....	xii
ÍNDICE DE GRÁFICOS .....	xiii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
AVAL DE TRADUCCIÓN .....	xxvi
INTRODUCCIÓN .....	xvii
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>1</b>
<b>FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....</b>	<b>1</b>
1.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS .....	1
1.2. MARCO TEÓRICO .....	6
1.2.1. Energía eléctrica .....	6
1.2.2. Sistema eléctrico.....	7
1.2.3. Red eléctrica .....	7
1.2.4. Subestación eléctrica .....	8
1.2.4.1. Tipos de subestaciones eléctricas .....	9
1.2.4.2. Configuraciones para subestaciones.....	10
1.2.5. Subestación eléctrica con barra simple o sencilla .....	12
1.2.5.1. Elementos para subestación eléctrica con barra simple .....	13
1.2.5.2. Ventajas de la subestación con barra simple .....	25

1.2.5.3.	Desventajas de la subestación con barra simple.....	25
1.2.6.	Sistema SCADA Y HMI .....	26
1.2.6.1.	Elementos básicos de un Sistema SCADA .....	27
1.2.6.2.	Principales funciones del Sistema SCADA .....	28
1.2.6.3.	PLC (Programmable Logic Controller) .....	29
1.2.6.4.	SIMATIC S7-1200.....	30
<b>CAPÍTULO II .....</b>		<b>32</b>
<b>ANÁLISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS.....</b>		<b>32</b>
2.1.	ANTECEDENTES HISTÓRICOS DE LAS INSTITUCIONES.....	32
2.1.1	Reseña histórica de la Universidad Técnica de Cotopaxi .....	32
2.1.2	Filosofía institucional .....	35
2.1.3	Carrera de ingeniería Electromecánica.....	35
2.1.4	Laboratorio de electromecánica .....	37
2.2.	METODOLOGÍA APLICADA .....	37
2.3.	DISEÑO METODOLÓGICO .....	38
2.3.1.	Métodos de investigación .....	38
2.3.2.	Técnicas de investigación.....	38
2.4.	Población y muestra .....	39
2.4.1.	Muestra .....	39
2.5.	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	41
2.6.	ANÁLISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS .....	43
2.7.	VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS .....	48
2.7.1.	Determinación de variables .....	48
2.7.2.	Hipótesis .....	48
2.7.3.	Método estadístico mediante Chi cuadrado $X^2$ .....	49
2.7.4.	Decisión estadística mediante Chi cuadrado $X^2$ .....	52
<b>CAPÍTULO III.....</b>		<b>54</b>
<b>PROPUESTA .....</b>		<b>54</b>

3.1.	TÍTULO.....	54
3.2.	DATOS INFORMATIVOS .....	54
3.3.	PRESENTACIÓN DE LA PROPUESTA .....	55
3.4.	OBJETIVOS.....	56
3.4.1.	Objetivo general .....	56
3.4.2.	Objetivos específicos.....	56
3.5.	ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD .....	56
3.5.1.	Factibilidad Técnica .....	57
3.5.2.	Factibilidad Económica .....	58
3.5.3.	Factibilidad Operativa .....	59
3.6.	DESARROLLO DE LA PROPUESTA .....	59
3.6.1.	Diseño esquemático o implementación de la propuesta.....	59
3.6.2.	Construcción y desarrollo del módulo.....	61
3.7.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	79
3.7.1.	Conclusiones .....	79
3.7.2.	Recomendaciones .....	80
3.8.	GLOSARIO DE TÉRMINOS Y SIGLAS .....	81
	BIBLIOGRAFÍA .....	83
	ANEXOS .....	86

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro N° 2.1.</b> Operacionalización variable independiente .....	41
<b>Cuadro N° 2.2.</b> Operacionalización variable dependiente .....	42
<b>Cuadro N° 2.3.</b> Pone en práctica los conocimientos teóricos .....	44
<b>Cuadro N° 2.4.</b> Cuenta el laboratorio con módulo de subestación con HMI.....	45
<b>Cuadro N° 2.5.</b> Creación de un módulo de subestación eléctrica .....	46
<b>Cuadro N° 2.6.</b> Docentes motivan elaboración de módulos para capacitación ...	47
<b>Cuadro N° 2.7.</b> Resultados encuesta o ( <i>fe</i> ).....	50
<b>Cuadro N° 2.8.</b> Distribución de Chi Cuadrado $X^2$ tabulado o $\alpha$ .....	51
<b>Cuadro N° 2.9.</b> Chi Cuadrado $X^2$ calculado.....	52
<b>Cuadro N° 3.1.</b> Factibilidad técnica .....	57
<b>Cuadro N° 3.1.</b> Factibilidad económica .....	58

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico N° 1.1.</b> Sistema eléctrico .....	7
<b>Gráfico N° 1.2.</b> Red eléctrica .....	8
<b>Gráfico N° 1.3.</b> Subestaciones eléctricas.....	9
<b>Gráfico N° 1.4.</b> Barra simple .....	13
<b>Gráfico N° 1.5.</b> Elementos subestación barra simple .....	14
<b>Gráfico N° 1.6.</b> Diagrama Unifilar Barra Simple Con Transferencia .....	14
<b>Gráfico N° 1.7.</b> Transformador eléctrico.....	18
<b>Gráfico N° 1.8.</b> Seccionador de cuchilla giratoria.....	20
<b>Gráfico N° 1.9.</b> Seccionador de cuchilla deslizante .....	21
<b>Gráfico N° 1.10.</b> Seccionador de columna giratoria.....	22
<b>Gráfico N° 1.11.</b> Seccionador de pantógrafo.....	22
<b>Gráfico N° 1.12.</b> Seccionador tipo rodilla .....	23
<b>Gráfico N° 1.13.</b> Pararrayos .....	24
<b>Gráfico N° 1.14.</b> Entorno SCADA .....	27
<b>Gráfico N° 1.15.</b> Simulador S7-1200 .....	31
<b>Gráfico N° 2.1.</b> Pone en práctica los conocimientos teóricos .....	44
<b>Gráfico N° 2.2.</b> Cuenta el laboratorio con módulo de subestación con HMI.....	45
<b>Gráfico N° 2.3.</b> Creación de un módulo de subestación eléctrica.....	46
<b>Gráfico N° 2.4.</b> Docentes motivan elaboración de módulos para capacitación ...	47
<b>Gráfico N° 2.10.</b> Zona de aceptación o rechazo de las hipótesis .....	53



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y**  
**APLICADAS**  
Latacunga – Ecuador

---

**TEMA:** “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE UN MÓDULO DIDÁCTICO DE SUBESTACIÓN DE BARRA SIMPLE CON TRANSFERENCIA PARA LA VISUALIZACIÓN DE VARIABLES ELÉCTRICAS MEDIANTE SISTEMA SCADA EN EL LABORATORIO DE ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI, PERIODO 2014”

**Autor:** Jiménez Espinosa Juan Pablo

**RESUMEN**

Las subestaciones eléctricas son uno de los componentes principales en el sistema energético, los transformadores de potencia y las partes principales de una planta incluyen los transformadores de instrumentación, el sistema de protección y control, de la misma manera que los elementos de conmutación como interruptores de potencia y seccionadores, para obtener un suministro fiable de electricidad, hay que lograr durante el ciclo de una planta un correcto funcionamiento de todos los componentes individuales y su perfecta interacción. Las pruebas de puesta en servicio se realizan para verificar los datos de fabricación, identificar y corregir los posibles daños de transporte y confirmar la conexión del cableado. En proyectos de remodelación se renuevan las partes del sistema con una vida útil más corta mientras que otros componentes permanecen en servicio, hay que verificar el rendimiento de los aparatos restantes y confirmar la interacción adecuada de los componentes antiguos y nuevos. Durante la vida útil de una central eléctrica las mediciones se realizan como parte de las actividades de mantenimiento periódica así como para la localización de problemas, las pruebas de los componentes individuales se basan en sus respectivas funciones. Los transformadores de corriente tienen que transformar la corriente primaria en la corriente secundaria necesaria. Se consideró importantes el estudio del funcionamiento de subestaciones eléctricas, el mismo que fue dividido de la siguiente manera: En el primer capítulo se presenta la información de la subestación en estudio y del funcionamiento de la misma. En el segundo capítulo se basa en los actores que intervienen en la investigación. En el tercer capítulo se refiere al desarrollo de la propuesta, la misma que se detallará la creación de un módulo de subestación para el laboratorio de electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

**Descriptores:** Diseño, construcción, subestación, barra simple, transferencia, visualización, variables, eléctricas, sistema SCADA, laboratorio, electromecánica.



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y**  
**APLICADAS**  
Latacunga – Ecuador

---

**TOPIC:** "DESIGN AND CONSTRUCTION OF A SUBSTATION OPERATION DIDACTIC MODULE WITH TRANSFER SIMPLE BAR FOR DISPLAY BY ELECTRIC VARIABLES SCADA SYSTEM IN ELECTROMECHANICAL LABORATORY TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI PERIOD 2014"

**Author:** Jiménez Espinosa Juan Pablo

**ABSTRACT**

The electrical substation is the set of gadgets and devices processing, conversion and distribution of electricity for feeding an electric power distribution, structure or location outside where the power of a power system is transformed and becomes controls. The construction of the training module of an electrical substation simple transfer bar for displaying electric variables by the SCADA system is intended to deepen the automation and monitoring computer. The study of the functioning of electricity substations was considered important, it is divided as follows: In the first chapter the substation data study and operation of it is presented. The second chapter touches on the actors of the interview in the investigation. The third chapter deals with the development of the proposal, the same details the creation of a substation module for electromechanical laboratory at the Technical University of Cotopaxi.

**Keywords:** Design, construction, substation, simple bar, transfer, display, variable, electric, SCADA system, laboratory, electromechanical.



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y**  
**APLICADAS**  
Latacunga – Ecuador

---

**AVAL DE TRADUCCIÓN**

En calidad de Docente del Centro Cultural de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi. **CERTIFICO**, que he realizado la revisión del Abstract, de la tesis elaborada por el alumno: JIMÉNEZ ESPINOSA JUAN PABLO; con el tema: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE UN MÓDULO DIDÁCTICO DE SUBESTACIÓN DE BARRA SIMPLE CON TRANSFERENCIA PARA LA VISUALIZACIÓN DE VARIABLES ELÉCTRICAS MEDIANTE SISTEMA SCADA EN EL LABORATORIO DE ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI, PERIODO 2014”**, el mismo que cumple con requerimientos técnicos gramaticales del idioma Inglés

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad; pudiendo hacer uso de la presente para los fines legales pertinentes.

Latacunga 06 de Enero de 2016.

-----  
Msc. Vladimir Sandoval  
C.I. 0502104219

## INTRODUCCIÓN

Una de las necesidades importantes para la realización de varias actividades tanto en el hogar como en el campo laboral es la electricidad. La energía eléctrica se obtiene a través de distintas formas, actualmente en la utilización de los recursos no renovables. Las subestaciones eléctricas tienen la misión de transmitir la energía eléctrica, disminuyendo las pérdidas por efecto joule, o calor, a lo largo de los cables de transmisión. Cuando la energía es generada (En una hidroeléctrica, o termoeléctrica), pasa a una SE, para elevar su voltaje a cerca de 400KV, y disminuir su corriente. De esta manera la energía puede ser transmitida largas distancias, y las pérdidas por  $I \times R^2$ , o efecto joule, o calor, son mínimas.

La electricidad viaja a través de tres cables, uno por fase, y los arreglos son en Delta, es decir no se porta ningún neutro en el camino, y así se reduce los costos de cable ACSR de aluminio-cobre. Cuando se llega a cierto destino, una Subestación eléctrica receptora, cambia reduce el voltaje a 34.5kv, comienza a distribuirlo por una red eléctrica más compleja. Cuando se recibe, existe el arreglo delta-estrella en los transformadores, para evitar la transmisión de armónicos, de CFE hacia la industria, o al revés.

En diferentes Subestaciones eléctricas de distribución, el voltaje de 34.5kv, lo bajan a 440 volts, y la corriente sube increíblemente, de esta forma está acondicionada para ser empleada por motores, y máquina eléctricas. Son estaciones que monitorean la calidad de la energía, y ante cualquier falla pueden desconectar algunos canales, por medio de interruptores de potencias, y cuchillas, que soportan una desconexión bajo cortocircuito de hasta 40-50KA a más.

Cuando se detecta una falla de sobre corriente en el neutro, se ordena el disparo de los interruptores, para evitar que los transformadores de potencia, sufran daños.

En los sistemas eléctricos siempre existe la posibilidad de que se presente una interrupción en el suministro de energía debido a sobrecargas o cortos circuitos ya sea por errores de operación, condiciones ambientales, falta de mantenimiento o descargas atmosféricas.

# CAPÍTULO I

## FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

### 1.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

Con el propósito de orientar el estudio sobre los módulos didácticos de subestaciones eléctricas con barra simple con transferencia para la visualización de variables eléctricas mediante sistema SCADA, y el enlace hombre máquina (HMI) se encontraron trabajos investigativos que aportan con los siguientes antecedentes:

La investigación realizada por Annelise Kauefati González en el 2008 para la Universidad “Simón Bolívar” de Venezuela con el título: “Ingeniería básica para el diseño de subestaciones”, plantea el como objetivo. El objetivo principal de este proyecto de pasantía es asistir en el diseño básico de la elaboración de una subestación de subtransmisión en  $\frac{115kv}{34.5kv}$  con arreglo de barras en anillo.

La alimentación se obtendrá a través de dos líneas de transmisión doble terna en 115 KV desde las bahías disponibles de la compañía eléctrica, pasando por un corredor de líneas existente, hasta llegar al sitio destinado para la ubicación de las subestaciones S-I y S-II, las cuales tendrán una capacidad instalada de 300 MVA cada una, reduciendo el nivel de tensión a 34,5 KV para alimentar el área industrial a ser desarrollado, por medio de cables de potencia en arreglo de barras simples seleccionadas.

Luego del proceso investigativo llegó a las siguientes conclusiones: Este proyecto pretende establecer recomendaciones de diseño, calidad y relación costo, valor adecuado, tanto para el cliente como para los diseñadores de acuerdo con la normativa vigente.

Este proyecto pretende establecer recomendaciones de diseño, calidad y relación costo-valor adecuadas, tanto para el cliente como para los diseñadores, de acuerdo con la normativa vigente.

El estudio de flujo de carga indica los niveles con los cuales la subestación trabajaría en caso de alguna contingencia. Es importante realizar este estudio para cada caso específico porque pueden conseguirse anomalías entre los valores normalmente esperados y los valores que arroja la simulación.

El estudio de corto circuito refleja que para la conexión Y-Y sólidamente puesta a tierra, las barras en 34,5 KV tendrían que soportar una corriente de falla a tierra casi tres veces mayor que para la conexión Y-Y con el secundario puesto a tierra a través de una resistencia de 5  $\Omega$ .

Disponible en: <http://159.90.80.55/tesis/000144802.pdf>

En la Universidad de Chile, Pablo Andrés Webwe Cornejo en el 2011, desarrollo el tema de tesis “Diseño e implementación de plataforma SCADA para sistema de electrificación sustentable en la localidad de Huatacondo” quien plantea los siguientes objetivos:

El objetivo general de esta memoria de título es contar con el diseño e implementación de una plataforma de supervisión, control y adquisición de datos en la micro-red GeVi de Huatacondo, sujeto a las restricciones de conectividad que presenta la localidad y cumpliendo con los requerimientos funcionales mínimos impuestos por el sistema de coordinación.

Y plantea los siguientes objetivos específicos:

- Identificar las barreras tecnológicas que frenan el desarrollo de la generación distribuida y las micro-redes.
- Estudiar y conocer los estándares de hardware y software que ofrece la industria para implementar sistemas SCADA que viene de las siglas: Supervisory Control And Data Acquisition; es decir: hace referencia a un sistema de adquisición de datos y control supervisor. Este sistema originalmente se diseñaron para cubrir las necesidades de un sistema de control centralizado, sobre procesos o complejos industriales distribuidos sobre áreas geográficas muy extensas.
- Diseñar una arquitectura de red que permita establecer comunicación entre los distintos componentes del sistema de coordinación GeVi.
- Utilizar el concepto de red privada virtual para establecer conectividad segura entre los servidores que componen la arquitectura propuesta.
- Aplicar software estándar de la industria para implementar las aplicaciones que componen el núcleo de la plataforma SCADA.

Culminada su investigación obtuvo las siguientes conclusiones:

- Como resultado de este trabajo se obtiene el diseño e implementación de una plataforma SCADA que cumple con los requerimientos funcionales del sistema de coordinación y permite el desarrollo de un micro-red inteligente gracias al control y monitoreo de: las unidades de generación distribuida, los elementos de la red de distribución y la demanda eléctrica de los pobladores.
- En cuanto al diseño de la plataforma, se logra contar con una arquitectura de hardware y flujo de datos que permite el desarrollo esquemas de coordinación en sistemas eléctricos locales. Además, permite extender estos esquemas a múltiples micro-redes o generadores virtuales mediante la interconexión propuesta para ello.

- En cuanto a la implementación de la plataforma SCADA se logra, la interconexión de las unidades de GD mediante un sistema de comunicación basado en los estándares Ethernet, RS-485 y IEEE 802.15.4 (ZigBee).

El transporte de información a través de los protocolos: Modbus RTU, Modbus TCP y OPC.

Asimismo, se cuenta con una unidad central (Servidor ESUSCON) que implementa: aplicaciones de control y monitoreo de las unidad GD, monitoreo de la red de distribución, monitoreo del consumo eléctrico y señales para el control de demanda.

Sumado a lo anterior, esta unidad central cuenta con un programa especializado en la gestión de los recursos energéticos (EMS) y realiza una optimización del despacho de las unidades generadoras que minimiza los costos de operación del micro-red.

También se logra implementar un enlace de comunicación seguros sobre internet, desde la unidad central de la plataforma SCADA hasta los equipos del centro de control en los laboratorios del Centro de Energía, que permite el monitoreo remoto del sistema eléctrico de Huatacondo. Disponible en: [http://repositorio.uchile.cl/tesis/uchile/2011/cf-weber\\_pc/pdfAmont/cf-weber\\_pc.pdf](http://repositorio.uchile.cl/tesis/uchile/2011/cf-weber_pc/pdfAmont/cf-weber_pc.pdf)

Finalmente se presenta el tema “Implementación de la subestación Vilcabamba al sistema SCADA de la Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A. Segunda etapa. Loja, 2011” elaborado por: Sofía Cárdenas Tapia y Paulina Moreno Gutiérrez en la Universidad Politécnica “Salesiana” en el año 2011, quienes llegaron a establecer las siguientes conclusiones en su trabajo de investigación:

- Las actuales necesidades como son: estabilidad y seguridad del sistema eléctrico, la posibilidad de tener un diagnóstico de lo que ocurre en la red eléctrica en tiempo real disminuyendo así considerablemente los costos operacionales de un sistema, la disponibilidad de la información y la

identificación de posibles fallas en la red eléctrica son situaciones que hacen imprescindible optar por la Implementación de subestaciones, y para ello la digitalización, actualización e inclusión de elementos en los planos de control y de fuerza de los interruptores y seccionadores de la subestación Vilcabamba fueron esenciales , ya que mediante ellos se determinó exactamente los puntos de conexión de cada circuito de control y fuerza con la Unidad Terminal Remota.

- Las plantillas de cableado se las realizo en base a los planos actualizados, y fueron primordiales para la implementación, puesto que en ellas se colocaron las borneras de los circuitos de control y de fuerza de todos los elementos de la subestación verificados en sitio así como también se colocó las borneras de los elementos auxiliares disponibles para las conexiones con la RTU, también se realizaron las etiquetas de cable ya sea de salida desde cada elemento, como de llegada hacia la RTU, con esta información en las plantillas, y como respaldo a los planos se trabajó con facilidad en sitio.
- La instalación y montaje de la RTU en la subestación Vilcabamba por autotrol fue la base para realizar la implementación al sistema SCADA de la EERSSA, por esta razón se hicieron las respectivas conexiones de cada elemento desde la sala de control así como también desde el patio de maniobras con la RTU, y para ello fue muy importante contar con los concéntricos de conexión así como también con los elementos faltantes de cada equipo, valiéndonos en cuanto a conexiones de las plantillas de cableado y de los planos actualizados.
- Las pruebas de la RTU desde la subestación con el centro de control y viceversa son esenciales para determinar el buen funcionamiento del Sistema, por esta razón una vez realizadas y verificadas las conexiones, fue importante y fundamental hacer las pruebas de cada equipo de la subestación ya sea de manera local o remota para comprobar y verificar la telemedición y el telecomando de los equipos. Así se verifico que desde la subestación no se puede comandar los equipos en la posición remota, sino en local,

igualmente desde el centro de control se puede comandar a los equipos de la subestación únicamente en la posición remota. Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1453/13/UPS-CT002332.pdf>

## **1.2. MARCO TEÓRICO**

### **1.2.1. Energía Eléctrica**

La energía eléctrica es una de las formas de energía más empleadas en la vida cotidiana, es causada por el movimiento de las cargas eléctricas en el interior de los materiales conductores.

La electricidad es una forma de energía, como el calor, la luz, la energía mecánica y la energía química. La energía eléctrica presenta, frente a otras formas de energía, ventajas esenciales:

- La energía eléctrica se puede transportar fácilmente.
- Las centrales eléctricas suministran energía a amplios territorios, mediante conducciones a grandes distancias.
- La energía eléctrica puede transformarse fácilmente en otras formas de energía, por ejemplo en calor, luz o energía mecánica. Por ello se emplea con ventajas en los hogares y grandes industrias.
- El consumo de energía eléctrica aumenta día en día, habiendo sobrepasado el doble en los últimos 10 años.

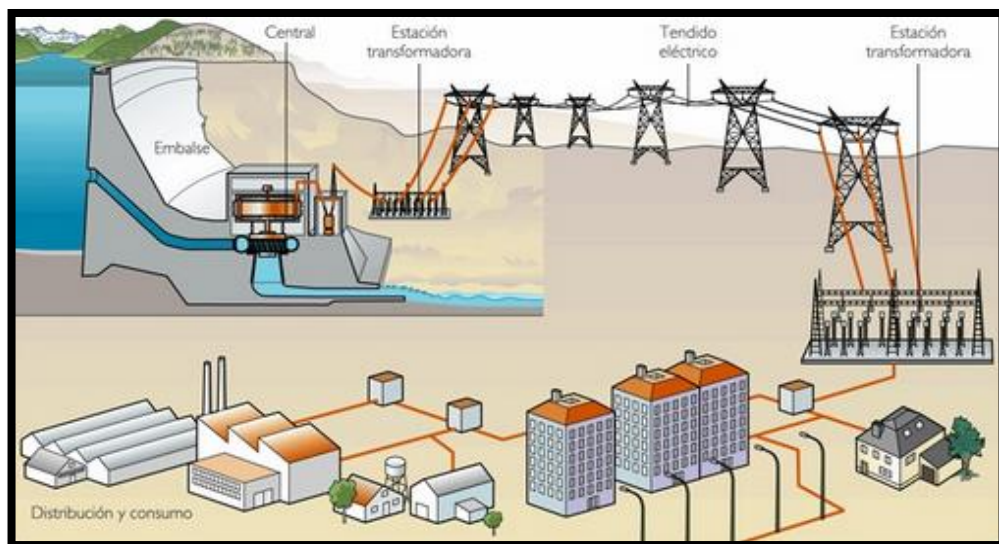
(Senner, 2004: p. 11)

### 1.2.2. Sistema Eléctrico

Un sistema eléctrico está conformado principalmente por las centrales generadoras de energía eléctrica, las líneas de transporte de la electricidad que las mismas producen, las subestaciones de interconexión o reductoras (disminuir tensión), los centros de transformación y las instalaciones interiores o receptoras de esa energía eléctrica.

(Trashorras, 2015: p. 2)

Gráfico N° 1.1. Sistema eléctrico



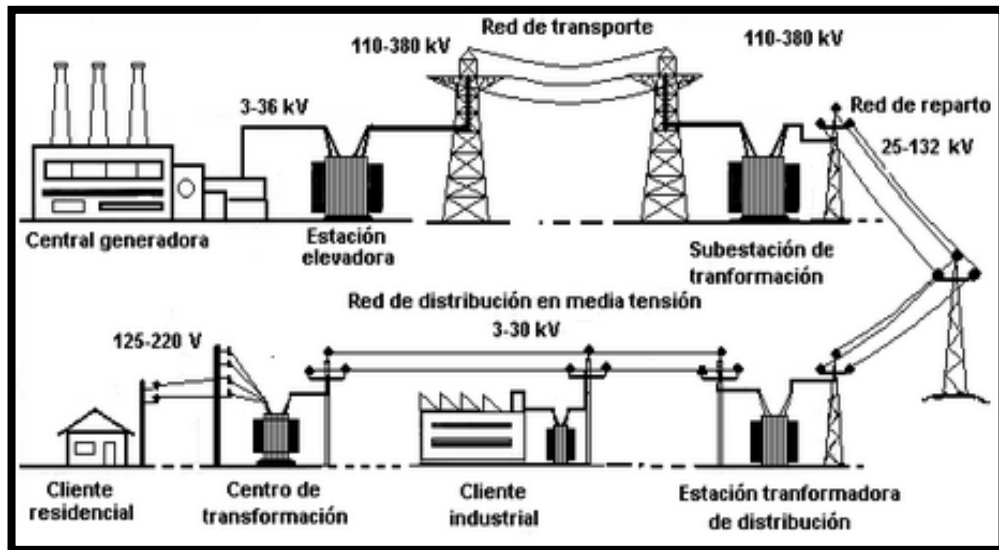
Fuente: <http://www.generaciondistribuida.com/?p=97>

### 1.2.3. Red eléctrica

Red eléctrica.- para que la energía eléctrica llegue desde la generación a los centros de consumo se necesitan las llamadas redes de distribución de alta tensión (AT) y redes de distribución de baja tensión (BT), estas redes de distribución están formadas principalmente por líneas aéreas y subterráneas, tanto de AT (alta tensión) como de BT (baja tensión) y por los centros de transformación.

(Trashorras, 2015: p. 2)

Gráfico N° 1.2. Red eléctrica



Fuente: [https://es.wikipedia.org/wiki/Sistema\\_de\\_suministro\\_el%C3%A9ctrico](https://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_suministro_el%C3%A9ctrico)

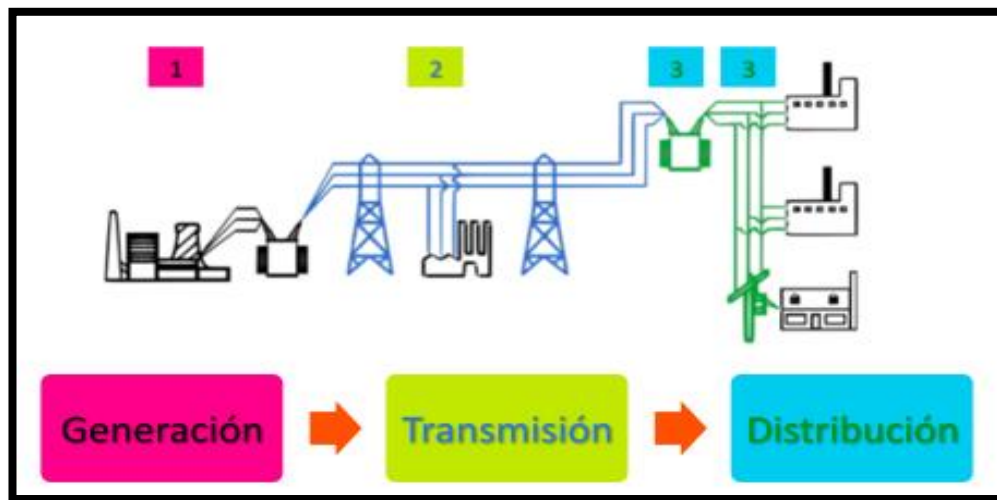
#### 1.2.4. Subestación eléctrica

Una subestación eléctrica es parte de un sistema y una entidad por sí misma, normalmente un sistema eléctrico de potencia está diseñado de manera que si falla un componente individual, tal como un transformador, una línea de transmisión o un alimentador de distribución, se debe minimizar la duración de la interrupción y al número de usuarios (clientes) afectados por la interrupción. (Enríquez, 2005: p. 129)

Un sistema de una subestación es un conjunto o arreglo de componentes que están relacionados o conectados para desarrollar una función común; cada sistema tiene una función definida, a las cuales contribuyen los componentes. Es una instalación destinada a modificar y establecer los niveles de tensión de una infraestructura eléctrica, para facilitar la transmisión y distribución de la energía eléctrica su equipo principal es el transformador.

(Enríquez, 2005: p. 130)

Gráfico N° 1.3. Subestaciones eléctricas



Fuente: <http://www.conversaciondeconservacion.com/electricidad/electricidad>

#### 1.2.4.1. Tipos de subestaciones eléctricas

A criterio de (González, y otros, 2013) clasifica a las subestaciones de la siguiente forma:

a) **Subestación de generación.-** eleva la tensión de la energía eléctrica que sale de la central para conectarla a la red de transporte. Las funciones de este proceso es el de minimizar las pérdidas producidas en los conductores debidas al efecto Joule.

b) **Subestación transformadora.-** su función es conectar entre sí varios elementos de la red con el fin de hacer llegar la energía generada en las centrales eléctricas hasta los consumidores.

Esta función exige modificar la energía eléctrica, ya sea elevándola para su transporte a grandes distancias o disminuyéndola para usos de los consumidores.

Además, se recoge toda la información relativa al funcionamiento de los equipos y elementos de la red de transporte, siendo todos los resultados enviados al Centro de Control Eléctrico (CECOEL).

- c) **Subestación de transporte.-** conecta entre sí varias líneas de alta tensión para conseguir una red mallada. El proceso es directo si las redes son de la misma tensión, pero habrá que utilizar transformadores si las tensiones son diferentes.
  
- d) **Subestación de distribución.-** transforma la energía de alta tensión que circula por la red de transporte a tensiones inferiores para que, a través de las redes de distribución, llegue al consumidor final, ya sea en el ámbito industrial o doméstico.
  
- e) **Centro de Control Eléctrico (CECOEL).-** es el responsable de la operación y supervisión coordinada en tiempo real de las instalaciones de generación y transporte del sistema eléctrico. Emite las instrucciones del sistema de operación del sistema de producción y transporte a fin de garantizar la seguridad y calidad del suministro eléctrico.

#### **1.2.4.2. Configuraciones para subestaciones**

De acuerdo a la utilización que se tenga prevista para la subestación, resultará la configuración más conveniente. Usualmente la configuración eléctrica más conveniente resulta de los siguientes factores:

- Nivel de tensión.
- Función y ubicación en la red.
- Tipo de subestación (transformación, interconexión, central, etc.).
- Fiabilidad y seguridad exigida en el servicio.
- Expansión futura.
- Operación y mantenimiento.
- Presupuesto disponible para la inversión.

Las configuraciones utilizadas en subestaciones son las siguientes:

- C1: Simple barra.

- C2: Barra Partida.
- C3: Simple barra con by-pass.
- C4: Simple barra con barra de transferencia.
- C5: Doble barra.
- C6: Doble barra con by-pass.
- C7: Doble barra con barra de transferencia.
- C8: Doble barra con dos barras de transferencia.
- C9: Interruptor y medio.
- C10: Doble barra y doble interruptor.
- Triple barra. (Escudero, 2003, p. 312)

Las características particulares de algunas configuraciones mencionadas (las más utilizadas) son las que se analizan en los siguientes párrafos:

**a) Configuración barra simple (C1).**- es la configuración más sencilla y económica de todas, pero la que provee la menor fiabilidad, dado que no dispone de ningún tipo de redundancia en sus componentes.

Por lo tanto, de presentarse un fallo en la barra o interruptores se tiene como consecuencia la salida de servicio de toda subestación. Por la misma razón se dificulta la realización de trabajos de mantenimiento y, además, su aplicación requeriría su desenergización.

Esta configuración es utilizada para servir cargas que permitan interrupciones de servicio (cargas no críticas) o que dispongan de otra posibilidad de alimentación. Esta configuración por lo general utiliza transformadores.

**b) Configuración de tipo Barra Partida (C2).**- similar a la anterior, con la diferencia que la barra está dividida en dos secciones, con lo cual se puede ganar en fiabilidad si la subestación alimenta cargas desde dos fuentes diferentes conectadas cada una a una sección diferente de barra.

**c) Configuración barra simple con by-pass.**- a diferencia que las configuraciones anteriores tienen como elemento adicional un seccionador que permite dar continuidad a la energía de salida que alimenta aun cuando el

interruptor de protección deba ser operado y mantenido abierto por razones de mantenimiento.

- d) Configuración de Interruptor y medio.-** se caracteriza por la utilización de tres interruptores para la protección de dos líneas; de allí su nombre, ya sea que cada barra puede dejarse fuera de servicio en cualquier momento para su mantenimiento.

En contrapartida los esquemas de protección se complican, puesto que el interruptor central tiene que reaccionar ante faltas en cualquiera de los circuitos asociados él.

- e) Configuración en anillo.-** en esta configuración se da la circunstancia de no existir barra principal y cada circuito es alimentado a través de dos interruptores.

Así mismo se garantiza la continuidad de servicio cuando se efectúan trabajos de mantenimiento, ya que cada circuito solo requiere el cierre de un interruptor.

Entre sus desventajas principales destacan la complejidad requerida para el esquema de protecciones; cualquier fallo durante una falla en un circuito ocasiona la salida de un segundo.

Además requiere utilizar transformadores de tensión en todos los circuitos debido a que no se tiene definido ningún punto de referencia de tensión.

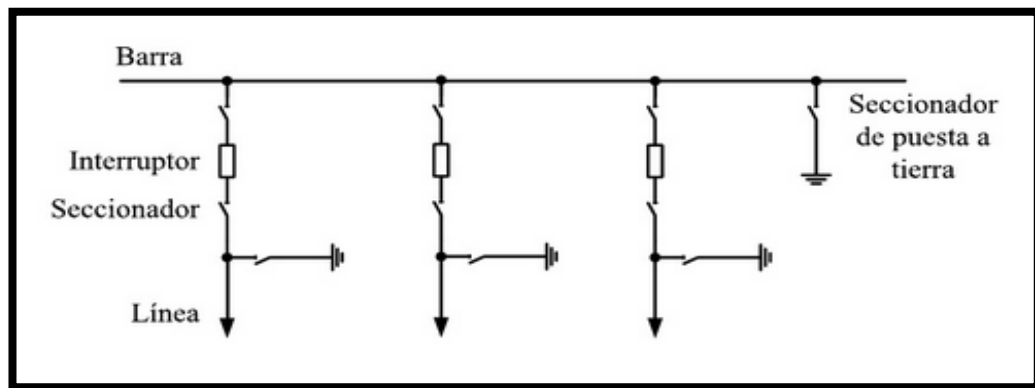
(Escudero, 2003, p. 313 - 314)

### **1.2.5. Subestación eléctrica con barra simple o sencilla**

Son subestaciones que constan solamente de una barra para cada tensión, por lo que no ofrecen mayor grado de flexibilidad, ya que una falla en barras produce la salida total, por lo que se procura que tenga la capacidad de poder ser seccionadas a través

de cuchillas. El mantenimiento en ellas se dificulta al no poder transferir el equipo, su utilización es principalmente en subestaciones de pequeña capacidad o de tipo industrial pequeñas. (Enríquez, 2005: p. 43)

**Gráfico N° 1.4. Barra simple**



**Fuente:** José Arroyo Área Ingeniería Eléctrica Univ. Castilla  
**Realizado por:** José Arroyo, 2005

#### 1.2.5.1. Elementos para subestación eléctrica con barra simple

En el gráfico N° 1.5.

Se señalan con la letra (G) generador.

(SSD) sistema de arranque estático.

(TP) transformador principal.

(TAG) transformador auxiliar de grupo.

(TEXT) transformador de excitación.

(57) seccionadores de puesta a tierra.

(89) seccionador de aislamiento.

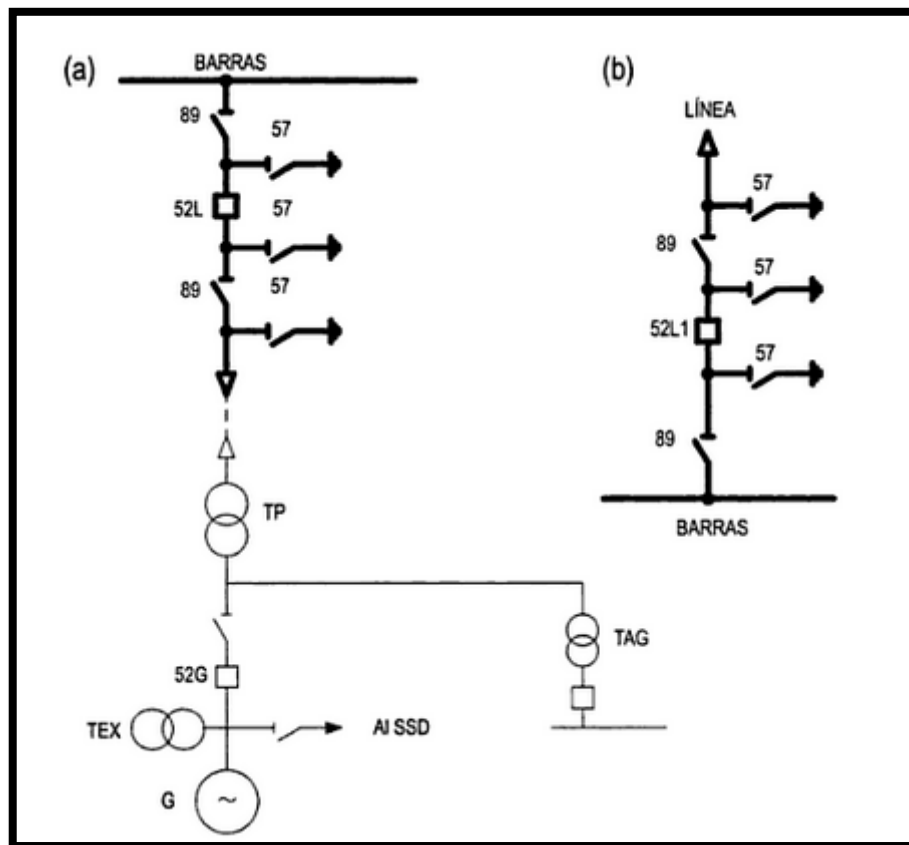
(53G) interruptor automático del generador interruptor de grupo.

(52L) interruptor automático del acoplamiento del generador Lado de alta tensión.

(53L1) interruptor automático de línea.

(Sabugal, y otros, 2006: p. 95)

**Gráfico N° 1.5. Elementos subestación barra simple**



**Fuente:** Centrales eléctricas de ciclo combinado. Teoría y proyecto  
**Realizado por:** Sabugal, Santiago; Gómez, Florentino 2005

### 1.2.5.2 Subestación de barra simple con transferencia.

Es una configuración implementada con el fin de asegurar la continuidad de servicio durante las labores de mantenimiento sobre la barra principal, en cuyo caso la barra de transferencia cumple las funciones de ésta por un periodo de tiempo determinado.

Esquema que introduce una barra que se emplea para efectuar mantenimiento de posiciones de interrupción.

El funcionamiento del esquema depende totalmente de la integridad de la barra principal pues en caso de falla de esta, el servicio se interrumpe totalmente. Una avería en una posición de interrupción obligada a la salida total del esquema, por el

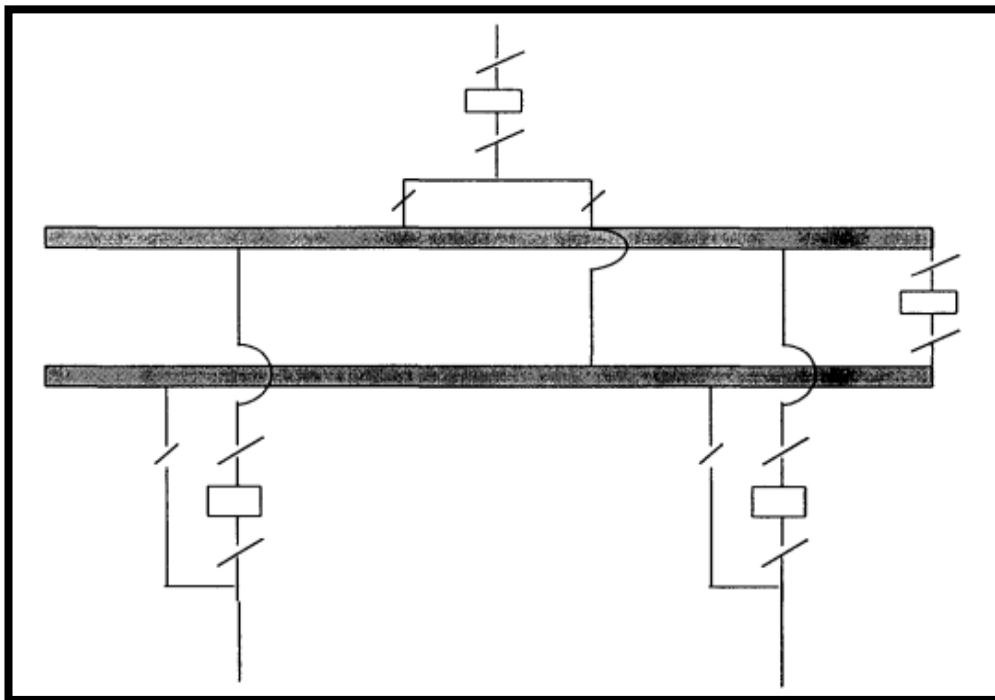
tiempo necesario para aislar la falla, perdiéndose después solo la potencia de la posición fallosa.

La operación del arreglo de barras se complica algo en caso de efectuarse mantenimiento de posiciones de interrupción por cuanto se deben maniobrar disyuntores y seccionadores en estricto orden de ejecución para transferir un circuito de la barra principal a la transferencia, no se puede realizar mantenimiento de la barra principal sin dejar de interrumpir el servicio en forma total.

La protección no presenta mayores complicaciones aun en el caso de efectuarse mantenimiento de una posición de interrupción.

Cualquier aplicación necesita de la salida total de servicio del esquema; su costo es algo mayor que el de los esquemas anteriores por el empleo de un seccionador por cada posición de interrupción y disyuntor de transferencia.

**Gráfico N° 1.6.** Diagrama Unifilar Barra Simple Con Transferencia.



**Fuente:** Centrales eléctricas de ciclo combinado. Teoría y proyecto  
**Realizado por:** Sabugal, Santiago; Gómez, Florentino 2005

## **Transformador**

Es un aparato eléctrico que por inducción electromagnética transfiere energía eléctrica de uno o más circuitos, a uno o más circuitos de la misma frecuencia, usualmente aumentando o disminuyendo los valores de tensión y corriente eléctrica.

Un transformador puede recibir energía eléctrica y devolverla a una tensión más elevada, en cuyo caso se le denomina transformador elevador, o puede devolverla a una tensión más baja, en cuyo caso es un transformador reductor.

(Pérez, 2001: p. 21)

### **Transformadores Elevadores y Reductores.**

Un transformador puede ser elevador o reductor dependiendo del número de espiras de cada bobinado.

$$\frac{\text{Número de espiras del primario } (N_p)}{\text{Número de espiras del secundario } (N_s)} = \frac{\text{Tensión del primario } (V_p)}{\text{Tensión del secundario } (V_s)}$$

Si se supone que el transformador es ideal. (La potencia que se entrega es igual a la que se obtiene de él, se desprecian las pérdidas por calor y otras); entonces:

Potencia de entrada ( $P_i$ ) = Potencia de salida ( $P_s$ ); ( $P_i$ ) = ( $P_s$ )

### **Clasificación de los transformadores:**

Los transformadores pueden ser clasificados de distintas maneras, según se tome como base la operación, la construcción o la utilización; así tenemos que:

- a) **Por la operación.-** se refiere a la energía o potencia que manejan dentro del sistema eléctrico

- **Transformadores de distribución.-** los que tienen la capacidad desde 5 hasta 500 kVA (monofásicos y/o trifásicos)
  - **Transformadores de potencia.-** los que tienen capacidad mayores de 500 Kva, (Pérez, 2001: p. 3)
- b) **Por el número de fases.-** de acuerdo a las características del sistema al que se conectará:
- **Monofásico.-** transformadores de potencia o de distribución que son conectados a una línea o fase y un neutro o tierra. También un solo devanado de alta tensión y uno de baja tensión se denota con  $1\phi$ .
  - **Trifásicos.-** transformadores de potencia o de distribución que son conectados a 3 líneas o fases y pueden estar o no conectados aun neutro común o tierra. Tienen 3 devanados de alta tensión. Se denota con  $3\phi$ . (Pérez, 2001: p. 4)
- c) **Por su utilización.-** de acuerdo a la posición que ocupan dentro del sistema:
- **Transformador para generador.-** son transformadores de potencia que van conectados a la salida del generador. Proporcionan la energía a la línea de transmisión.
  - **Transformadores de tipo (AA) seco con enfriamiento propio.-** se caracteriza por no tener aceite u otro líquido para efectuar las funciones de aislamiento y enfriamiento. El aire es el único medio aislante que rodea el núcleo y las bobinas.
  - **Transformadores tipo FOW.-** sumergido en aceite, con enfriamiento forzado con enfriadores de agua forzada. Este es prácticamente igual que el FOA, sólo que el cambiador de calor es del modelo agua-aceite y por lo

tanto; el enfriamiento del aceite se hace por medio de agua sin tener ventiladores.

- **Transformador tipo (AFA) seco con enfriamiento por aire forzado.**- el diseño comprende un ventilador que empuja el aire en un ducto colocado en la parte inferior de la unidad; por medio de aberturas en el ducto se lleva el aire a cada núcleo. Este tipo solo tiene un régimen.
- **Transformador tipo AA/FA seco con enfriamiento por aire forzado,** su denominación indica que tiene dos regímenes, uno por enfriamiento natural y el otro contado con la circulación forzada por medio de ventiladores, éste control es automático y opera mediante un revelador térmico.  
(Pérez, 2001: p. 5)

**Gráfico N° 1.7.** Transformador eléctrico



**Fuente:** <http://spanish.alibaba.com/product-gs/electrical-transformer-11kv-500kva>

**Componentes de un transformador.** La importancia de los transformadores, se debe a que, gracias a ellos, ha sido posible el desarrollo de la industria eléctrica.

Según, (Pérez, 2001) las partes que componen un transformador son clasificados en cuatro grandes grupos, los cuales comprenden:

- a) Circuito magnético (núcleo)
- b) Circuito eléctrico (devanados)
- c) Sistema de aislamiento
- d) Tanque y accesorios.

### **Interruptor o disyuntor**

**Un interruptor (intervención).**- es un aparato mecánico de conexión capaz de establecer, de soportar y de interrumpir corrientes en las condiciones normales del circuito y, eventualmente, otras condiciones específicas de sobrecarga en servicio, así como de soportar, durante un tiempo determinado, corrientes en condiciones anormales, tales como las de cortocircuito. (Trashorras, 2015: p. 158)

**Interruptor automático.**- (eliminar defectos) es un aparato mecánico capaz de establecer, de soportar y de interrumpir corrientes en las condiciones normales del circuito, así como de establecer, de soportar durante un tiempo especificado y de interrumpir corrientes en condiciones tales como las de cortocircuito. (Trashorras, 2015: p. 158)

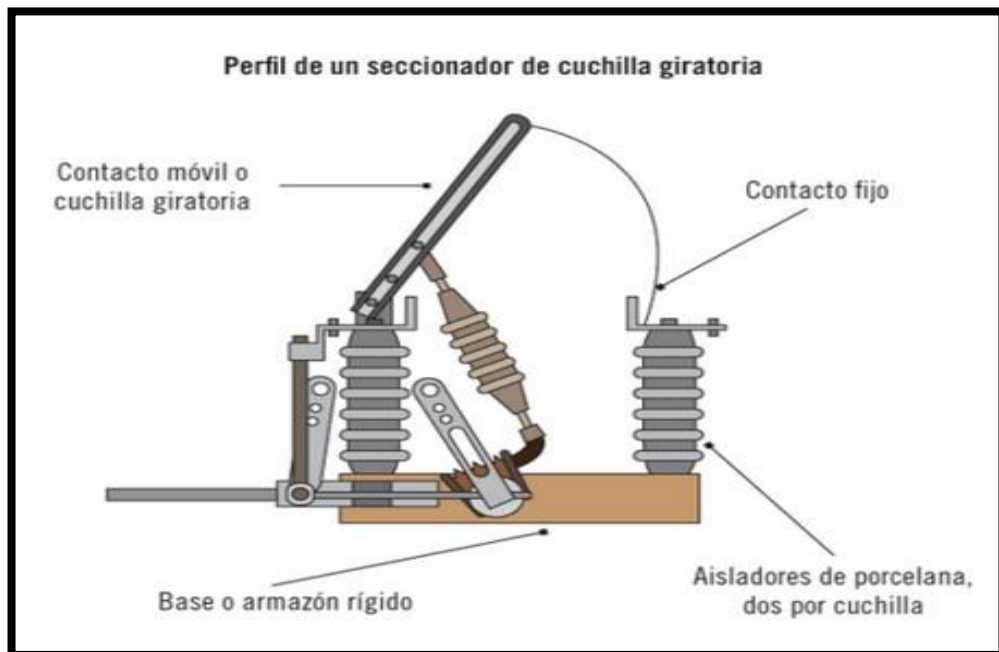
### **Seccionadores**

Los seccionadores son aquellos elementos que sirven para conectar y desconectar las distintas partes eléctricas del centro de transformación. Se accionan en caso de que se vaya a ejecutar alguna maniobra sobre el mismo o en el caso de efectuar el mantenimiento de alguna parte del centro de transformación sin corriente eléctrica. (González, y otros, 2012: p. 32)

Los seccionadores utilizados tienen varias formas y según la manera de accionamiento se pueden clasificar en:

**Seccionadores de cuchillas giratorias.-** Como su propio nombre indica, la forma constructiva de estos seccionadores permite realizar la apertura mediante un movimiento giratorio de sus partes móviles. Son los más utilizados en tensiones medias, y se emplean tanto para centros de transformación de interior como de exterior. Estos pueden ser unipolares o tripolares. Los seccionadores son elementos que a los que se debe prestar atención en cuanto a mantenimiento, porque son los responsables del corte de corriente. (González, y otros, 2012: p. 32)

**Gráfico N° 1.8.** Seccionador de cuchilla giratoria



**Fuente:** UF0995: Montaje de redes eléctricas subterráneas de alta tensión  
**Realizado por:** Aida Carrasco Valencia 2012

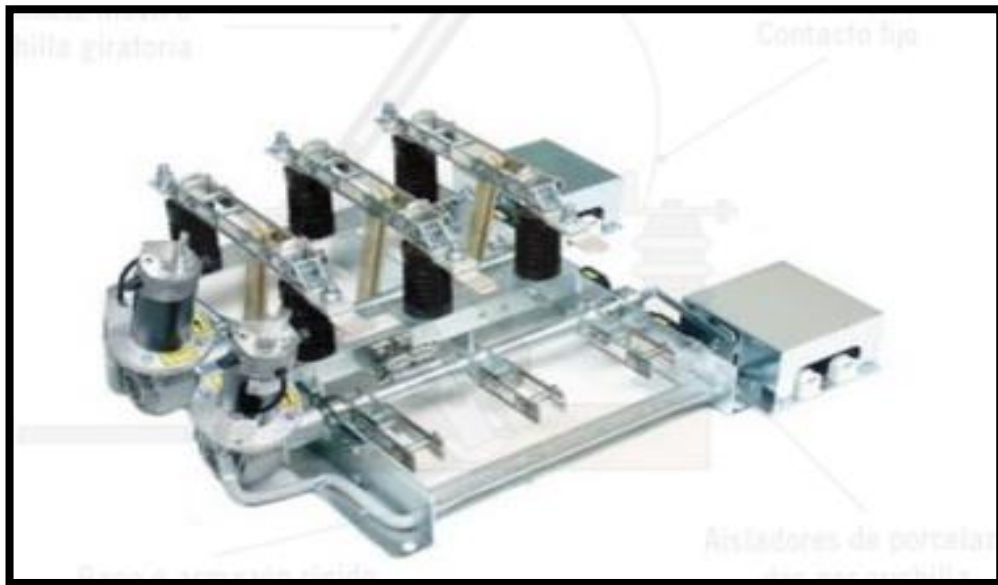
**Seccionadores de cuchillas deslizantes.-** Su constitución es similar al seccionador de cuchillas giratorias.

El movimiento de sus cuchillas se produce en dirección longitudinal (de abajo a arriba). Son los más utilizados debido a que requieren un menor espacio físico que

los anteriores, presentan una capacidad de corte menor que los seccionadores de cuchilla giratoria.

Tienen ventaja de ocupar menos espacio que el de cuchillas giratorias. (González, y otros, 2012: p. 33).

**Gráfico N° 1.9.** Seccionador de cuchilla deslizante



**Fuente:** UF0995: Montaje de redes eléctricas subterráneas de alta tensión  
**Realizado por:** Aida Carrasco Valencia 2013

**Seccionadores de columnas giratorias.-** Su función es parecido al de los seccionadores de cuchilla giratoria, la diferencia entre ambos radica en la pieza aislante realiza el movimiento de manera solidaria a la cuchilla o no.

En los seccionadores de columna giratorias, la columna aislante que soporta la cuchilla realiza el mismo movimiento que esta. Están pensados para funcionar en intemperie a tensiones superiores a 30kv. Se usan en centros de transformación de intemperie.

En este tipo de seccionadores las columnas giratorias pueden ser tres o solamente central.

(González, y otros, 2012: p. 33)

**Gráfico N° 1.10.** Seccionador de columna giratoria



**Fuente:** UF0998: Mantenimiento de centros de transformación  
**Realizado por:** Juan González & Joaquín González 2012

**Seccionadores de pantógrafo.-** los seccionadores de pantógrafo se suelen usar para centros de exterior y para tensiones elevadas. Están constituidos por cuatro brazos horizontales cruzados y por contactos móviles. Los seccionadores de pantógrafo pueden tener una doble finalidad, por una parte el corte de corriente y por otra parte interconectar líneas eléctricas que están a distintas alturas.

(González, y otros, 2012: p. 34)

**Gráfico N° 1.11.** Seccionador de pantógrafo



**Fuente:** UF0998: Mantenimiento de centros de transformación  
**Realizado por:** Juan González & Joaquín González 2012

**Seccionadores de Semipantógrafo o de tipo rodilla.-** se utilizan en centros de transformación de intemperie, y presentan la ventaja de ocupar menos espacio que los de columnas giratorias.

Estos seccionadores realizan una doble función, la primera maniobra y corte, la segunda de interconectar dos líneas que se encuentran a diferente altura. En este tipo de seccionadores se debe prestar especial atención a la puesta a tierra de sus extremos, el contacto móvil de estos consiste en dos brazos unidos entre sí, y articulados en un punto llamado rodilla.

(González, y otros, 2012: p. 35)

**Gráfico N° 1.12.** Seccionador tipo rodilla



**Fuente:** UF0998: Mantenimiento de centros de transformación  
**Realizado por:** Juan González & Joaquín González 2012

### **Puesta a tierra**

Es el conjunto de elementos conductores que están en contacto directo con el suelo y que proveen caminos de baja impedancia para el retorno de corriente de falla,

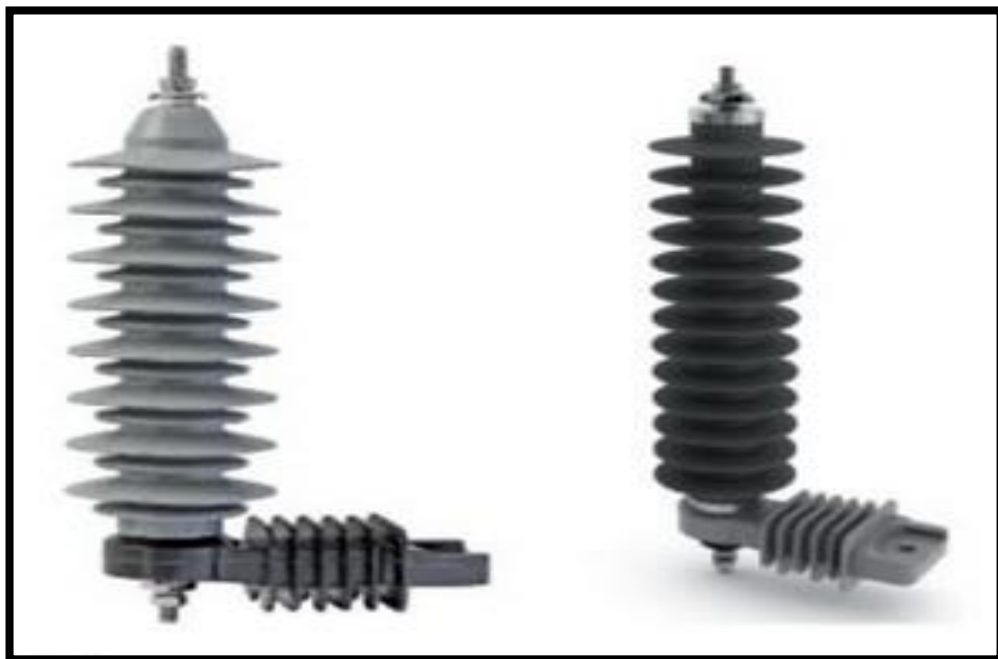
proporcionando seguridad a cualquier ser viviente que pudiera estar dentro de la subestación en ese momento. En general, existen diversos sistemas (o subsistemas) de puesta a tierra en una misma instalación o planta, con características y requerimientos diferentes, siendo las más frecuentes: la puesta a tierra de potencia, la puesta a tierra para descargas atmosféricas y la puesta a tierra de instrumentos, equipos electrónicos y computadoras. (Aguilera, 2011: p. 24)

**Pararrayos.-** los pararrayos son un dispositivo eléctrico formado por una serie de elementos resistivos no lineales y explosores que limitan la amplitud de las sobretensiones por descargas atmosféricas, operación de interruptores o desbalances del sistema.

Las funciones específicas del pararrayos son: reducir las sobretensiones peligrosas a valores que no dañen el aislamiento del equipo. Para cumplir con lo anterior se debe seleccionar el aislamiento apropiado; y, operara sin sufrir daño por tensiones en el sistema y corrientes que circules por este.

(Aguilera, 2011: p. 25)

**Gráfico N° 1.13. Pararrayos**



**Fuente:** UF0995: Montaje de redes eléctricas subterráneas de alta tensión  
**Realizado por:** Aida Carrasco Valencia 2013

**Relé Electromagnético.-** es un elemento constituido por devanados y contactos, con un número de posiciones no superior a tres. Su misión principal consiste en abrir y cerrar circuitos en virtud de la fuerza eléctrica.

Los relés se emplean preferentemente en telecomunicaciones y generalmente sirven para la conexión de circuitos eléctricos transmisores de señal. Mediante la acumulación de una corriente de excitación pueden abrirse o cerrarse o conmutarse circuitos eléctricos.

Al interrumpir la corriente de excitación, por el accionamiento de pulsadores, vuelve automáticamente a sus posiciones de reposo. En su forma más sencilla un relé consta de una bobina con núcleo de hierro, un resorte y una armadura de hierro dulce.

(Senner, 2004: p. 99)

#### **1.2.5.2. Ventajas de la subestación con barra simple**

- Fácil operación e instalación simple.
- Costo reducido.
- Requiere poco espacio físico para su construcción.
- Mínima complicación en la conexión de los equipos y el esquema de protecciones (Pérez, 2013: p. 9)

#### **1.2.5.3. Desventajas de la subestación con barra simple**

- No es confiable en barras ni en interruptores.
- No es flexible.
- No es segura.
- Condiciones normales de operación: todas las líneas están conectadas.  
(Pérez, 2013: p. 9)

### **1.2.6. Sistema SCADA Y HMI.**

La palabra SCADA responde al acrónimo de Supervisory Control And Data Acquisition, es decir Sistema de adquisición y supervisión de datos.

Es decir un SCADA es una aplicación o grupo de aplicaciones de software que se ejecutan sobre el PC (en los últimos tiempos se han propiciado el uso de ordenadores industriales y pantallas HMI para interactuar con el SCADA) y que sirven para comunicarnos y controlar con los distintos elementos de un sistema industrial, ofreciendo una interfaz gráfica de grandes prestaciones que proporcionan información del proceso a distintos usuarios: operadores de supervisión, operadores de mantenimiento, supervisores de control de calidad, etc.

Si bien es cierto que en sus orígenes el término SCADA estaba asociado exclusivamente a aplicaciones software que permitían la adquisición de datos y la supervisión del proceso de control, con la evolución tecnológica de los últimos años, los avances en el hardware, y los buses de comunicación asociados a este tipo de aplicaciones, han propiciado una integración de las soluciones SCADA cada vez más cercanas a la integración del software, el hardware y las comunicaciones, las antiguas interfaces entre usuario/operario y la planta o proceso basados en paneles de control con múltiples indicadores luminosos, instrumentos de medida y pulsadores, están siendo sustituidas por sistemas basados en entornos PC y tecnología digital.

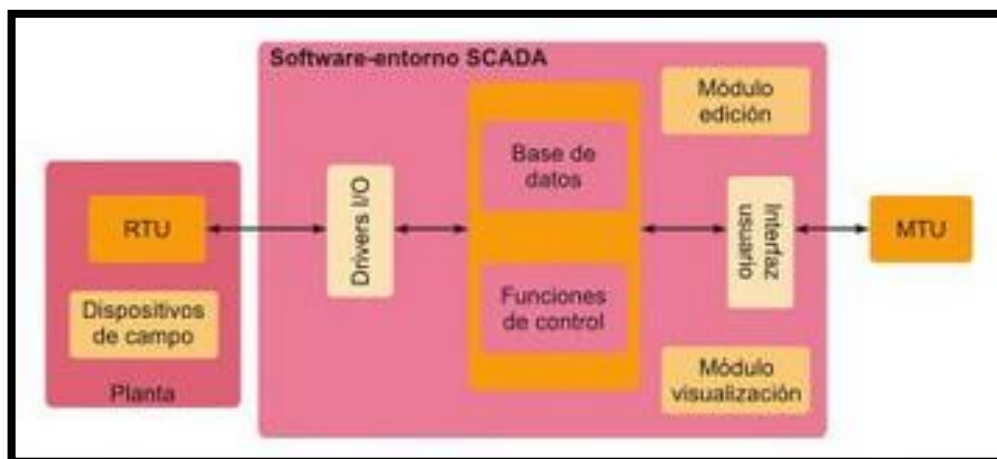
En estos nuevos sistemas, el control directo recae sobre los autómatas programables y los controladores digitales, los cuales son conectados a un PC que se encarga de las funciones de diálogo con el operario, así como del control de la producción y tratamiento de la información, utilizando el software SCADA. Podemos afirmar entonces, que un software SCADA precisa de una estructura basada en un bus de comunicación que conecte el hardware: lo que en su conjunto se ha venido denominando “sistema SCADA”

(Gallardo, 2013: p. 211)

Un sistema SCADA.- es un sistema de automatización o sistema de control industrial que involucra, control directo o comunicación con uno o más de los siguientes.

- Redes de automatización industrial y maquinas.
- Telemetría y control remoto utilizando comunicaciones continuas o ráfaga.
- Sistema de control de procesos.
- Sistema de adquisición de datos.
- Sistema de control industrial.
- Sistemas de seguridad. (Entre otros).

**Gráfico N° 1.14.** Entorno SCADA



**Fuente:** Técnicas y procesos en instalaciones domóticas y automáticas  
**Realizado por:** Sergio Gallardo 2013

#### 1.2.6.1. ELEMENTOS BÁSICOS DE UN SISTEMA SCADA

**Interfaz Hombre - Máquina (HMI).**- Los sistemas de control va siempre acompañado de unas interfaces de comunicación con el operador provistas de una tecnología más o menos compleja.

La interface HMI (Human machine Interface, Interface Humano- Máquina) se ha centrado principalmente en la interacción entre el operario y el ordenador, punto de

contacto entre la persona y la tecnología. Los esfuerzos de los diseñadores se han centrado hasta ahora únicamente en el problema de mostrar la información disponible, sin tener en cuenta si esta información aparecería de manera coherente y comprensible para sus destinatarios o si era realmente útil como ayuda en la toma de decisiones.

(Rodríguez, 2007: p. 134)

**Unidad Central (MTU).**- (Master Terminal Unit), será el equipo encargado de realizar las operaciones programadas de supervisión y control en función de las variables medidas y consignas aportadas. Es la unidad maestra que controla al resto de unidades esclavo. En esta unidad también se almacenan la información (base de datos), de modo que otras aplicaciones tengan acceso a los mismos.

**Unidades Remotas (RTU).**- (Remote Terminal Unit), son todas aquellas unidades, PCs, o dispositivos que envían información a la unidad central y que se encuentran alejadas del centro de control. Estos dispositivos se encargan de recopilar los datos de los elementos de campo y enviarlos a la Unidad Central (MTU).

**Sistema de Comunicaciones.**- son los equipos encargados de transferir la información y los datos entre los actuadores y sensores, y la unidad central, que es el punto donde se supervisa y controla el proceso. Está formado por medios de comunicación, transmisores y receptores.

**Transductores.**- serán los elementos que transformarán señales físicas y químicas en señales eléctricas. (Pardo, 2012: p. 67)

### **1.2.6.2. Principales funciones del Sistema SCADA**

Cuando se desarrolla una aplicación SCADA, ésta debe contar con las siguientes funciones:

- Dispones de un interfaz gráfico que proporcione al operador las funciones de control y supervisión del sistema, utilizando sinópticos gráficos formados por un fondo fijo y varias zonas activas que cambian dinámicamente a diferentes formas y colores. Los sinópticos muestran generalmente, el esquema de la instalación y, sobre todo, se representan las variables de entrada y salida.
- Alertar al operador de cambios en la planta, tanto aquellos que no se consideraren normales (alarmas), como los que se produzcan en la operación diaria (eventos) mediante paneles de alarma para reconocer una parada o situación de alarma, con registro de incidencias.
- Generación de históricos de señal de las variables de procesos, que pueden ser volcados para su proceso sobre una hoja de cálculo.
- Gestión de archivos de datos para su procesado, incluso realizando cálculos complejos, y de almacenamiento de los mismos según formatos inteligibles para periféricos de hardware (impresoras, registradora) o software (base de datos, hojas de cálculo) del sistema, de forma que otra aplicación o dispositivo puedan tener acceso a ellos.
- De esta forma podemos desarrollar aplicaciones basadas en PC, con captura de datos, análisis de señales, presentaciones en pantalla, envío de resultados a disco o impresora, control de actuadores, etc. Actualmente, existen equipos para la adquisición de datos y control, que permiten incorporarles la aplicación SCADA y acceder a ella desde cualquier ordenador a través de internet mediante un servidor Web embebido. (Molina, y otros, 2010: p. 198)

### **1.2.6.3. PLC (Programmable Logic Controller)**

**PLC.-** los controladores lógicos programables o PLC (Programmable Logic Controller), empezaron como sistemas de dedicación exclusiva al control de

instalaciones, máquina o procesos. Con el tiempo ha ido evolucionando, incorporado cada vez más prestaciones en forma de módulos de ampliación, entre ellos los Procesadores de Comunicaciones, que han hecho desvanecerse la línea divisoria entre RTU y PLC, quedando incluidas todas las prestaciones en el PLC. A su vez, los PLC pueden tener elementos distribuidos con los cuales se comunican a través de sistemas de comunicación llamados Buses de Campo.

(Rodríguez, 2007: p. 38)

#### **1.2.6.4. SIMATIC S7-1200**

El autómatas S7-1200, es el último dentro de una gama de controladores SIMATIC de Siemens, es el sucesor del S7-200 y está disponible desde junio del 2009. El controlador compacto SIMATIC S7-1200 es el modelo modular y compacto para pequeños sistemas de automatización que requieran funciones simples o avanzadas para lógica, HMI o redes.

Gracias a su diseño compacto, su bajo coste y sus potentes funciones, los sistemas de automatización S7-1200 son idóneos para controlar tareas sencillas, en el marco del compromiso SIMATIC para con la automatización plenamente integrada (TIA: Totally Integrated Automation), la familia de productos S7-1200 y la herramienta de programación STEP 7 Basic proporcionan la flexibilidad necesaria para cubrir las diferentes necesidades de automatización de cada caso.

El controlador S7-1200 ofrece la flexibilidad y potencia necesarias para controlar una gran variedad de dispositivos para las distintas necesidades de automatización. Gracias a su diseño compacto, configuración flexible y amplio juego de instrucciones, el S7-1200 es idóneo para controlar una gran variedad de aplicaciones.

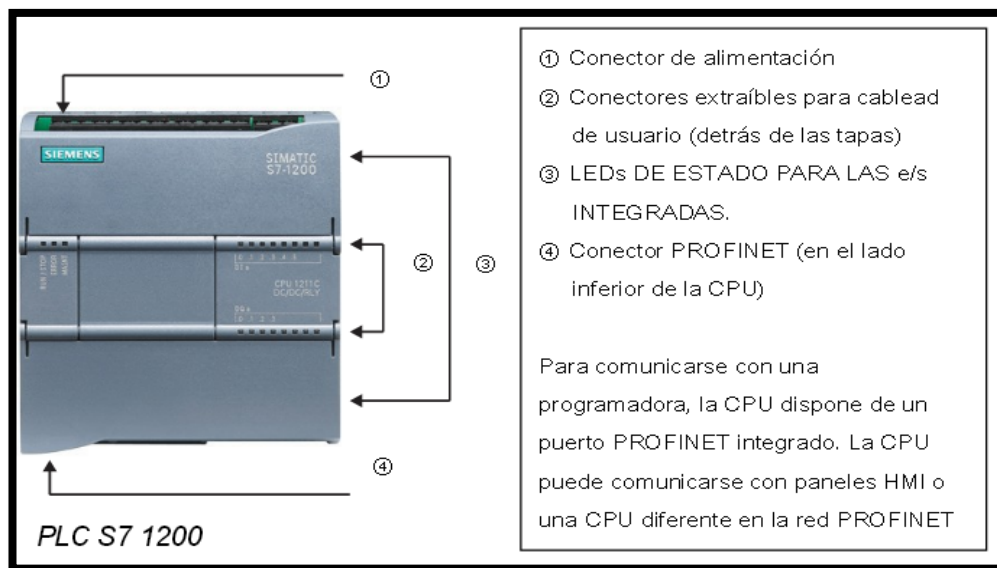
En el controlador SIMATIC S7-1200 se han integrados 2 salidas de alta velocidad que pueden funcionar como salidas de tren de pulsos (PTO) o como salidas con

modulación de ancho de impulsos (PWM). Si se configuran como PTO, ofrecen una secuencia de impulsos con un factor de trabajo del 50% y hasta 100 kHz, para la regulación controlada de la velocidad y posición de motores paso a paso y servo accionamientos.

La realimentación para las salidas de tren de pulsos proviene internamente de los dos contadores de alta velocidad. Si se configuran como salidas PWM, ofrecen un tiempo de ciclo fijo con punto de operación variable. Esto permite regular la velocidad de un motor, la posición de una válvula o el ciclo de trabajo de un calefactor. Disponible en:

<http://www.catedu.es/elechomon/s71200/CARACTERISTICAS%20Y%20MONTAJE%20DEL%20SIMULADOR%20S7-1200.pdf>

**Gráfico N° 1.15. Simulador S7-1200**



**Fuente:** SIEMENS

## **CAPÍTULO II**

### **ANÁLISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS**

#### **2.1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS DE LAS INSTITUCIONES**

##### **2.1.1 Reseña histórica de la Universidad Técnica de Cotopaxi**

En el Suplemento del Registro Oficial número 618 del martes 24 de enero de 1995, y cuando transcurría el tercer año del mandato presidencial del Arq. Sixto Durán Ballén, quien, a través de su vicepresidente, Alberto Dahik, objetó parcialmente el Proyecto de Ley de Creación de la Universidad Técnica de Cotopaxi, se oficializó y entró en vigencia la Ley que dispuso el funcionamiento del Alma Máter de Cotopaxi.

Desde esa memorable fecha, hasta ahora, son 19 años de constante esfuerzo y trabajo de una universidad alternativa que otorga a miles de jóvenes la oportunidad de forjar su futuro gracias a la obtención de una carrera universitaria.

El camino para hacer realidad el anhelo cotopaxense de tener su propia universidad fue difícil, fueron muchas las gestiones y muchas las frustraciones; sin embargo la perseverancia, principalmente, de los maestros agremiados en la UNE de Cotopaxi a los cuales se sumaron varios sectores populares preocupados por el desarrollo de la provincia los que brindaron el impulso definitivo, eran entonces los primeros meses de 1989 cuando se conformó el comité provisional de gestión encabezado por las siguientes personas.

Lic. César Tinajero en su calidad de Diputado de la provincia; fue designado como Coordinador Técnico el Lic. Sócrates Hernández; en calidad de Coordinador Administrativo el Prof. José Huertas y como vocales el Lic. Édgar Cárdenas, el Prof. Hugo Medina y el Lic. Francisco Quishpe. Este grupo humano tuvo el acierto de solicitar, a las autoridades de la Universidad Técnica del Norte, la creación de una extensión en Latacunga, fue entonces cuando se conformó el Comité Pro Extensión presidido por el Lic. Sócrates Hernández acompañado en la Vicepresidencia por el Lic. Édgar Cárdenas.

A finales de 1989, en Saquisilí, asistieron invitadas las autoridades de la Universidad Técnica del Norte, en acto solemne y rueda de prensa hicieron público el compromiso de impulsar la creación de la Extensión de esa Universidad en Cotopaxi.

Sobre mi persona, por ser el Director de Planeamiento de la Universidad Técnica del Norte, recayó la responsabilidad de estructurar el estudio técnico que debía sustentar el pedido a ser tramitado en primera instancia en el seno del Consejo Universitario de la Universidad ibarreña y, posteriormente, en el Consejo Nacional de Universidades y Escuelas Politécnicas, organismo que otorgaba la aprobación definitiva.

Entre estudios y trámites transcurrieron nueve meses, de febrero a noviembre de 1990, que fue cuando se remitió el pedido al CONUEP, en este organismo la diligencia, que por cierto no dejó de tener sobresaltos y angustias para los anhelos de Cotopaxi, concluyó con éxito cuando el pleno del CONUEP, reunido en Manta el 19 de septiembre de 1991, aprobó la creación de la Extensión Universitaria de Cotopaxi de la Universidad Técnica del Norte. Muchas cosas podríamos escribir de lo ocurrido entre septiembre de 1991 y enero de 1995, período que sirvió para que fragüe el deseo siempre latente de tener una Universidad Autónoma.

Las actividades de esos años se desarrollaron en instalaciones prestadas por la UNE-C, el colegio Luis Fernando Ruiz y el colegio Simón Rodríguez, las marchas

para concienciar al pueblo fueron constantes, en los paros provinciales nunca estuvo ausente, en la agenda de reivindicaciones, el pedido de creación de la universidad.

La Ley de Creación de la Universidad Técnica de Cotopaxi fue formalmente presentada a trámite en el Congreso Nacional el 16 de junio de 1993, iniciativa auspiciada por los legisladores Roosevelt Icaza Endara y Oswaldo Coronel Arellano contando además con el respaldo y los aportes que brindaron otros legisladores de Cotopaxi; debemos mencionar a Fabián Fabara Gallardo, Bayardo Alvear Bautista, Jaime Chamorro Guerrón, Luis Carrillo y Reynaldo Yanchapaxi.

Ya como universidad autónoma, en estos diecinueve años, la institución ha tenido tres rectores titulares; el primero, el Lic. Rómulo Álvarez Pacheco quien dirigió la Universidad de 1995 al 2000, luego, me cupo el alto honor de dirigirla por dos períodos del 2000 al 2010 y, actualmente, esta regentada por el Ing. Hernán Yáñez Ávila, su período corresponde del 2010 al 2015.

Lo que cada uno haya hecho o dejado de hacer servirá para las valoraciones históricas, sin embargo considero que con el aporte de la comunidad universitaria, toda, se ha forjado una institución comprometida con su pueblo y que lucha, pese a las adversidades, por garantizar a sus educandos una formación integral, aquella que busca el conocimiento y manejo adecuado de la ciencia y la técnica y, a la par, un ser solidario y humanista que privilegie el bienestar colectivo.

Hoy, la universidad desarrolla sus actividades en un moderno campus de cinco hectáreas en San Felipe, donde funcionan las carreras humanísticas y las carreras técnicas; en las 82 hectáreas del Centro Académico, Experimental y de Producción de Salache acoge las carreras de ciencias de la vida; y en la sede de la Maná despliega sus actividades en instalaciones propias en las que cuenta con campus académico y centro experimental agrícola.

Todas estas construcciones requieren de financiamiento para que se concluyan a plenitud los proyectos de infraestructura propuestos.

La UTC está de aniversario, felicidades a todos, todas y en hora buena por el esfuerzo colectivo que servirá de garantía para seguir siendo el orgullo de Cotopaxi. Disponible en: <http://panchoullaoenriquez.blogspot.com/2014/01/universidad-tecnica-de-cotopaxi.html>

### **2.1.2 Filosofía institucional**

#### ***Misión***

La Universidad Técnica de Cotopaxi, forma profesionales humanistas con pensamiento crítico y responsabilidad social, de alto nivel académico, científico y tecnológico con liderazgo y emprendimiento, sobre la base de los principios de solidaridad, justicia, equidad y libertad; genera y difunde el conocimiento, la ciencia, el arte y la cultura a través de la investigación científica y la vinculación con la sociedad para contribuir a la transformación económica-social del país.

#### ***Visión***

Será un referente regional y nacional en la formación, innovación y diversificación de profesionales acorde al desarrollo del pensamiento, la ciencia, la tecnología, la investigación y la vinculación en función de la demanda académica y las necesidades del desarrollo local, regional y del país.

Disponible en: <http://www.utc.edu.ec/>

### **2.1.3 Carrera de ingeniería Electromecánica**

El Ingeniero Electromecánico de la UTC es un profesional multidisciplinario, que da solución a los problemas de los sectores productivos, industriales y sociales, con capacidad de crear, construir e innovar tecnología y procesos de fabricación, así como diseñar, producir, operar y mantener sistemas eléctricos y mecánicos, además de su automatización e interacción en el proceso de producción. Buscamos formar profesionales en el área electromecánica, a través del diseño, construcción,

operación, mantenimiento de máquinas, sistemas eléctricos, mecánicos y electrónicos, para dar solución a las demandas productivas, industriales y sociales.

### ***Misión***

La Carrera de Ingeniería Electromecánica, forma profesionales con un alto nivel técnico humanista, capaces de diseñar, construir, implementar y mantener máquinas y sistemas eléctricos, electrónicos y mecánicos para satisfacer las demandas del sector productivo de las medianas y grandes industrias del país, a través de una formación académica de calidad.

### ***Visión***

En el 2015 seremos una Carrera acreditada y líder a nivel nacional, con excelencia académica y formación integral, con profesionales críticos, solidarios y comprometidos con el cambio social; dotada de infraestructura física acorde con el avance científico tecnológico, capaz de dar solución a las demandas productivas, industriales y sociales del país, en un marco de cooperación nacional e internacional, lo que nos permitirá mantener una transferencia de conocimientos bidireccional con la sociedad. Disponible en:

<http://www.utc.edu.ec/electromecanica>

### ***Campo Ocupacional:***

El futuro profesional en Ingeniería Electromecánica se desempeñará como:

- Jefes de producción, mantenimiento y gestión de la calidad.
- Asesores de diseño, construcción y operación de sistemas electromecánicos.
- Fiscalizador de construcciones eléctricas y mecánicas.
- Gerentes de comercialización técnica de planta.
- Gestor de proyectos industriales.

Consultor y capacitador técnico en:

- Industrias públicas o privadas (manufacturera, petrolera, alimenticia, minera, generación de energía eléctrica, florícolas, etc.).
- Consultoras.
- Libre ejercicio de la profesión.

Disponible en: <http://www.utc.edu.ec/electromecanica>

#### **2.1.4 Laboratorio de electromecánica**

El laboratorio de electromecánica está destinado a las prácticas de los TTP con orientación en electromecánica dado que los adquieren los conocimientos suficientes y necesarios para realizar:

- Instalaciones eléctricas trifásicas.
- Instalación y protección de motores trifásicos.
- Instalación y programación de variadores de velocidad para motores trifásicos.
- Instalación, programación y control con PLC de un proceso productivo a escala.
- Manejo de equipos neumáticos e hidráulicos didácticos.

## **2.2. METODOLOGÍA APLICADA**

La metodología aplicada se basó en el paradigma de orientación crítica positiva; la misma que presenta una importante base teórica y práctica, mediante la recolección directa de los factores físicos, climatológicos y sociales; la encuesta facilita la recopilación de datos mediante la aplicación de un cuestionario cerrado, con la cual se puede conocer las opiniones, las condiciones y los procedimientos de los estudiantes involucrados en el proceso de indagación previa frente la situación en la que se encuentra la institución y los índices aprendizaje, proporcionando un implementación que responda a los requerimientos de los estudiantes.

## 2.3. DISEÑO METODOLÓGICO

La presente investigación se realizó bajo la modalidad cuali-cuantitativo, cualitativa porque se propuso la diseño de un módulo de subestación para el laboratorio de la Carrera de Ingeniería Electromecánica para prácticas académicas de estudiantes tanto de la Universidad como estudiantes que visitan dicho laboratorio, se realizó también la modalidad cuantitativa ya que se diseñaron gráficos estadísticos con porcentajes, lo mismos que fueron analizados e interpretados cualitativamente. Este proyecto es factible por su relación con el marco teórico, los resultados y la solución del problema.

### 2.3.1. Métodos de investigación

**Método hipotético deductivo.-** Se utilizó este método para tener un conocimiento científico siguiendo pautas para conocer el problema de una manera precisa y clara el problema de estudio mediante la observación de subestaciones, creando una hipótesis, la misma que puede ser comprobada con el funcionamiento de un módulo de Subestación Eléctrica.

**Método inductivo.-** Este método se aplicó para tener conocimiento de la necesidad de un módulo de Subestación mediante la encuesta que se aplicó a estudiantes de esta Universidad.

### 2.3.2. Técnicas de investigación

El plan para la recolección de la información fue mediante la encuesta estructurada, aplicada a estudiantes de la carrera de electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

La información bibliográfica se la obtuvo a través de internet, libros, revistas y documentos especializados.

La recopilación de la información fue debidamente clasificada e interpretada, apoyándose en el análisis y síntesis para acceder a las relaciones primordiales del problema investigado, en un permanente proceso de abstracción por un lado, y por otro lado, para teorizar en forma sistémica y ordenada el objeto de la investigación para identificar las causas internas, estructurales e históricas.

La inducción y deducción, para generalizar en forma lógica los datos recabados en el proceso de evaluación para concretar sus consecuencias lógicas.

El análisis estadístico para demostrar la expresión cualitativa de los indicadores previstos en la investigación, los nexos generales y la estructura de los objetos y procesos que se estudiaron. Así mismo, permitió presentar los datos que se generaron como resultado de la investigación en cuadros, gráficos y tablas.

## **2.4. Población y muestra**

Está determinada en 486 el número de estudiantes de cuarto, quinto, sexto y séptimo nivel de la carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

### **2.4.1. Muestra**

La muestra la obtenemos para inferir en las propiedades de la totalidad de la población, la cual debe ser representativa de la misma.

Fórmula:

$$n = \frac{N}{e^2 \left[ N - 1 \right] + 1}$$

Donde:

n = Tamaño de la muestra

N = Población Total

$e^2 =$  Error máximo admisible

$$n = \frac{486}{0,05 (486 - 1) + 1}$$

$$\frac{486}{0,0025 (485) + 1}$$

n=

$$n = \frac{486}{2.2125}$$

$$n = 220$$

## 2.5. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

**Variable independiente:** Diseño e implementación de un módulo de subestación eléctrica de barra simple con transferencia.

CONCEPTUALIZACIÓN	CATEGORÍAS	INDICADORES	ITEMS BÁSICOS	TÉCNICA E INSTRUMENTOS
Diseño e implementación de un módulo de subestación eléctrica de barra simple con transferencia.	Una subestación eléctrica es una instalación destinada a modificar y establecer los niveles de tensión de una infraestructura eléctrica.  Necesidad y objetivo de mejorar la calidad de la educación, competitividad y metodología de enseñanza.  4	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Competitividad profesional</li> <li>- Destrezas y habilidades.</li> <li>- Especificaciones técnicas</li> <li>- Evaluación de la gestión. Motivación interna</li> </ul>	<p>¿Usted como estudiante de la carrera de Ingeniería Electromecánica pone en práctica los conocimientos teóricos impartidos en la asignatura Subestaciones y Centrales Eléctricas?</p> <p>¿Cuenta el laboratorio de Electromecánica con un módulo de subestación?</p> <p>¿Se cuenta con los conocimientos necesarios para realizar el diseño y construcción de un módulo didáctico de subestación eléctrica?</p> <p>Si ( ) No( )</p>	<p>Observación</p> <p>Bibliográfica</p> <p><b>INSTRUMENTOS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Revistas</li> <li>- Artículos de la web</li> <li>- Libros</li> <li>- Libros digitales</li> </ul>

**Cuadro N° 2.1.** Operacionalización variable independiente

**Elaborado por:** Pablo Jiménez Espinosa

**Variable dependiente:** Visualización de variables eléctricas mediante sistema SCADA.

CONCEPTUALIZACIÓN	CATEGORÍAS	INDICADORES	ITEMS BÁSICOS	TECNICA E INSTRUMENTOS
Visualización de variables eléctricas mediante sistema SCADA..	Equipamiento de herramientas y elementos en los laboratorios de la carrera.  Banco de pruebas existentes en la institución-	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Incrementar creatividad</li> <li>- Mejorar conocimiento</li> </ul>	<p>la el</p> <p>¿Cree que el estudiante puede mejorar su rendimiento con la manipulación de un módulo didáctico para desarrollar sus actividades académicas prácticas?</p> <p>¿La metodología del docente sería más efectiva de contar con los elementos adecuados y las herramientas necesarias para el desarrollo de la clase?</p>	<p>Observación</p> <p>Encuesta</p> <p><b>INSTRUMENTOS</b></p> <p>Cuestionario</p> <p>Guías de preguntas</p>

**Cuadro N° 2.2.** Operacionalización variable dependiente

**Elaborado por:** Pablo Jiménez Espinos

## **2.6. ANÁLISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS**

Aplicados los instrumentos para la investigación de campo a estudiantes de la carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi, se realizó el análisis de cada ítem de la encuesta realizada, ya que esta información permitió establecer conclusiones a las que llegó el estudio y muestra la apreciación que poseen los estudiantes respecto al funcionamiento de subestaciones a través de la creación de un módulo de subestación para el laboratorio de la carrera antes mencionada. Es importante indicar que los resultados obtenidos permanecen a fuentes directas y verídicas, porque se utilizó la técnica de la encuesta con el cuestionario como instrumento, y dio cabida a realizar el análisis de cada ítem en forma cuantitativa y cualitativa como se presentan a continuación en cada pregunta. Encuesta aplicada a los estudiantes de la carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

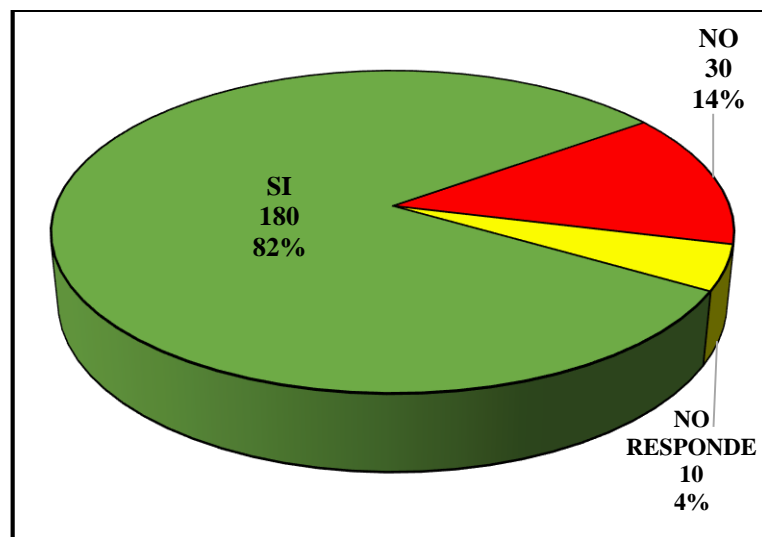
**Pregunta N° 1.** ¿Usted como estudiante de la carrera de Ingeniería Electromecánica pone en práctica los conocimientos teóricos impartidos en la asignatura Subestaciones y Centrales Eléctricas?

**Cuadro N° 2.3.** Pone en prácticas los conocimientos teóricos.

ALTERNATIVAS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	180	82
NO	30	14
NO RESPONDE	10	4
TOTAL	220	100

**Fuente:** Encuesta a estudiantes Ingeniería Electromecánica  
**Elaborado por:** Pablo Jiménez Espinosa

**Gráfico N° 2.1.** Pone en práctica los conocimientos teóricos.



**Fuente:** Encuesta a estudiantes Ingeniería Electromecánica  
**Elaborado por:** Pablo Jiménez Espinosa

**Análisis:** De los encuestados el 82% manifiestan que si ponen en práctica los conocimientos teóricos impartidos en la asignatura de Subestaciones y Centrales Eléctricas, el 14% no pone en prácticas las asignaturas y un 4% no respondió dicha pregunta.

**Interpretación:** En esta pregunta el mayor número de encuestados manifiesta que si realiza pone en práctica las asignaturas mencionadas, y de ello se resalta la importancia de implementar el laboratorio con módulos o equipos indispensable para su estudio.

**Pregunta N° 2.** ¿Cuenta el laboratorio de electromecánica con un módulo de subestación con HMI?

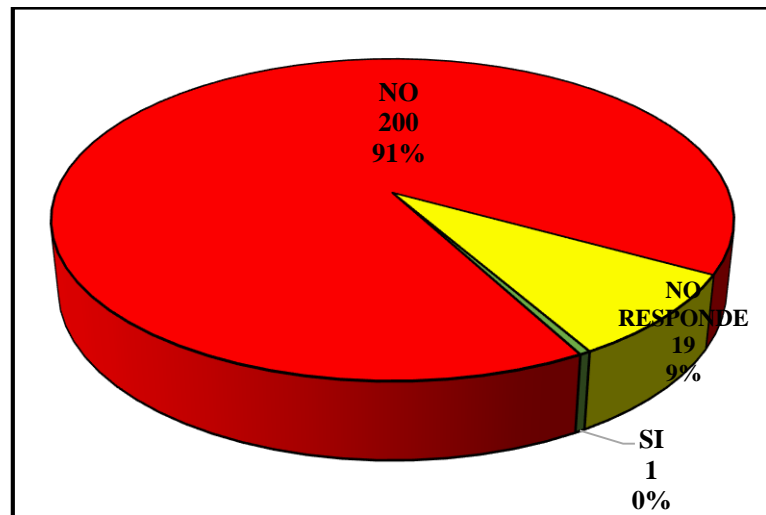
**Cuadro N° 2.4.** Cuenta el laboratorio con módulo de subestación con HMI

ALTERNATIVAS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	1	0
NO	200	91
NO RESPONDE	19	9
TOTAL	220	100

**Fuente:** Encuesta a estudiantes Ingeniería Electromecánica

**Elaborado por:** Pablo Jiménez Espinosa

**Gráfico N° 2.2.** Cuenta el laboratorio con módulo de subestación con HMI



**Fuente:** Encuesta a estudiantes Ingeniería Electromecánica

**Elaborado por:** Pablo Jiménez Espinosa

**Análisis:** El 91% manifiestan que el laboratorio de electromecánica no cuenta con un módulo de subestación, el 9% no responde, y el 0% indican que si cuentan con uno.

**Interpretación:** En la mencionada pregunta la mayor parte de los encuestados expresan que no existe un módulo de subestación en el laboratorio de electromecánica, motivo por el cual se ve necesaria la creación del mismo.

**Pregunta N° 3.** ¿Considera usted, necesario la creación de un módulo de subestación eléctrica en el laboratorio de electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi?

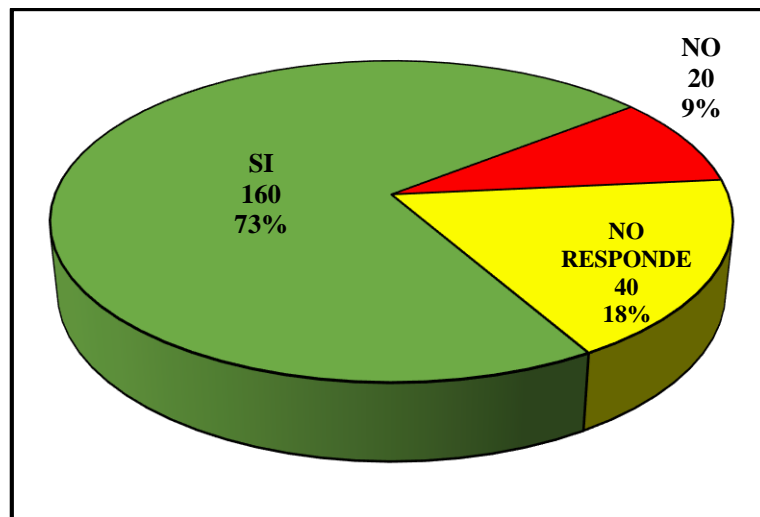
**Cuadro N° 2.5.** Creación de un módulo de subestación eléctrica

ALTERNATIVAS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	160	73
NO	20	9
NO RESPONDE	40	18
TOTAL	220	100

**Fuente:** Encuesta a estudiantes Ingeniería Electromecánica

**Elaborado por:** Pablo Jiménez Espinosa

**Gráfico N° 2.3.** Creación de un módulo de subestación eléctrica



**Fuente:** Encuesta a estudiantes Ingeniería Electromecánica

**Elaborado por:** Pablo Jiménez Espinosa

**Análisis:** El 73% de personas encuestadas opinan que si es indispensable la creación de un módulo de subestación eléctrica en el laboratorio de electromecánica de esta Universidad, el 18% de encuestados expresan que no es indispensable y un 9% no responde.

**Interpretación:** En esta interrogante los encuestados indican que si es indispensable la creación de un módulo de subestación eléctrica de esta Universidad, motivo por el cual reafirma la necesidad de su creación.

**Pregunta N° 4.** ¿Cree usted, que los docentes deben motivar a sus estudiantes a la elaboración de módulos para su constante capacitación y práctica?

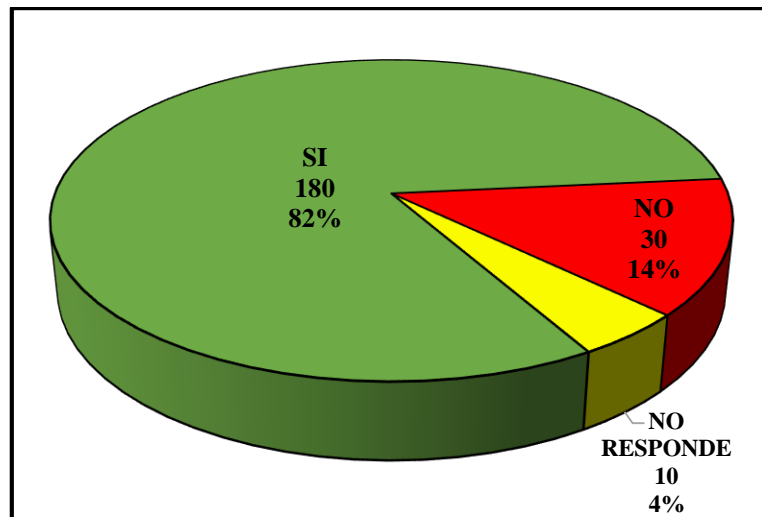
**Cuadro N° 2.6.** Docentes motivan elaboración de módulos para capacitación

ALTERNATIVAS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	180	82
NO	30	14
NO RESPONDE	10	5
TOTAL	220	100

**Fuente:** Encuesta a estudiantes Ingeniería Electromecánica

**Elaborado por:** Pablo Jiménez Espinosa

**Gráfico N° 2.4.** Docentes motivan elaboración de módulos para capacitación



**Fuente:** Encuesta a estudiantes Ingeniería Electromecánica

**Elaborado por:** Pablo Jiménez Espinosa

**Análisis:** Del 82% de encuestados opinan que los docentes deben motivar a sus estudiantes a la elaboración de modulo para su constante práctica, el 14% expresa que no es necesario y el 4% no responde.

**Interpretación:** Es importante que los docente motiven a sus estudiantes a la elaboración de módulos, tiene muchas ventajas una de ellas dotar al laboratorio con más implementos y también porque los estudiantes aprenden más de su carrera.

## 2.7. VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS

### 2.7.1. Determinación de variables

#### Variable Independiente

- Diseño e implementación de un módulo de una subestación eléctrica de barra simple con transferencia.

#### Variable Dependiente

- Visualización de variables eléctricas mediante sistema SCADA.

### 2.7.2. Hipótesis

#### Hipótesis Alterna

**Hi.** El diseño y construcción del funcionamiento de un módulo didáctico de subestación eléctrica para el laboratorio de electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi, permitirá que los estudiantes realicen las prácticas en el módulo de subestación, el mismo que es importante en el estudio de la carrera y en la aplicación de su vida profesional.

#### Hipótesis Nula

**Ho.** El diseño y construcción del funcionamiento de un módulo didáctico de subestación eléctrica para el laboratorio de electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi, NO permitirá obtener en los estudiantes mayor conocimiento sobre subestaciones, el mismo que es importante en el estudio de la carrera y en la aplicación de su vida profesional.

### 2.7.3. Método estadístico mediante Chi cuadrado $X^2$

Mediante el método estadístico de distribución Chi-Cuadrado ( $X^2$ ), se procedió a comprobar la hipótesis de la siguiente manera:

#### Determinación del nivel de significación

El valor de riesgo que se corre por rechazar algo que es verdadero en la investigación es del 5% es decir el 95% de confianza.

#### Fórmula para Prueba del Chi-Cuadrado $X^2$

$$X^2 = \sum \frac{(O-E)^2}{E}$$

$X^2$  = Chi-cuadrado

$\Sigma$  = Sumatoria

$O$  = Datos Observados

$E$  = Datos Esperados

#### Nivel de significación

La presente investigación tiene un nivel de confianza del 0,95 (95%), por tanto un nivel de riesgo del 5%.

$$\alpha = 0,05$$

#### Zona de aceptación o rechazo

Para conocer la zona de aceptación o rechazo, se necesita calcular los grados de libertad con la siguiente fórmula:

#### Fórmula.

$$g_l = (c - 1) (h - 1)$$

#### Dónde:

$g_l$  = Grado de libertad

c = Columnas de la tabla

f = Fila de la Tabla

**Cuadro N° 2.7.** Resultados encuesta o (fe)

N°	PREGUNTAS	ALTERNATIVAS			TOTAL
		SI	NO	NO RESPONDE	
1	¿Usted como estudiante de la carrera de Ingeniería Electromecánica pone en práctica los conocimientos teóricos impartidos en la asignatura Subestaciones y Centrales Eléctricas?	180	30	10	220
2	¿Cuenta el laboratorio de electromecánica con un módulo de subestación con HMI?	1	200	19	220
3	¿Considera usted, necesario la creación de un módulo de subestación eléctrica en el laboratorio de electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi?	160	20	40	220
4	¿Cree usted, que los docentes deben de motivar a sus estudiantes a la elaboración de módulos para su constante capacitación y práctica?	180	30	10	220
<b>TOTALES</b>		521	280	79	880

**Elaborado por:** Pablo Jiménez Espinosa

### Grados de libertad y nivel de significación

Nota: **c** significa número de alternativas de las preguntas y **f** es igual al número de preguntas.

$$g_l = (c - 1)(f - 1)$$

$$g_l = (3 - 1)(4 - 1)$$

$$g_l = (2)(3)$$

$$g_l = 6$$

### Nivel de confianza

95%

### Nivel de significación

$\alpha = 0.05$  Tabla para cálculo de Chi cuadrado tabulado  $\alpha$

Grados de libertad = 6 y  $\alpha = 0.05$

**Cuadro N° 2.8.** Distribución de Chi Cuadrado  $X^2$  tabulado o  $\alpha$

Grados libertad	Probabilidad de un valor superior - Alfa ( $\alpha$ )				
	0,1	0,05	0,025	0,01	0,005
1	2,71	3,84	5,02	6,63	7,88
2	4,61	5,99	7,38	9,21	10,60
3	6,25	7,81	9,35	11,34	12,84
4	7,78	9,49	11,14	13,28	14,86
5	9,24	11,07	12,83	15,09	16,75
6	10,84	12,59	14,45	16,81	18,55

Fuente: <http://www.famaf.unc.edu.ar/~ames/proba2011/tablachicuadrado.pdf>

$X^2$  tabulado = 12.59 éste es el valor crítico para rechazar la hipótesis alternativa

**Cálculo de la frecuencia esperada ( $f_e$ ) para alternativas de SI, NO y NO RESPONDE**

$$f_e = \frac{(\text{Total Marginal Filas})(\text{Total Marginal Columnas})}{N}$$

$$f_e SI = \frac{(521)(220)}{880} \quad f_e SI = 130.25$$

$$f_e NO = \frac{(280)(220)}{880} \quad f_e NO = 70.00$$

$$f_e NO RESPONDE = \frac{(79)(220)}{880} \quad f_e NO RESPONDE = 19.75$$

**Cálculo del Chi Cuadrado  $X^2$  calculado**

**Cuadro N° 2.9. Chi Cuadrado  $X^2$  calculado**

N° Preg.	ALTERNATIVAS	O	E	(O-E)	$(O - E)^2$	$\frac{(O - E)^2}{E}$
1	SI	180	130,25	49,75	2475,06	19,00
	NO	30	70,00	-40,00	1600,00	22,86
	NO RESPONDE	10	19,75	-9,75	95,06	4,81
2	SI	1	130,25	-129,25	16705,56	128,26
	NO	200	70,00	130,00	16900,00	241,43
	NO RESPONDE	19	19,75	-0,75	0,56	0,03
3	SI	160	130,25	29,75	885,06	6,80
	NO	20	70,00	-50,00	2500,00	35,71
	NO RESPONDE	40	19,75	20,25	410,06	20,76
4	SI	180	130,25	49,75	2475,06	19,00
	NO	30	70,00	-40,00	1600,00	22,86
	NO RESPONDE	10	19,75	-9,75	95,06	4,81
<b><math>X^2</math> Calculado</b>		<b>880</b>	<b>880</b>	<b>0,00</b>	<b>45741,50</b>	<b>526,33</b>

Elaborado por: Pablo Jiménez Espinosa

### Chi Cuadrado Calculado

$$X^2_c = 526,33$$

### Regla:

El Chi-cuadrado calculado debe ser **mayor** que el Chi-cuadrado tabulado para rechazar la hipótesis nula.

### 2.7.4. Decisión estadística mediante Chi cuadrado $X^2$

Con los datos obtenidos del Chi-cuadrado tabulado y Chi-cuadrado  $X^2$  calculado:

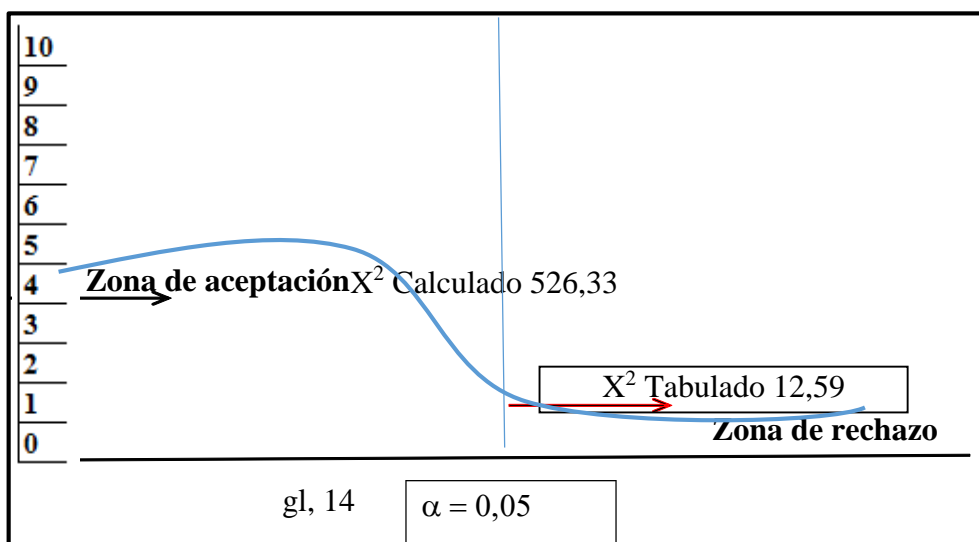
$$X^2 \text{ Calculado} = 526,33$$

$$X^2 \text{ Tabulado} = 12,59$$

<b><math>X^2</math> Calculado = 526,33 es mayor al <math>X^2</math> Tabulado = 12,59</b>
--

Por consiguiente la **H<sub>i</sub>** El diseño y construcción del funcionamiento de un módulo didáctico de subestación eléctrica para el laboratorio de electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi, permitirá obtener en los estudiantes mayor conocimiento sobre subestaciones, el mismo que es importante en el estudio de la carrera y en la aplicación de su vida profesional. **SE ACEPTA**, y **H<sub>o</sub>** El diseño y construcción del funcionamiento de un módulo didáctico de subestación eléctrica para el laboratorio de electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi, NO permitirá obtener en los estudiantes mayor conocimiento sobre subestaciones, el mismo que es importante en el estudio de la carrera y en la aplicación de su vida profesional.. **SE RECHAZA**

**Gráfico N° 2.10.** Zona de aceptación o rechazo de las hipótesis



Elaborado por: Pablo Jiménez Espinosa

## CAPÍTULO III

### PROPUESTA

#### 3.1. TÍTULO

**“CONSTRUCCIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO DE SUBESTACIÓN DE BARRA SIMPLE CON TRANSFERENCIA PARA LA VISUALIZACIÓN DE VARIABLES ELÉCTRICAS MEDIANTE SISTEMA SCADA EN EL LABORATORIO DE ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI”**

#### 3.2. DATOS INFORMATIVOS

<b>Institución:</b>	Universidad Técnica de Cotopaxi
<b>Unidad Académica:</b>	Ciencias de la Ingeniería y aplicadas
<b>Carrera:</b>	Ingeniería Electromecánica
<b>Provincia:</b>	Cotopaxi
<b>Cantón:</b>	Latacunga
<b>Parroquia:</b>	Eloy Alfaro
<b>Barrio:</b>	El Ejido
<b>Dirección:</b>	Av. Simón Bolívar
<b>Web:</b>	<a href="http://www.utc.edu.ec">http://www.utc.edu.ec</a>

<b>Beneficiarios:</b>	Estudiantes de Ingeniería Electromecánica
<b>Responsable:</b>	Juan Pablo Jiménez Espinosa.
<b>Director:</b>	Ing. Álvaro Mullo Quevedo
<b>Asesor:</b>	Lic. Susana Pallasco MSc.

### **3.3. PRESENTACIÓN DE LA PROPUESTA**

Las subestaciones representan uno de los componentes más importantes en un sistema de transmisión eléctrica. Su correcta operación determina el éxito en el funcionamiento del sistema, y salvaguarda la integridad física de los operadores que se desempeñan en sus emplazamientos.

En este sentido, se destaca que el diseño de este módulo cumple con los lineamientos que se siguen en el Centro de Operaciones de Transmisión para realizar las maniobras de corte y seccionamiento en el Sistema Eléctrico Nacional y al mismo tiempo sirve como una herramienta útil en la introducción y aprendizaje de la operación de subestaciones, permitiendo reconocer las maniobras de corte y seccionamiento que deben realizarse en determinadas situaciones.

El módulo ha sido creado considerando los lineamientos que se siguen en el Centro de Operaciones de Transmisión para realizar las maniobras de corte y seccionamiento.

El módulo constituye una herramienta útil en la introducción y aprendizaje de la operación de subestaciones, permitiendo reconocer las maniobras de corte y seccionamiento que deben realizarse en determinadas situaciones.

El monitoreo y control del módulo se lo realiza con el programa LabVIEW el cual permite identificar niveles de temperatura, voltaje y la potencia de los equipos, visualizados por la pantalla VI's.

### **3.4. OBJETIVOS**

#### **3.4.1. Objetivo general**

Construir un módulo de subestación eléctrica con HMI mediante la innovación de PLC que fomente como material de apoyo en el laboratorio de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi, periodo 2014.

#### **3.4.2. Objetivos específicos**

- Determinar los componentes y elementos esenciales para la construcción del módulo de subestación con HMI.
- Ensamblar de forma secuencial el módulo de subestación con HMI.
- Diseñar un manual de usuario para el manejo del módulo de subestación con HMI.
- Socializar el manejo del módulo de subestación con docentes y alumnos de la carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi

### **3.5. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD**

El presente proyecto propuesto es factible de realizar ya que se contó con:

- El aval de las autoridades de la Universidad.
- La existencia de material bibliográfico de sustento.
- Dominio del tema en estudio.
- Tiempo necesario para su realización.

### 3.5.1. Factibilidad Técnica

**Cuadro N° 3.1.** Factibilidad técnica

<b>EQUIPO O PRODUCTO</b>	<b>CANTIDAD</b>
PLC SIEMENS 1200 CPU 1212C	1
MÓDULO DE 16 DI/DO 223-1PL32-0XB0	1
MÓDULO DE 8 AI 231-4HF32-0XB0	1
FUENTE DE PODER 24 VDC PHOENIX CONTACT	1
TARJETAS ACONDICIONADORAS DAT2065	3
RELÉS CAMSCO CON BASE	10
RELÉS RELECO CON BASE	4
LUCES PILOTO	20
SELECTORES DE DOS POSICIONES	10
GABINETE METÁLICO 80x80 frontal y 30x80 superior.	1
BORNERAS 10 AWG.	100
RIEL DIN 3.5cm.	2
CANALETAS RANURADAS 40 X 40mm.	4
BREAKERS 30 AMP 2 POLOS	2
TOMACORRIENTE PARA RIEL DIN.	1
ROUTER D-LINK	1
CONDUCTOR 18 AWG FLEXIBLE.	1
TERMINALES 18 AWG.	3
TERMINALES 10 AWG.	3
PONCHADORA PARA TERMINALES.	1
DESTORNILLADORES (ESTRELLA Y PLANO).	2
CORTAPICOS VOLTECH.	1
ESCRITORIO 120x53 superior y 72x48 lateral.	1

**Elaborado por:** Pablo Jiménez Espinosa

### 3.5.2. Factibilidad Económica

**Cuadro N° 3.1.** Factibilidad económica

<b>GASTOS GENERALES</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
PLC SIEMENS 1200 CPU 1212C	455	455
MÓDULO DE 16 DI/DO 223-1PL32-0XB0	514	514
MÓDULO DE 8 AI 231-4HF32-0XB0	688	688
FUENTE DE PODER 24 VDC PHOENIX CONTACT	180	180
TARJETAS ACONDICIONADORAS DAT2065	50	150
RELÉS CAMSCO CON BASE	4	40
RELÉS RELECO CON BASE	17	68
LUCES PILOTO	2	40
SELECTORES DE DOS POSICIONES	3	30
GABINETE METÁLICO 80x80 frontal y 30x80 sup.	200	200
BORNERAS 10 AWG.	0,45	45
RIEL DIN 3.5cm.	10	20
CANALETAS RANURADAS 40 X 40mm.	6	24
BREAKERS 30 AMP 2 POLOS	30	60
TOMACORRIENTE PARA RIEL DIN.	15	15
ROUTER D-LINK	40	40
CONDUCTOR 18 AWG FLEXIBLE.	22	33
TERMINALES 18 AWG.	3	9
TERMINALES 10 AWG.	7	21
PONCHADORA PARA TERMINALES.	35	35
DESTORNILLADORES (ESTRELLA Y PLANO).	3	6
CORTAPICOS VOLTECH.	7	7

ESCRITORIO 120x53 superior y 72x48 lateral.	150	150
<b>TOTAL.</b>		<b>2830</b>

**Elaborado por:** Pablo Jiménez Espinosa

### **3.5.3. Factibilidad Operativa**

El módulo didáctico de subestación con barra principal y barra de transferencia en donde las distintas maniobras se controlan de dos maneras las mismas que son: local y remota. (Ver manual usuario anexos)

## **3.6. DESARROLLO DE LA PROPUESTA**

### **3.6.1. Diseño esquemático o implementación de la propuesta**

En el módulo de subestaciones eléctricas suelen clasificarse de acuerdo a su nivel de voltaje en subestaciones de bajo voltaje, alto voltaje y distribución; de acuerdo a su función, en subestaciones de corte y seccionamiento, generación, transmisión, transformación, compensación y rectificadoras; de acuerdo a su exposición física, en subestaciones blindadas, exteriores, interiores y mixtas.

#### **Tipos de esquemas de barra**

La forma como se distribuyen los elementos o equipos que conforman una subestación, así como el orden que se sigue para lograrlo, en función de las actividades que se llevarán a cabo en la subestación. La lógica del módulo se obtiene a partir de PLC S7-1200.

Comúnmente una subestación se compone por un número definido de circuitos semejantes, llamados bahías o posiciones, las que pueden incluir una parte del sistema

de barras, del conjunto de interruptores, o de transformadores. El tamaño de la subestación, o el nivel de voltaje de trabajo, es otro factor que determina el grado de complejidad en el arreglo de una subestación de alto voltaje. Sin embargo, en todos los casos, la manera más fácil de conectar cierto número de circuitos a niveles de voltaje iguales, es unir éstos a una barra. Existen distintos tipos de configuraciones, guiados a mejorar la flexibilidad en las operaciones de los sistemas, facilitar el mantenimiento de los elementos que lo constituyen y mejorar la seguridad, tanto de la subestación como de aquellos que en ella se desempeñan. Algunas de estas configuraciones presentan ventajas sobre otras, pero pueden incurrir en gastos mayores.

**Barras:** En esta posición encontramos el equipo encargado de la protección y medición de ambas barras, así como el respectivo equipo de corte y seccionamiento. Las maniobras que se realizan en esta posición son, conexión de las barras, desconexión, transferencia de barras y reemplazo del disyuntor.

**Transformador:** Análogo a las otras posiciones, en esta encontramos los equipos utilizados para el control, las mediciones y las protecciones que atañen al transformador. En esta posición se realizan las maniobras de conexión desconexión, reemplazo del disyuntor y cambio de taps.

**Compensación:** Las maniobras realizadas en esta posición son conexión, desconexión y ajuste de elementos de compensación.

**Enclavamientos:** Son secuencias de procedimientos que brindan una operación confiable y segura del sistema, tanto para seguridad de los equipos de la subestación como del personal técnico. Un enclavamiento básico consiste en evitar la apertura de seccionadores cuando éstos se encuentran bajo carga, a menos que exista otra vía en paralelo para la circulación de la corriente, de no cumplir esto, se produciría un arco eléctrico de magnitud considerable, provocando la destrucción del equipo y atentando

contra la integridad física del personal. A continuación se hace un detalle de las condiciones bajo las que operan los equipos de corte y seccionamiento.

### **3.6.2. Construcción y desarrollo del módulo**

#### **Elaboración Del Proyecto.**

Inicialmente se cotiza los materiales se proforma su costo individual la disponibilidad de los dispositivos en el mercado y la adquisición de los mismos.

#### **Gabinete Metálico.**

Características generales: cierres con cerraduras cromadas, chapa tratada, sistema de puertas con bisagras ocultas y tornillo. El gabinete tiene su correspondiente doble fondo, el mismo que viene empotrado con tornillos de 3/16" x 1/2".

Línea exterior: gabinetes de chapa aptos para ambientes donde no sea necesaria la protección de aparatos eléctricos contra agua u otros líquidos. Estructura soldada a punto. Línea interior: aptos para ambientes donde sea necesaria la protección de aparatos eléctricos contra salpicaduras de aceite, agua u otros líquidos así como la entrada de polvo. Estructura soldada eléctricamente y plegado de chapa con garantía de hermeticidad.

(Ver anexo 3.1)

Se utilizó este tipo de gabinete para una mayor organización de los dispositivos electrónicos se adoptó por la medida de 80 x 80cm frontal y 80 x 30cm superior para la mayor maniobrabilidad y visualización en el módulo. Se realiza la perforación de la puerta del tablero primero con un taladro utilizando una broca metálica de 1/4" para colocar los sacabocados GREENLEE de 19/32" y 25/32", dejando así los diámetros para la colocación de los seccionadores, lámparas y el selector manual y remoto.

(Ver anexo 3.2)

Seguidamente se realiza la distribución de elementos en el doble fondo del tablero colocación del Riel Din el mismo que esta sujetado con remache 4-2 CRUDO = 1/8" x 1/4".

(Ver Anexo 3.3)

Se procede a colocar la Canaleta Ranurada en el doble fondo del tablero, la mencionada canaleta está sujeta con remache 4-2 CRUDO = 1/8 x 1/4 aquí se colocara los conductores de alimentación y control.

(Ver anexo 3.4)

**Colocación De Borneras.** El borne es un elemento que tiene un cuerpo de material plástico aislante que contiene o incluye un elemento metálico al cual se puede o pueden fijarse el o los conductores de cables. Las formas y materiales que lo forman son variados y obedecen a las innumerables aplicaciones que se hacen de este elemento. Las borneras utilizadas en el proyecto y que están empotradas a la Riel Din conectan el cable tipo TFF 18 AWG 600v.

(Ver anexo 3.5)

### **BREAKER SCHNEIDER ELECTRIC.**

Se hace el montaje y la conexión en los BREAKER SCHNEIDER ELECTRIC de 2 polos C30N 400v el mismo que tiene el ancho de paso 9mm el utilizado de 36mm el Breaker protege todos los dispositivos de sobre corrientes.

Resistencia en el equipo 3500Ω

Voltaje 127v

$$V = I \times R$$

$$I = \frac{R}{V}$$

$$I = \frac{3500\Omega}{127v}$$

$$I = 27.5A$$

Por la suma de las cargas y mediante el cálculo por ley de Ohm se calcula el consumo total de energía que es 27.5A por lo que se utiliza un BREAKER SCHNEIDER ELECTRIC de 30A.

(Ver Anexo 3.6)

### **PLC SIEMENS S7-1200**

Siguiendo en la elaboración colocamos el PLC SIEMENS S7-1200

El controlador compacto SIMATIC S7-1200 es el modelo modular y compacto para pequeños sistemas de automatización que requieran funciones simples o avanzadas para lógica, HMI o redes. Gracias a su diseño compacto, su bajo coste y sus potentes funciones, los sistemas de automatización S7-1200 son idóneos para controlar tareas sencillas. En el marco del compromiso SIMATIC para con la automatización plenamente integrada (TIA: Totally Integrated Automation), la familia de productos S7-1200 y la herramienta de programación STEP 7 Basic proporcionan la flexibilidad necesaria para cubrir las diferentes necesidades de automatización de cada caso.

Hemos decidido utilizar el PLC S7-1200 por disponibilidad en el mercado, por su bajo costo y a la cantidad de información que se encuentra para aprender su programación una vez colocado el PLC en el módulo se realizó el cableado a las entradas y salidas del PLC a lámparas, selectores entre otros.

(Ver anexo 3.7)

### **Entradas y Salidas Digitales Integradas.**

Entradas Digitales

Tipo: Sumidero/Fuente.

Tensión nominal: 24 VDC a 4 mA

Salidas Digitales

Type: Relé Rango de voltaje: 5 a 30 VDC o 5 a 250 VAC

Corriente (max.): 2.0 A

Tipo: Fuente Rango de voltaje: 20.4 a 28.8 VDC

Corriente (max.): 0.5 A

A continuación detallaremos las entradas digitales del dispositivo.

### **Entradas Digitales.**

Entradas Digitales. Las entradas digitales pueden ser conectadas como fuente o sumidero, en función de que la fuente que alimenta los interruptores tenga su borne positivo o negativo conectado al borne XM, donde X puede ser 1, 2, 3, 4, etc., dependiendo del tipo de CPU.

En las entradas de sumidero, el polo negativo de la fuente se conecta a XM y las entradas de fuente, el polo positivo de la fuente se conecta a XM. Los módulos de entrada digitales permiten conectar al autómatas captador de tipo todo o nada como finales de carrera pulsadores.

Los módulos de entrada digitales trabajan con señales de tensión, por ejemplo cuando por una vía llegan 24 voltios se interpreta como un "1" y cuando llegan cero voltios se interpreta como un "0"

El proceso de adquisición de la señal digital consta de varias etapas. (Protección contra sobretensiones; Filtrado; Puesta en forma de la onda; Aislamiento galvánico)

### **Entradas Digitales de PLC.**

10.0 INTERRUPTOR BARRA UNO.

- I0.1 INTERRUPTOR CARGA UNO BARRA UNO.
- I0.2 INTERRUPTOR CARGA UNO BARRA DOS.
- I0.3 INTERRUPTOR CARGA DOS BARRA UNO.
- I0.4 INTERRUPTOR CARGA DOS BARRA DOS.
- I0.5 INTERRUPTOR CARGA TRES BARRA UNO.
- I0.6 INTERRUPTOR CARGA TRES BARRA DOS.
- I0.7 INTERRUPTOR BARRA DOS.

(Ver anexo “I”)

**Módulo SIEMENS 223-1PL32-0XB0 De 16 Entradas Digitales.  
Entradas Digitales del Módulo de 16.**

- I1.0 DISYUNTOR.
- I1.1 LOCAL / REMOTO.
- I1.2 SPARE.
- I1.3 SPARE.
- I1.4 SPARE.
- I1.5 SPARE.
- I1.6 FEEDBACK INTERRUPTOR BARRA UNO.
- I1.7 FEEDBACK INTERRUPTOR BARRA DOS.
- I2.0 FEEDBACK INTERRUPTOR CARGA UNO BARRA UNO.
- I2.1 FEEDBACK INTERRUPTOR CARGA UNO BARRA DOS.
- I2.2 FEEDBACK INTERRUPTOR CARGA DOS BARRA UNO.
- I2.3 FEEDBACK INTERRUPTOR CARGA DOS BARRA DOS.
- I2.4 FEEDBACK INTERRUPTOR CARGA TRES BARRA UNO.
- I2.5 FEEDBACK INTERRUPTOR CARGA TRES BARRA DOS.
- I2.6 FEEDBACK DISYUNTOR.
- I2.7 SPARE

Se puede observar I1.2 SPARE, I1.3 SPARE, I1.4 SPARE, I1.5 SPARE, I2.7 SPARE que dejaremos como reserva para futuras aplicaciones.

(Ver anexo “I”)

### **Seguido De Esto Detallaremos Las Salidas Digitales Del PLC.**

Q0.0 RELÉ BARRA UNO.

Q0.1 RELÉ BARRA DOS.

Q0.2 RELÉ INTERRUPTOR CARGA UNO BARRA UNO.

Q0.3 RELÉ INTERRUPTOR CARGA UNO BARRA DOS.

Q0.4 RELÉ INTERRUPTOR CARGA DOS BARRA UNO.

Q0.5 RELÉ INTERRUPTOR CARGA DOS BARRA DOS.

(Ver anexo “I”)

### **Módulo SIEMENS 223-1PL32-0XB0 De 16 Salidas Digitales**

#### **Salidas Digitales del Módulo de 16.**

Q1.0 RELÉ INTERRUPTOR CARGA TRES BARRA UNO.

Q1.1 RELÉ INTERRUPTOR CARGA TRES BARRA DOS.

Q1.2 LÁMPARA VERDE INTERRUPTOR CARGA UNO BARRA UNO.

Q1.3 LÁMPARA ROJO INTERRUPTOR CARGA UNO BARRA UNO.

Q1.4 LÁMPARA VERDE INTERRUPTOR CARGA UNO BARRA DOS.

Q1.5 LÁMPARA ROJO INTERRUPTOR CARGA UNO BARRA DOS.

Q1.6 LÁMPARA VERDE INTERRUPTOR CARGA DOS BARRA UNO.

Q1.7 LÁMPARA ROJO INTERRUPTOR CARGA DOS BARRA UNO.

Q2.0 LÁMPARA VERDE INTERRUPTOR CARGA DOS BARRA DOS.

Q2.1 LÁMPARA ROJO INTERRUPTOR CARGA UNO BARRA DOS.

Q2.2 LÁMPARA VERDE INTERRUPTOR CARGA TRES BARRA UNO.

Q2.3 LÁMPARA ROJO INTERRUPTOR CARGA TRES BARRA UNO.

Q2.4 LÁMPARA VERDE INTERRUPTOR CARGA TRES BARRA DOS.

Q2.5 LÁMPARA ROJO INTERRUPTOR CARGA TRES BARRA DOS.

Q2.6 RELÉ DE LÁMPARAS LOCAL/REMOTO.

Q2.7 RELÉ LÁMPARAS DISYUNTOR.

(Ver anexo “I”)

Explicación el mencionado PLC cuenta con 8 entradas digitales y 6 salidas digitales las mismas que fueron utilizadas en su totalidad por lo que se acoplo un módulo SIEMENS 223-1PL32-0XB0 de 16 entradas y 16 salidas digitales explicadas anteriormente.

(Ver anexo 3.8)

### **Entradas Analógicas.**

Se acoplo un módulo SIEMENS de 8 entradas analógicas 231-4HF32-0XB0 que se detallas abajo, se utilizó este módulo por el número de entradas y por la facilidad de conseguir en el mercado.

Los módulos de salida analógica permiten que el valor de una variable numérica interna del autómata se convierta en tensión o intensidad.

(Ver anexo 3.9)

Lo que realiza es una conversión D/A, puesto que el autómata solo trabaja con señales digitales. Esta conversión se realiza con una precisión o resolución determinada (número de bits) y cada cierto intervalo de tiempo (periodo muestreo).

El proceso de adquisición de la señal analógica consta de varias etapas: (Filtrado; Conversion A/D; Memoria Interna)

Aquí mencionamos las entradas analógicas del módulo de 8 y su función en el proyecto.

IW112 VOLTAJE BARRA UNO.

IW114 VOLTAJE BARRA DOS.  
IW116 VOLTAJE CARGA UNO.  
IW118 VOLTAJE CARGA DOS.  
IW120 VOLTAJE BARRA TRES.  
IW122 TEMPERTURA DEL TRAF0 1.  
IW124 TEMPERTURA DEL TRAF0 2.  
IW126 SPARE.  
IW128 SPARE.  
IW130 SPARE.  
(Ver anexo “F”)

### **Acondicionadores DAT.**

El DAT transmisor 2.065 está diseñado para proporcionar en su salida una lineal izado  $4 \div 20$  mA señal proporcional de bucle de corriente con la característica de temperatura de la Sensor Pt100 conectado en su entrada.

El usuario puede programar el rango de entrada por el DIP-switch adecuado disponible después de abrir la puerta situado en el lateral del dispositivo.

La regulación de los valores de Cero y Rango es hecha por los potenciómetros de cero y span situados en la parte superior del dispositivo.

(Ver anexo 3.10)

### **Pt100.**

Un Pt100 es un sensor de temperatura. Consiste en un alambre de platino que a  $0^{\circ}\text{C}$  tiene 100 ohms y que al aumentar la temperatura aumenta su resistencia eléctrica. El incremento de la resistencia no es lineal pero si creciente y característico del platino de tal forma que mediante tablas es posible encontrar la temperatura exacta a la que corresponde.

(Ver anexo 3.11)

Este sensor de temperatura detecta el incremento de temperatura en el Tafo 1 y Tafo 2 enviando la señal y visualizándolo en la pantalla de labVIEW

### **Rectificadores Para Lectura De Voltajes.**

Tiene la capacidad de convertir corriente alterna en CC pulsante, transformando así una corriente bidireccional a una unidireccional. Al proceso de convertir AC en CC se le denomina rectificación y los diodos rectificadores son los componentes electrónicos empleados para realizar dicha conversión. Utilizamos rectificadores para lectura de la temperatura en el Transformador uno y dos.

Con los rectificadores KBPC2510 de onda completa que cambian de CC a CA se diseña un Puente de Wheatstone, que se utiliza para medir resistencias que no se conocen mediante el equilibrio de los brazos del puente. Estos están constituidos por cuatro resistencias que forman un circuito cerrado, siendo una de ellas la resistencia de baja medida.

(Ver anexo 3.12)

### **Transformadores De Potencia.**

Son los que se utilizan para subestaciones y transformación de energía en media y alta tensión. Se aplican en subestaciones, centrales de generación y usuarios de grandes potencia, en el proyecto se utilizó transformadores de las siguientes características.

GEEI 41x13

110/220v

60/50Hz

12v-0-12v

300mA

(Ver anexo 3.13)

**Fuente.**

En electrónica, una fuente de alimentación es un dispositivo que convierte la tensión alterna, en una o varias tensiones, prácticamente continuas, que alimentan los distintos circuitos del aparato electrónico al que se conecta.

En el proyecto utilizamos la fuente de alimentación phoenix contact 2866310 de 24v para alimentar los dispositivos y por el tamaño adecuado para el diseño del prototipo. (Ver anexo 3.14)

**Relay.**

Dispositivo electromagnético que, estimulado por una corriente eléctrica muy débil, abre o cierra un circuito en el cual se disipa una potencia mayor que en el circuito estimulador.

**RELAY RELECO SERIE IR-C C10-A10BX.**

Se utilizó el relay de marca Releco por el tamaño ya que se tenía espacio limitado en el tablero eléctrico y su costo es elevado.

(Ver anexo 3.15)

**RELAY CAMSCO MK2P-I.**

Se utilizó el mencionado dispositivo eléctrico por la disponibilidad en el mercado y por su bajo costo.

(Ver anexo 3.16)

**Router.**

Un Router es un dispositivo de interconexión de redes informáticas que permite asegurar el enrutamiento de paquetes entre redes o determinar la ruta que debe tomar el paquete de datos.

Se coloca en el Riel Din el Router que se encuentra ubicado en la parte inferior derecha del módulo enlaza al PLC y la computadora.

(Ver anexo 3.17)

### **Tomacorriente Para Riel Din.**

Se coloca el toma corriente en el Riel Din el mismo que es alimenta con 110v y energiza el Router D-Link.

(Ver anexo 3.18)

### **Ponchado De Terminales Tipo Puntera.**

Se coloca los terminales tipo puntera 18 AWG en los conductores pelando el recubrimiento del mismo 4mm seguidamente se poncha los terminales en el conductor de iguales características del terminal.

(Ver anexo 3.19).

### **Conexión Del Cable TFF 18 AWG.**

Es un conductor flexible de cobre con aislamiento individual de policloruro de vinilo retarda a la flama estos cables son utilizados en cableado interno de equipos.

TFF (Termoplastic Flexible Fixture Wire)

Una vez ponchado los terminales procedemos a conectar a lámparas y demás elementos en el interior de la caja eléctrica.

### **Información complementaria.**

- ✓ Max. Voltaje de Op.: 600v
- ✓ Temperatura de Op.: 60°C
- ✓ Conductor: Cordón De Cobre.
- ✓ Calibre: TFF 18 AWG.

$$V = I \times R$$

$$I = \frac{R}{V}$$

$$I = \frac{1500Watts}{127v}$$

$$I = 11.8A$$

Mediante el cálculo por ley de Ohm se calcula la conducción de amperaje máxima en el equipo obteniendo el resultado 11A dada esta descripción se utilizó el conductor TFF 18 AWG.

(Ver anexo 3.20)

### **Medición De Voltajes.**

Con el multímetro controlamos los valores de voltaje para asegurar que los voltajes de ingreso y salida de los diversos equipos sean los correctos para evitar daños en los mismos.

(Ver anexo 3.21)

### **Selector Manual Y Remoto.**

El selector de local a remoto da el cambio según la posición de la llave si se requiere trabajar en local posicionamos al lado izquierdo realizando las diversas operaciones en el tablero y si posicionamos el lado derecho que es el remoto el control se realizará en Lab-VIEW.

(Ver anexo 3.22)

### **Escritorio.**

Realizamos el montaje del gabinete metálico en el escritorio para asegurar las bases y dejar sujeto a la mesa para evitar caídas o danos de los dispositivos, las medidas de la

mesa son  $120 \times 53\text{cm}$  ocupando 80cm el tablero eléctrico y el resto del mismo para el cortapicos y la computadora portátil (laptop).

(Ver anexo 3.23)

### **Diseño Del Unifilar Y Colocación De Dispositivos En La Puerta Del Tablero.**

Se diseña el unifilar de la subestación de barra simple con transferencia en la puerta de la caja eléctrica diseño del seccionador uno y dos, colocación selector manual y lámparas.

(Ver anexo 3.24)

Diseño del disyuntor normal mente abierto para el cierre y la puesta en paralelo de las dos barras, colocación selector manual, lámparas y colocación de la cinta con el nombre para diferenciar en el diagrama.

(Ver anexo 3.25)

Se coloca la barra uno y dos siguiendo el diseño para la visualización en la maqueta a la vez que se detalla el nombre de cada una de las barras en este caso Barra 1 y Barra 2, se diseña también la carga de cada una de las barras el sentido de cada carga para la compensación en las dos.

(Ver anexo 3.26)

Diseño y empotramiento de los interruptores normalmente abierto para la activación de las cargas en las barras del unifilar de la subestación, colocación selector manual y lámparas, para cada una de las cargas.

Cuando se utilice la barra de transmisión se pueda compensar los niveles de energía en la barra de compensación y seguidamente el abrimiento del interruptor de la barra principal evitando cortes de energía.

(Ver anexo 3.27)

Colocación de las lámparas para la activación de cargas en la puerta del tablero eléctrico las mismas que están colocadas en la parte inferior del tablero y son de color azul.

(Ver anexo 3.28)

### **Diseño Del Programa De PLC En Tía Portal 12.**

Se realizó el diseño en este programa ya que viene incluido en la compra del PLC SIEMENS SIMATIC S7-1200 en este programa realizaremos todos los comandos del PLC.

### **Diseño del HMI.**

**Configuración del OPC SERVER,** Adquisición de datos del PLC, lectura de entradas y salidas digitales y análogas.

- CLICK DERECHO EN OPC SUBESTACION

(Ver anexo “A”)

- EN LA VENTANA QUE SE ABRE NOMBRAR LA VARIABLE CON CUALQUIER NOMBRE DESEADO.
- COLOCAR EN LA DIRECCION LA VARIABLE DEL PLC QUE SE QUIERE CONTROLAR Y SEA ENTRADAS EJEMPLO (I0.0); SALIDAS EJEMPLO (Q0.0); MARCAS EJEMPLO (M0.0), ENTRE OTRAS.

(Ver anexo “B”)

### **Lab-VIEW Versión 13.**

La utilización de este programa de simulación fue porque la Universidad Técnica de Cotopaxi maneja el mencionado programa y tiene la licencia para su uso.

### **Procedimiento para la Creación de Variables.**

- CLICK DERECHO SOBRE LIBRERÍA
- CLICK EN NEW
- CLIK EN VARIABLE

(Ver anexo “C”)

- NOMBRAR A LA VARIABLE COMO SEA QUE SE DESEE LLAMARLA

(Ver anexo “D”)

- BUSAR EN EL OPC LA VARIABLE INDICADA
- CLICK EN ACEPTAR

(Ver anexo “E”)

### **Creación de VI's (Son las Pantallas De LabVIEW).**

En estas pantallas se diseña el diagrama principal del control de la subestación eléctrica visualizando la barra principal, barra de transferencia, los seccionadores, el disyuntor, los interruptores para las cargas, las cargas que ofrece el sistema, la visualización de las ventanas de la simulación de voltaje y corriente.

(Ver anexo “F”)

También podemos encontrar en la parte derecha las ventanas de Sistema en el cual al abrir se desplaza una ventana indicando la conexión ETHERNET del PLC y la PC.

(Ver anexo “G”)

Podemos abrir la ventana del Transformador 1 y 2 en donde podemos monitorear el voltaje, la corriente, la potencia de salida y la señal de la PT100 con la simulación de temperatura de cada Tafo.

(Ver anexo “H”)

Al ingresar en la ventana con el nombre PLC se visualiza todas las entradas y salidas tanto digitales como analógicas del PLC y los módulos.

(Ver anexo “I”)

En el icono alarmas se despliega la pantalla para la observación de las alarmas que se activan en el uso del módulo.

(Ver anexo “J”)

Con la creación del proyecto en Lab-View versión 13, se hace el enlace de comunicación con OPC Server la creación de variables en Lab-View, aquí se detalla el sistema Scada, en el grafico podemos observar la comunicación HMI y el modulo didáctico de subestación con doble barra en red.

(Ver anexo “K”)

El módulo ha sido creado de forma tal que permita reproducir las maniobras típicas de corte y seccionamiento que se realizan en una subestación mediante pulsadores dispuestos en la maqueta. En la maqueta se representa una subestación con esquema de doble barra. La subestación cuenta con un HMI en el cual se genera información respecto a la operación realizada en la posición respectiva y de los errores en las secuencias de corte y seccionamiento durante los procedimientos.

#### **Desconexión de la línea:**

En algunas maniobras tales como alivio de carga, se desea desconectar ciertos circuitos de las barras. En este caso, la energía ya está fluyendo por la línea, por lo que la desconexión merece especial cuidado.

#### **Activación del By-pass de línea y desenergización del disyuntor:**

El mantenimiento a un disyuntor de línea puede ser necesario aun cuando una línea de transmisión esta energizada. La activación del by-pass permitirá sacar de operaciones

momentáneamente al disyuntor de línea, y será capaz de sustituir las protecciones que éste posee.

Al realizar esta maniobra, el esquema de la subestación se comportará como Barra Principal y Barra de transferencia.

#### **Desconexión del By-pass:**

Esta maniobra posibilitará que se restituya el esquema de doble barra en la subestación.

#### **Energización de una de las barras desde un transformador:**

Para que las líneas de transmisión puedan ser energizadas desde la subestación local, deben ser conectadas a las barras energizadas. Una de las maneras de energizar las barras de una subestación, consiste en hacerlo desde el transformador, la otra, es hacerlo desde otra subestación mediante las líneas de transmisión.

#### **Energización de una de las barras:**

Con esta maniobra se consigue energizar una de las barras de la subestación por medio de una de las líneas de transmisión, que es energizada por su otro extremo desde otra subestación.

#### **Energización de una de las barras mediante acoplamiento:**

Una vez que una de las barras se encuentra energizada, esta maniobra permite la energización de la otra barra, que es el estado típico de operación en las subestaciones de doble barra.

## **Normas de Seguridad en la construcción.**

- ✓ Al momento de trabajar el equipo se debe cerciorar que el mismo no se encuentre energizado para evitar riesgos de electrocución.
- ✓ Utilizar el EPP (Equipo de Protección Personal) adecuado en el ensamblaje del módulo siempre utilizar guantes para evitar lesiones en la piel al momento de realizar trabajos, cuando se realice perforaciones tener protección visual en este caso gafas para evitar que las limallas penetren los ojos, no realizar posiciones incómodas ya que producen daños ergonómicos que afectaran a futuro.
- ✓ Cuando se requiera hacer pruebas cerrar la puerta hermética del módulo para evitar contacto eléctrico o lesiones en la piel, al mismo tiempo el riesgo de que se genere un arco eléctrico y dañe nuestra vista, es importante mantener serrado el gabinete ya que los equipos en su interior son de precisión y por ende sensibles y el ingreso de polvo y otros dañan los componentes.
- ✓ Guardar el terminal RJ45 para evitar problemas en la comunicación, ya que de la manipulación del mismo nos garantizara la buena comunicación del PLC y la PC en el desarrollo de la simulación con LabVIEW.

## **3.7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **3.7.1. Conclusiones**

- En una subestación con barra principal y barra de transferencia se puede independizar el suministro de cargas, de manera que cada carga, se puede alimentar de cada juego de barras.
- Una ventaja de la subestación con barra principal y barra de transferencia es que cada juego de barras, se puede tomar por separado para mantenimiento y limpieza de equipos, sin embargo, los interruptores, no están disponibles para mantenimiento sin antes desconecten las barras correspondientes.
- La subestación con barra principal y barra de transferencia facilita equilibrar cargas sin que se produzca un corte de energía.
- Con el diseño del módulo didáctico podemos simular la operación de una Subestación Eléctrica sin el riesgo de operar altos voltajes.

### **3.7.2. Recomendaciones**

- Al personal, dar el uso adecuado del módulo de subestación de barra simple con transferencia que estará a disposición en el laboratorio de electromecánica.
- A los usuarios, para el mantenimiento de cualquier dispositivo del módulo de subestación eléctrica, deben utilizar equipos de protección personal, bajar los Breakers y desconectar el módulo para evitar riesgos de electrocución.
- Mantener cerrada la puerta hermética para evitar danos internos.

### 3.8 GLOSARIO DE TÉRMINOS Y SIGLAS

**Circuito.-** Un circuito es una red eléctrica (interconexión de dos o más componentes, tales como resistencias, inductores, condensadores, fuentes, interruptores y semiconductores) que contiene al menos una trayectoria cerrada. Los circuitos que contienen solo fuentes, componentes lineales (resistores, condensadores, inductores) y elementos de distribución lineales.

**Ferromagnético.-** El ferromagnetismo es un fenómeno físico en el que se produce ordenamiento magnético de todos los momentos magnéticos de una muestra, en la misma dirección y sentido. Un material ferromagnético es aquel que puede presentar ferromagnetismo.

La interacción ferromagnética es la interacción magnética que hace que los momentos magnéticos tiendan a disponerse en la misma dirección y sentido. Ha de extenderse por todo un sólido para alcanzar el ferromagnetismo.

**HMI.-** La sigla HMI es la abreviación en inglés de Interfaz Hombre Maquina. Los sistemas HMI podemos pensarlos como una “ventana” de un proceso. Esta ventana puede estar en dispositivos especiales como paneles de operador o en una computadora.

**Interruptor.-** Un interruptor eléctrico es en su acepción más básica un dispositivo que permite desviar o interrumpir el curso de una corriente eléctrica.

En el mundo moderno sus tipos y aplicaciones son innumerables, van desde un simple interruptor que apaga o enciende una bombilla, hasta un complicado selector de transferencia automático de múltiples capas, controlado por computadora.

**Seccionador.-** Aparato mecánico con dos posiciones alternativas que reproducen un interruptor cerrado, y un interruptor abierto con una separación entre contactos que

satisface unas condiciones especificadas, entre las que se encuentra una separación física mínima de las dos partes de la red entre las que se intercala.

Se diferencia del interruptor en que el fin de un seccionador no es interrumpir la corriente, sino establecer en su posición de abierto una separación determinada entre dos partes de la red. De hecho, muchos seccionadores solo pueden pasar de la posición de cerrado a abierto si la intensidad por ellos es cero o de muy poco valor.

**Subestación.-** Una subestación eléctrica es una instalación destinada a modificar y establecer los niveles de tensión de una infraestructura eléctrica, para facilitar el transporte y distribución de la energía eléctrica. Su equipo principal es el transformador. Normalmente está dividida en secciones, por lo general 3 principales, y las demás son derivadas.

**Tensión.-** La tensión eléctrica o diferencia de potencial (también denominada voltaje<sup>1</sup> <sup>2</sup>) es una magnitud física que cuantifica la diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos. También se puede definir como el trabajo por unidad de carga ejercido por el campo eléctrico sobre una partícula cargada para moverla entre dos posiciones determinadas. Se puede medir con un voltímetro.<sup>3</sup> Su unidad de medida es el voltio.

**Transformador.-** Se denomina transformador a un dispositivo eléctrico que permite aumentar o disminuir la tensión en un circuito eléctrico de corriente alterna, manteniendo la potencia. La potencia que ingresa al equipo, en el caso de un transformador ideal (esto es, sin pérdidas), es igual a la que se obtiene a la salida. Las máquinas reales presentan un pequeño porcentaje de pérdidas, dependiendo de su diseño y tamaño, entre otros factores.

## **BIBLIOGRAFÍA.**

AGUILERA, Antonio. 2011: p. 24. *Gestión del mantenimiento de instalaciones de energía eólica*. España : Editorial Vértice, 2011: p. 24.

ARKINS, Peter y De Paula, Julio. 2008. *Química Física*. Buenos Aires : Panamericana, 2008

BLASCO, Begoña, y otros. 2008, p. 124. *Fundamentos Físicos de la Edificación I*. Madrid : Delta, 2008, p. 124

CASTELLAN, Gilbert. 1987, p. 102. *Físico-química*. México : Adisson Wesley Iberoamericana S.A., 1987, p. 102

ENRIQUEZ, Gilberto. 2005: p. 129. *Elementos de diseño de subestaciones eléctricas*. México D.F. : Limusa, S.A. de C.V., 2005: p. 129.

ESCUADERO, Cristina y Fernández, Pablo. 2013, p. 120 - 121. *Máquinas y equipos térmicos*. Madrid : Paraninfo S.A., 2013, p. 120 - 121

ESCUADERO, José. 2003, p. 313 - 314. *Manual de energía eólica*. Madrid : Ediciones Mundi-Prensa, 2003, p. 313 - 314.

GALLARDO, Sergio. 2013: p. 211. *Técnicas y procesos en instalaciones domóticas y automáticas*. España : Ediciones Paraninfo Sa, 2013: p. 211.

GIEANCOLI, Douglas. 2006, p. 357. *Física. Principios con aplicaciones*. México : Pearson Educación, 2006, p. 357

GONZALEZ, Juan y González, Joaquín. 2012: p. 32. *UF0998: Mantenimiento de ventros de transformación*. España : Innovación y cualificación S.L., 2012: p. 32.

GONZALEZ, Juan, Pareja, Miguel y Terol, Sebastián. 2013. *Instalación de distribución*. España : Editorial Editex S.A., 2013.

HIDALGO, José. 2010, p. 718. *Tratado de enología I*. Madrid : Mundi-Prensa, 2010, p. 718

HILL, John y Kolh, Doris. 1999, p. 160. *Química para el nuevo milenio*. México : Prentice Hall, 1999, p. 160

JUTGLAR, Luis y Miranda , Ángel. 2008, p. 29. *Técnicas de refrigeración*. Barcelona - España : Marcombo S.A., 2008, p. 29. ISBN: 978-84-267-1644-6.

KURT, Role. 2006, p. 57. *Termodinámica*. México : Pearson Education, 2006, p. 57.

LAPUERTA, Magin y Armas, Octavio. 2012, p. 33. *Frío industrial y aire acondicionado*. Cuenca - España : Universidad de Castilla - La Mancha, 2012, p. 33.

MOLINA, José y Manuel, Jiménez. 2010: p. 198. *Programación gráfica para ingenieros*. España : Ediciones Técnicas Marcombo, 2010: p. 198.

MORÁN, Michael y Howard, Shapiro. 2004, p. 516 . *Termodinámica Técnica*. Barcelona : Reverté S.A., 2004, p. 516

MOTT, Robert. 1996, p. 59. *Mecánica de fluidos aplicada*. México : Prentice Hall, 1996, p. 59.

PARDO, José Luis. 2012: p. 67. *UF0461: Montaje y puesta en marcha de sistemas robóticos y sistemas de visión en bienes de equipo y máquinas industriales*. España : Innovación y cualificación S.L., 2012: p. 67.

PÉREZ, Ángel. 2013: p. 9. *Sistemas de control y protección en subestaciones eléctricas*. Sevilla : Universidad de Sevilla, 2013: p. 9.

PÉREZ, Pedro Avelino. 2001: p. 21. *Transformadores de distribución. Teoría, cálculo, construcción y pruebas*. México D.F. : Reverté Ediciones S.A. de C.V., 2001: p. 21.

RODRÍGUEZ, Aquilino. 2007: p. 134. *Sistemas SCADA*. España : Ediciones Técnicas Marcombo, 2007: p. 134.

SABUGAL, Santiago y Gómez, Florentino. 2006: p. 95. *Centrales eléctricas de ciclo combinado. Teoría y proyecto*. España : Ediciones Díaz de Santos, 2006: p. 95.

SENNER, Adolf. 2004: p. 11. *Principios de electrotecnia*. Barcelona : Editorial Reverté, S.A., 2004: p. 11.

TRASHORRAS, Jesús. 2015: p. 2. *Subestaciones eléctricas*. España : Ediciones Paraninfo S.A., 2015: p. 2.

# **ANEXOS**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE  
COTOPAXI  
CARRERA DE INGENIERÍA  
ELECTROMECAÁNICA**

1-1

**ENCUESTA**

Estimado Encuestado (a):

La presente tiene por objeto solicitarle muy cordialmente se sirva responder de la manera más honesta el siguiente cuestionario, orientado hacia la preparación de información sobre el tema de tesis, previo a la obtención del título de Ingeniero Electromecánica.

Por su gentil atención y colaboración, me suscribo agradecido.

El autor.

**ITEMS**

**1. ¿Usted como estudiante de la carrera de Ingeniería Electromecánica pone en práctica los conocimientos teóricos impartidos en la asignatura Subestaciones y Centrales Eléctricas?**

Si ( )

No ( )

No responde ( )

**2. ¿Cuenta el laboratorio de Electromecánica con un módulo de subestación?**

Si ( )

No ( )

No responde ( )

**3. ¿Considera usted necesario la creación de un módulo de subestación eléctrica en el laboratorio de electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi?**

Si ( )

No ( )

No responde ( )

**4. ¿Cree usted que los docentes deben de motivar a sus estudiantes a la elaboración de módulos para su constante capacitación y práctica?**

Si ( )

No ( )

No responde ( )

**Fuente:** Encuesta a Estudiantes de Ingeniería Electromecánica.





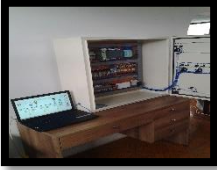








**Elaborado por:** Pablo Jiménez Espinosa



	<p style="text-align: center;">FOTOGRAFÍAS DE LA CONSTRUCCIÓN DEL MÓDULO DIDÁCTICO.</p>		<p style="text-align: center;">2-1</p>
	<p>Fig. 3.1 Montaje de la Caja en la Mesa.</p>		<p>Fig. 3.8 Se acoplo un módulo SIEMENS 223-1PL32-0XB0 de 16 in y 16 out.</p>
	<p>Fig. 3.2 Perforación en la Puerta del Tablero.</p>		<p>Fig. 3.9 Se acoplo un módulo SIEMENS de 8 entradas analógicas 231- 4HF32-0XB0</p>
	<p>Fig. 3.3 Colocación de la Riel Din en el Tablero Eléctrico.</p>		<p>Fig. 3.10 El DAT transmisor 2.065</p>
	<p>Fig. 3.4 Colocación de la Canaleta Ranurada en el Tablero Eléctrico.</p>		<p>Fig. 3.11 Colocación de la Pt100.</p>
	<p>Fig. 3.5 Colocación de las borneras.</p>		<p>Fig. 3.12 Rectificador KBPC2510 Puente de Wheatstone.</p>
	<p>Fig. 3.6 Montaje y conexión de los BREAKER SCHNEIDER ELECTRIC.</p>		<p>Fig. 3.13 Colocación de transformadores.</p>

	<p>Fig. 3.7 PLC SIEMENS S7-1200.</p>		<p>Fig. 3.14 Conexión de la fuente.</p>
---	--	--	---

Fuente: Fotografías de la Construcción del Módulo.


Elaborado por: Pablo Jiménez Espinosa

	<p>FOTOGRAFÍAS DE LA CONSTRUCCIÓN DEL MÓDULO DIDÁCTICO.</p>		<p>2-2</p>
	<p>Fig. 3.15 RELAY RELECO SERIE IR-C C10- A10BX.</p>		<p>Fig. 3.22 Selector Manual Y Remoto.</p>
	<p>Fig. 3.16 RELAY CAMSCO MK2P-I.</p>		<p>Fig. 3.23 Montaje de la caja en el escritorio.</p>
	<p>Fig. 3.17 Router.</p>		<p>Fig. 3.24 Diseño y montaje seccionador barra 1-2</p>
	<p>Fig. 3.18 Tomacorriente para Riel Din.</p>		<p>Fig. 3.25 Disyuntor.</p>
	<p>Fig. 3.19 Ponchado de terminales tipo puntera.</p>		<p>Fig. 3.26 Diseño de barra 1 y 2.</p>
	<p>Fig. 3.20 Conexión del cable 18AWG a las lámparas.</p>		<p>Fig. 3.27 Colocación de interruptores para cargas.</p>

	<p>Fig. 3.21 Medición de voltajes.</p>		<p>Fig. 3.28 Lámpara de Cargas.</p>
---	--	--	---

Fuente: Fotografías de la Construcción del Módulo.

Elaborado por: Pablo Jiménez Espinosa

	<p><b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA</b></p>	<p>3-1</p>
<p><b>MANUAL DE USUARIO</b></p>		
<p><b>MODULO DIDÁCTICO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA CON HMI</b></p>		
<p>El modulo didáctico de subestación simula a una subestación con barra principal y barra de transferencia en donde las distintas maniobras se controlan de dos maneras las mismas que son: local y remota.</p>		
<p><b>Activación General Del Módulo Didáctico De Subestación Eléctrica Con HMI En Local O Remoto:</b></p>		
<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Conecte el equipo a un tomacorriente de 110Vac. (Fig. 1.1)</li> <li>2) Verificar que en el módulo físico estén activados los breakers de 1 y 2. (Fig. 1.2)</li> <li>3) Revise que todo el sistema este encendido o activado. (Fig. 1.3)</li> </ol>		
<p><b>Modo Remoto HMI-LabVIEW:</b></p>		
<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Cumplir los 3 pasos generales.</li> <li>2) Active el selector de llave en modo remoto. (Fig. 2.1)</li> </ol>		

- 3) Realizar la conexión Ethernet revise la comunicación entre PC y PLC conecte el RJ-45 en la PC. (Fig. 2.2)
- 4) Encienda la PC y abra el icono subestación Eléctrica UTC del Programa LabVIEW que se visualiza en escritorio. (Fig. 2.3)
- 5) Despliegue de la pantalla de monitoreo. (Fig. 2.4)
- 6) Observe que el indicador Remoto este de color verde claro en la pantalla VI's LabVIEW. Parte inferior derecha de la ventana. (Fig. 2.5)
- 7) Verifique que no se encuentren activados los selectores, seccionadores y el disyuntor en el módulo físico y en la ventana VI's en el módulo observamos que los selectores manuales estén en sentido a la lámpara verde. (Fig. 2.6)
- 8) Verifique que no exista alarmas. (Fig. 2.7)
- 9) Seguido los pasos estamos listos para realizar las prácticas en el modo remoto monitoreado por el HMI.

#### **Modo Local o Manual:**

- 1) Cumplir los 3 pasos generales.
- 2) Active el selector de llave en modo local. (Fig 3.1)
- 3) Verifique que no se encuentren activados los selectores, seccionadores y el disyuntor en el módulo físico, en el módulo observamos que los selectores manuales estén en sentido a la lámpara verde. (Fig 3.2)
- 4) Si todos los puntos anteriores están correctamente estamos listos para practicar.

### **SOLUCIÓN DE PROBLEMAS**

A continuación encontrará algunos de los problemas más comunes que podrían presentarse, y sugerencias sobre cómo resolverlos.

#### **A. El modulo no enciende.**

- 1) Verifique que el cable de corriente esté conectado correctamente.

- 2) Revise el estado de los breakers de la unidad. Para evitar una descarga eléctrica, desconecte antes la unidad.
- 3) El PLC podría haber sufrido un sobrecalentamiento, activando la protección térmica.

**B. El modulo no comunica con el HMI.**

- 1) Asegúrese de que el cable de comunicación esté conectado y en buen estado.
- 2) Asegúrese de que los protocolos de comunicación son los adecuados.
- 3) Pruebe utilizar otro cable de comunicación.

**C. Presencia de alarmas.**

- 1) Identifique la alarma que se muestra en el HMI.
- 2) Revise las entradas y salidas del PLC (ver Anexos).
- 3) Consulte con un técnico de confianza.

**D. Normas de seguridad.**



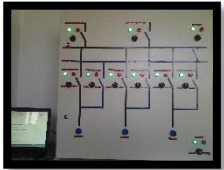

- ✓ Al momento de trabajar el equipo se debe cerciorar que el mismo no se encuentre energizado para evitar riesgos de electrocución.
- ✓ Utilizar el EPP (Equipo de Protección Personal) adecuado en el ensamblaje del módulo siempre utilizar guantes para evitar lesiones en la piel al momento de realizar trabajos, cuando se realice perforaciones tener protección visual en este caso gafas para evitar que las limallas penetren los ojos, no realizar posiciones incómodas ya que producen daños ergonómicos que afectaran a futuro.
- ✓ Cuando se requiera hacer pruebas cerrar la puerta hermética del módulo para evitar contacto eléctrico o lesiones en la piel, al mismo tiempo el riesgo de que se genere un arco eléctrico y dañe nuestra vista, es importante mantener

serrado el gabinete ya que los equipos en su interior son de precisión y por ende sensibles y el ingreso de polvo y otros dañan los componentes.

- ✓ Guardar el terminal RJ45 para evitar problemas en la comunicación, ya que de la manipulación del mismo nos garantizara la buena comunicación del PLC y la PC en el desarrollo de la simulación con LabVIEW.

**Fuente:** Fotografías de la Construcción del Módulo.

**Elaborado por:** Pablo Jiménez Espinosa

	<p>FOTOGRAFÍAS ACTIVACIÓN GENERAL DEL MÓDULO DIDÁCTICO.</p>		<p>3-2</p>
	<p>Fig. 1.1</p>		<p>Fig. 1.3</p>
	<p>Fig. 1.2</p>		



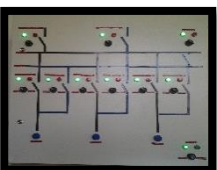
**Fuente:** Fotografías Activación General del Módulo.

**Elaborado por:** Pablo Jiménez Espinosa

	<p>FOTOGRAFÍAS MODO REMOTO HMI-LABVIEW.</p>		<p>3-3</p>
	<p>Fig. 2.1</p>		<p>Fig. 2.5</p>
	<p>Fig. 2.2</p>		<p>Fig. 2.6</p>
	<p>Fig. 2.3</p>		<p>Fig. 2.7</p>
	<p>Fig. 2.4</p>		

Fuente: Fotografías Modo Remoto HMI LabVIEW.

Elaborado por: Pablo Jiménez Espinosa

	<p>FOTOGRAFÍAS MODO LOCAL O MANUAL.</p>		<p>3-4</p>
	<p>Fig. 3.1</p>		<p>Fig. 3.2</p>

Fuente: Fotografías Modo Remoto HMI LabVIEW.

Elaborado por: Pablo Jiménez Espinosa



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE  
COTOPAXI  
CARRERA DE INGENIERÍA  
ELECTROMECAÁNICA**

4-1

**Práctica #1**

**Energización de la barra #1 y activación de cargas.**

**Objetivo general.**

- ✓ Activar el transformador #1 en LabVIEW para la simulación de generación y la energización de la barra # 1.

**Objetivos Específicos.**

- ✓ Visualizar las ventanas de valores de voltaje y corriente en la pantalla de subestación eléctrica OVER VIEW.
- ✓ Realizar el cierre en el interruptor NO para la demostrar el consumo de la carga #1 alimentada de la barra 1.

**Procedimiento:**

**Activación General Del Módulo Didáctico De Subestación Eléctrica Con HMI**

**En Local O Remoto:**

- 1) Conecte el equipo a un tomacorriente de 110Vac. (Fig. 1.1)
- 2) Verificar que en el módulo físico estén activados los breakers de 1 y 2. (Fig. 1.2)
- 3) Revise que todo el sistema este encendido o activado. (Fig. 1.3)

**Modo Remoto HMI-LabVIEW:**

- 1) Cumplir los 3 pasos generales.

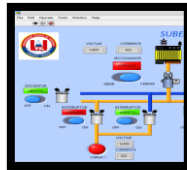
- 2) Active el selector de llave en modo remoto. (Fig. 2.1)
- 3) Realizar la conexión Ethernet revise la comunicación entre PC y PLC conecte el RJ-45 en la PC. (Fig. 2.2)
- 4) Encienda la PC y abra el icono subestación Eléctrica UTC del Programa LabVIEW que se visualiza en escritorio. (Fig. 2.3)
- 5) Despliegue de la pantalla de monitoreo. (Fig. 2.4)
- 6) Observe que el indicador Remoto este de color verde claro en la pantalla VI's LabVIEW. Parte inferior derecha de la ventana. (Fig. 2.5)
- 7) Verifique que no se encuentren activados los selectores, seccionadores y el disyuntor en el módulo físico y en la ventana VI's en el módulo observamos que los selectores manuales estén en sentido a la lámpara verde. (Fig. 2.6)
- 8) Verifique que no exista alarmas. (Fig. 2.7)
- 9) Seguido los pasos estamos listos para realizar las prácticas en el modo remoto monitoreado por el HMI.
- 10) En la pantalla VI's accionamos el seccionador del transformador #1 que alimentara la barra 1.



- 11) Observamos la activación automática en el módulo.



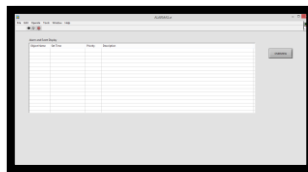
- 12) Regresamos a la pantalla VI's y cerramos el interruptor 1 para la carga 1.



13) Observamos el modulo.



14) Visualizamos la ventana de alarmas para confirmar que no existan anomalías.



15) Podemos ingresar a la ventana del Tafo 1 para el control y monitoreo del mismo aquí podemos observar el voltaje de salida que marca 11.300kv, la corriente de salida 600A y la potencia de 15 Watts.




#### **D. Normas de seguridad.**

- ✓ Al momento de trabajar el equipo se debe cerciorar que el mismo no se encuentre energizado para evitar riesgos de electrocución en una subestación a escala real presenta valores en media tensión, 13.2kv.
- ✓ Utilizar el EPP (Equipo de Protección Personal) adecuado en las prácticas de laboratorio. En una subestación real por los valores indicados de voltaje se requiere el uso del (EPP) con características de manipulación de equipos.

- ✓ Cuando se requiera hacer pruebas cerrar la puerta hermética del módulo para evitar contacto eléctrico o lesiones en la piel, al mismo tiempo el riesgo de que se genere un arco eléctrico y dañe nuestra vista, es importante mantener serrado el gabinete ya que los equipos en su interior son de precisión y por ende sensibles y el ingreso de polvo y otros dañan los componentes.

**Fuente:** Practica #1.

**Elaborado por:** Pablo Jiménez Espinosa

	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA</b>	4-2
<b>Práctica #2</b>		
<b>Energización de la barra #1 y activación de Barra de transferencia cierre del disyuntor y puesta en paralelo de las mismas.</b>		
<p><b>Objetivo general.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Observar el consumo de energía en la barra 1 para la colocación en paralelo de la barra de transferencia.</li> </ul> <p><b>Objetivos Específicos.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Visualizar las ventanas de valores de voltaje y corriente en la pantalla de subestación eléctrica OVER VIEW y la activación de alarmas.</li> <li>✓ Realizar el cierre en el disyuntor para la compensación de corriente en las cargas.</li> </ul> <p><b>Procedimiento:</b></p>		

## **Activación General Del Módulo Didáctico De Subestación Eléctrica Con HMI**

### **En Local O Remoto:**

- 1) Conecte el equipo a un tomacorriente de 110Vac. (Fig. 1.1)
- 2) Verificar que en el módulo físico estén activados los breakers de 1 y 2. (Fig. 1.2)
- 3) Revise que todo el sistema este encendido o activado. (Fig. 1.3)

### **Modo Remoto HMI-LabVIEW:**

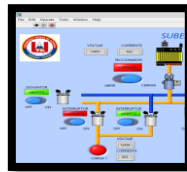
- 1) Cumplir los 3 pasos generales.
- 2) Active el selector de llave en modo remoto. (Fig. 2.1)
- 3) Realizar la conexión Ethernet revise la comunicación entre PC y PLC conecte el RJ-45 en la PC. (Fig. 2.2)
- 4) Encienda la PC y abra el icono subestación Eléctrica UTC del Programa LabVIEW que se visualiza en escritorio. (Fig. 2.3)
- 5) Despliegue de la pantalla de monitoreo. (Fig. 2.4)
- 6) Observe que el indicador Remoto este de color verde claro en la pantalla VI's LabVIEW. Parte inferior derecha de la ventana. (Fig. 2.5)
- 7) Verifique que no se encuentren activados los selectores, seccionadores y el disyuntor en el módulo físico y en la ventana VI's en el módulo observamos que los selectores manuales estén en sentido a la lámpara verde. (Fig. 2.6)
- 8) Verifique que no exista alarmas. (Fig. 2.7)
- 9) Seguido los pasos estamos listos para realizar las prácticas en el modo remoto monitoreado por el HMI.
- 10) En la pantalla VI's accionamos el seccionador del transformador #1 que alimentara la barra 1.



11) Observamos la activación automática en el módulo.



12) Regresamos a la pantalla VI's y cerramos el interruptor 1 para la carga 1.



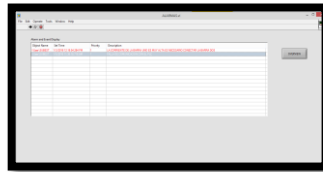
13) Observamos el modulo.



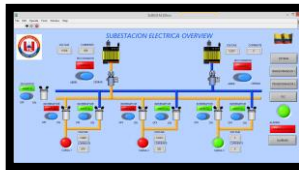
14) Realizamos la activación de la carga 2 alimentada por la barra 1.



15) Visualizamos la ventana de alarmas observando que da una alarma que pide conectar la Barra 2.



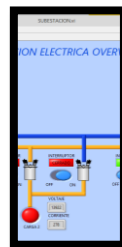
16) Activamos el seccionador del Tafo 2.



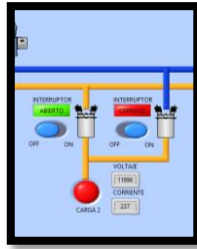
17) Seccionamos el disyuntor para poner en paralelo las cargas.



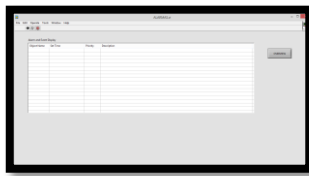
18) Activamos el interruptor de la carga 2 en la barra 2.



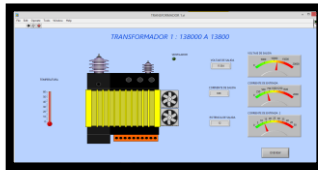
19) Cerramos el interruptor de la carga 2 barra 1 se realiza esta maniobra para evitar el corte en la carga dos ya que simulando una ciudad esta quedaría sin energía y para evitar esto se realiza este proceso.



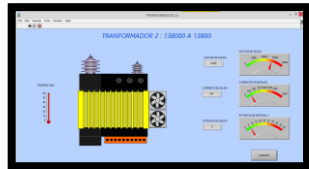
20) Visualizamos la ventana de alarmas y notamos que la alarma ha sido desactivada.



21) Podemos ingresar a la ventana del Tafo 1 para el control y monitoreo del mismo aquí podemos observar el voltaje de salida que marca 11.300kv, la corriente de salida 600A y la potencia de 15 Watts y la temperatura del Tafo 1.



22) Tafo 2 para el control y monitoreo del mismo aquí podemos observar el voltaje de salida que marca 11.300kv, la corriente de salida 220A y la potencia de 6 Watts y la temperatura del Tafo 2.



23) Podemos visualizar la pantalla de entradas, salida digital y analógica, también el valor de la temperatura de cada Tafo.



#### **D. Normas de seguridad.**

- ✓ Al momento de trabajar el equipo se debe cerciorar que el mismo no se encuentre energizado para evitar riesgos de electrocución en una subestación a escala real presenta valores en media tensión, 13.2kv.
- ✓ Utilizar el EPP (Equipo de Protección Personal) adecuado en las prácticas de laboratorio. En una subestación real por los valores indicados de voltaje se requiere el uso del (EPP) con características de manipulación de equipos.
- ✓ En una Subestación Eléctrica real se debe mantener un adecuado sistema de enfriamiento para los transformadores y demás equipos.

**Fuente:** Practica #2.

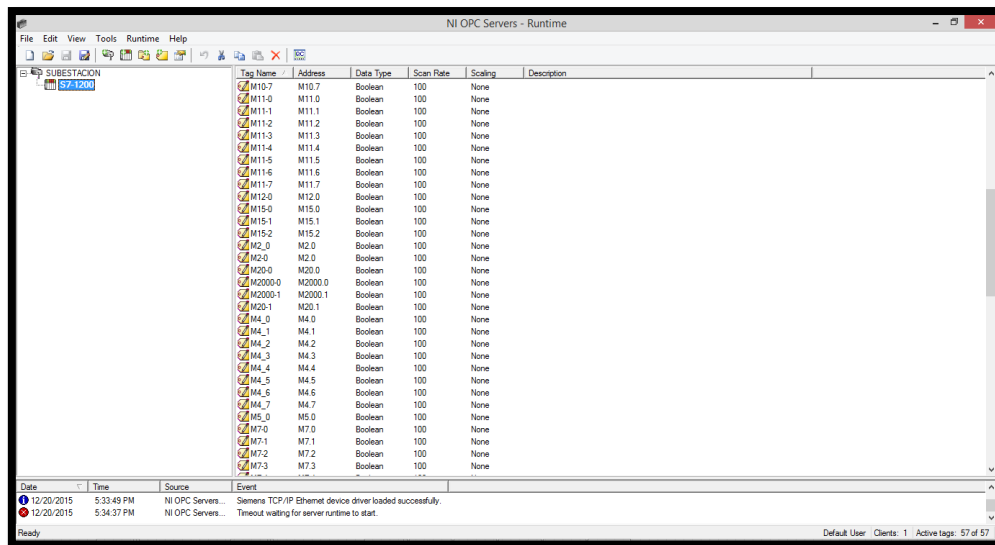
**Elaborado por:** Pablo Jiménez Espinosa



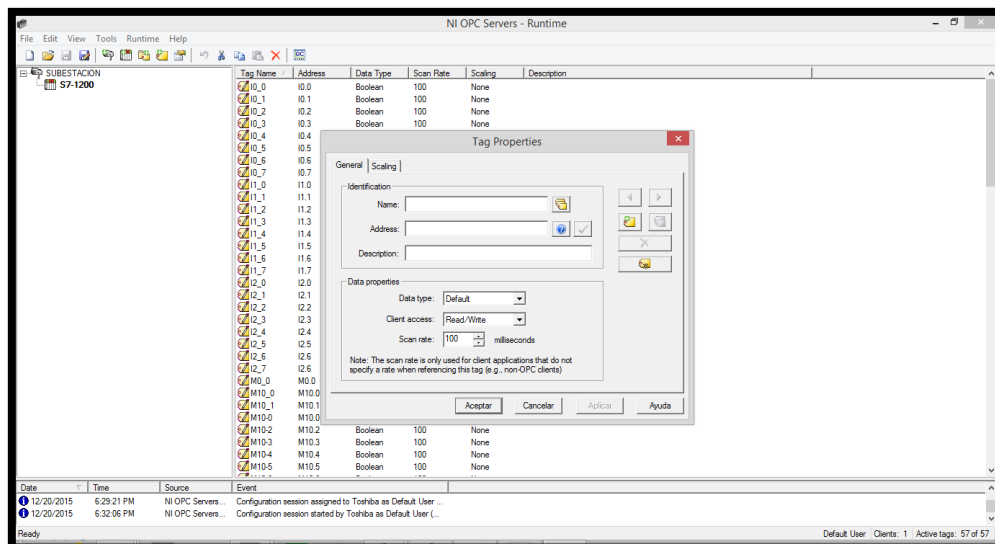
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE  
COTOPAXI  
CARRERA DE INGENIERÍA  
ELECTROMECAÁNICA

5-1

Anexo "A"



Anexo "B"



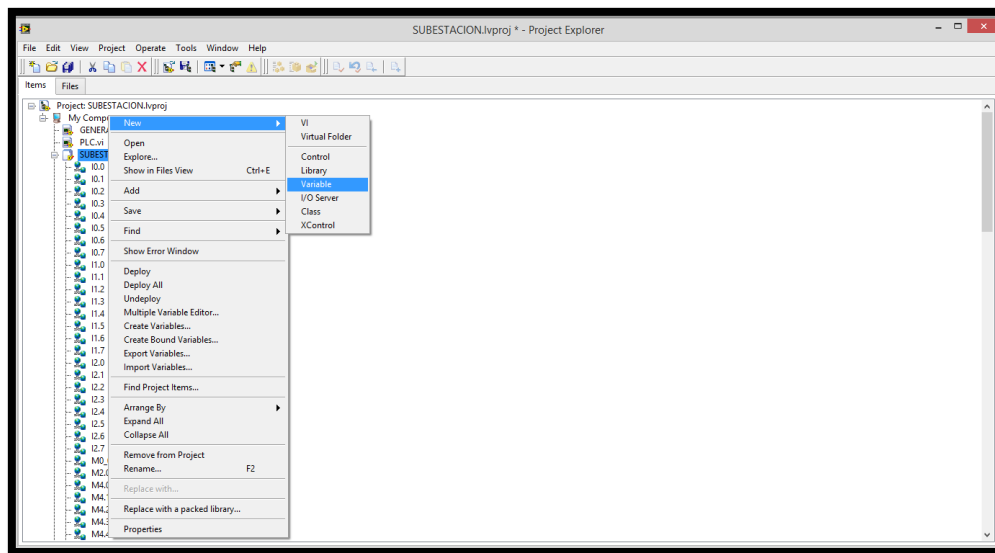
Fuente: Configuración del OPC.  
Elaborado por: Pablo Jiménez Espinosa



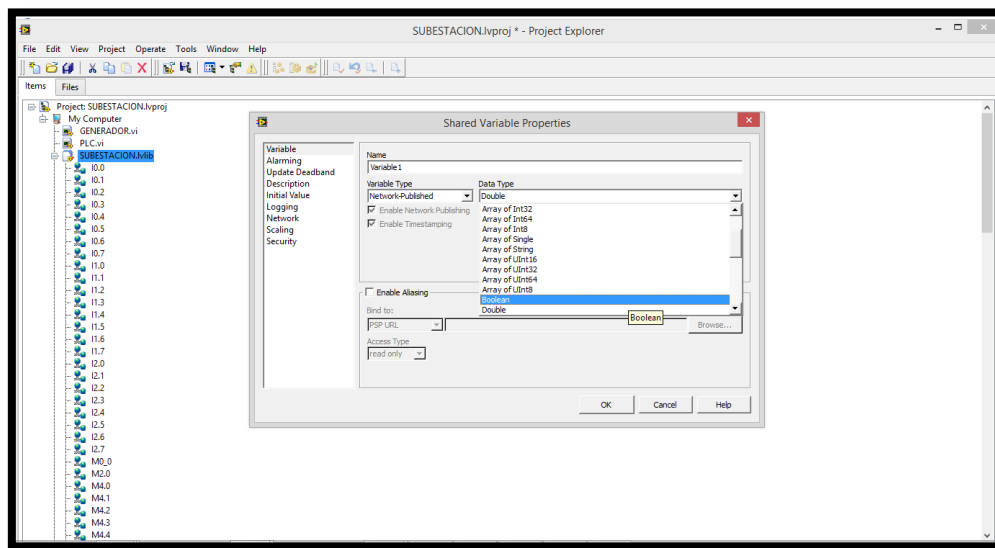
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE  
COTOPAXI  
CARRERA DE INGENIERÍA  
ELECTROMECAÁNICA

5-2

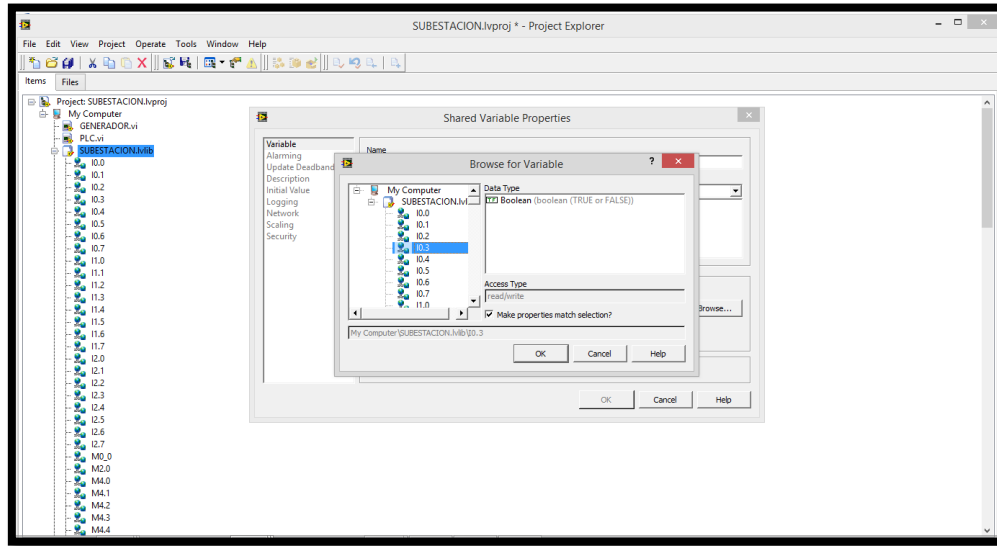
Anexo “C”



Anexo “D”



## Anexo "E"

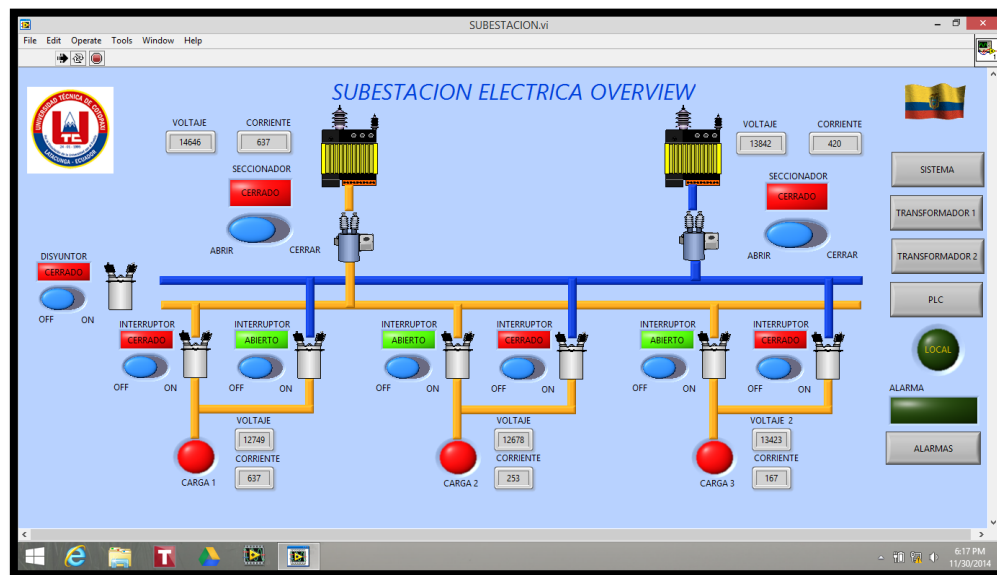


Fuente: Creación VI's LabVIEW.

Elaborado por: Pablo Jiménez Espinosa



## Anexo "F"

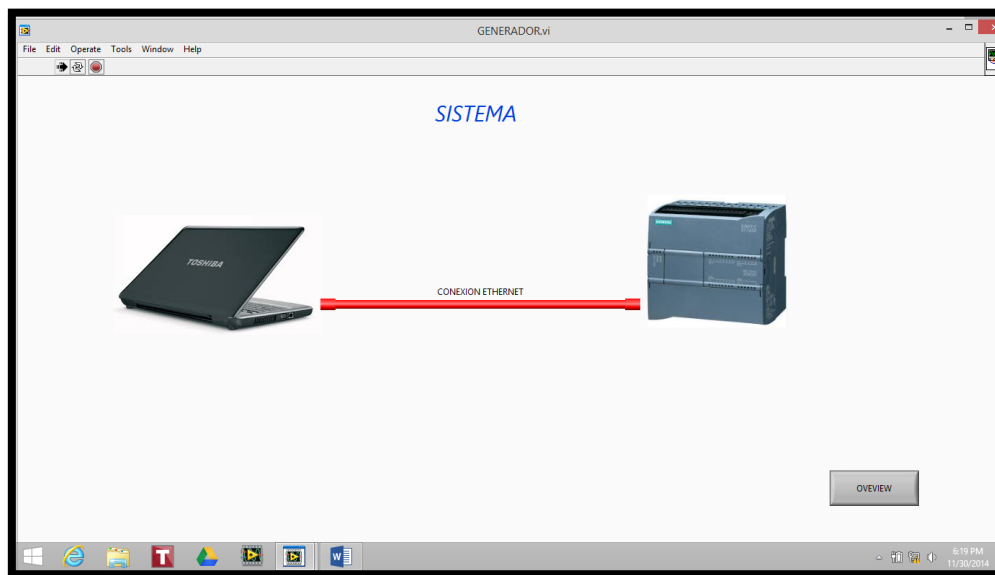


**Fuente:** Ventana de subestación eléctrica OVERVIEW.

**Elaborado por:** Pablo Jiménez Espinosa



## Anexo "G"

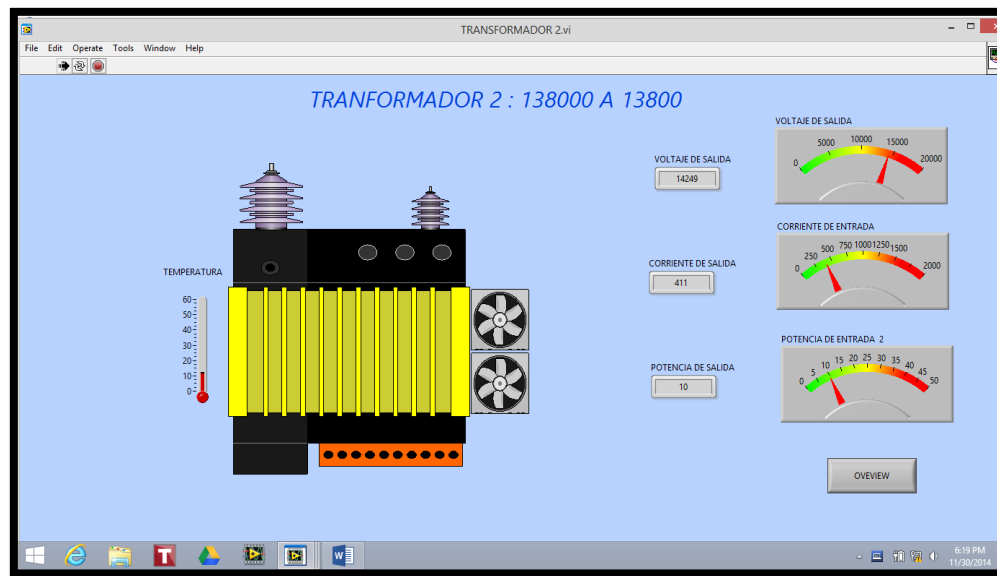


**Fuente:** Ventana del sistema.

**Elaborado por:** Pablo Jiménez Espinosa



Anexo "H"



**Fuente:** Ventana de estado Transformador.

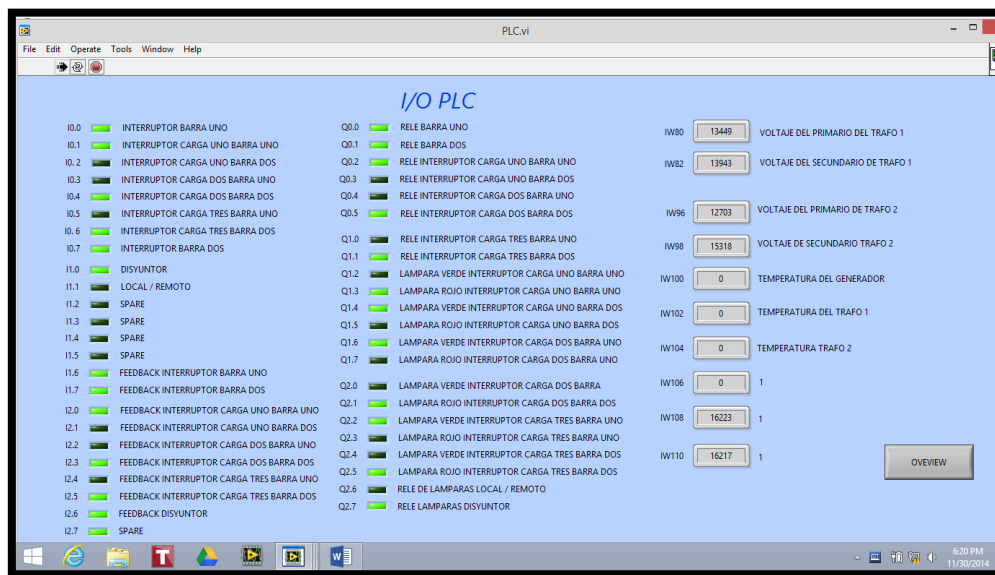
**Elaborado por:** Pablo Jiménez Espinosa



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE  
COTOPAXI  
CARRERA DE INGENIERÍA  
ELECTROMECAÁNICA

5-6

Anexo "I"



Fuente: Ventana de entradas/salidas PLC.

Elaborado por: Pablo Jiménez Espinosa

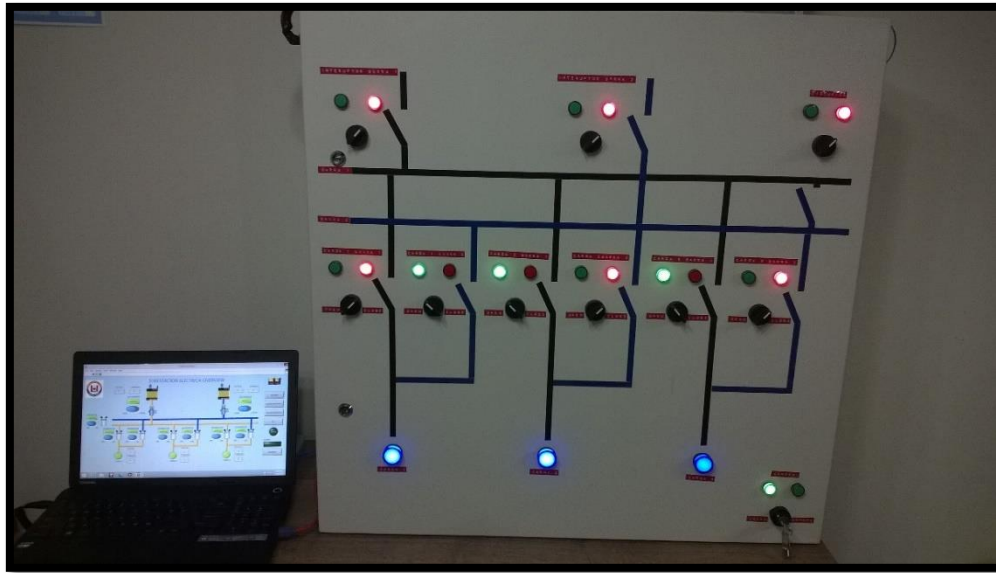




UNIVERSIDAD TÉCNICA DE  
COTOPAXI  
CARRERA DE INGENIERÍA  
ELECTROMECAÁNICA

5-8

### Anexo "K"



**Fuente:** HMI y módulo didáctico subestación con doble barra en red.

**Elaborado por:** Pablo Jiménez Espinosa