



# **“UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI”**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA EN SISTEMAS  
ELÉCTRICOS DE POTENCIA**

## **PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**TEMA:** DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN INFORMÁTICA PARA LA  
OPERACIÓN DE BARRAS DE UNA SUBESTACIÓN.

### **AUTORES:**

Wilson David Barbosa Molina

Henry Luis Pullutasig Tusa

### **TUTOR:**

Ing. MSc. Franklin Hernán Vásquez Teneda

**Latacunga – Ecuador**

**2021**



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi



Ingeniería  
Eléctrica

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, Barbosa Molina Wilson David y Pullutasig Tusa Henry Luis, declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: **“DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN INFORMÁTICA PARA LA OPERACIÓN DE BARRAS DE UNA SUBESTACIÓN”**, siendo el Ing. Vásquez Teneda Franklin Hernán, tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

.....  
BARBOSA MOLINA WILSON DAVID

1716184807

.....  
PULLUTASIG TUSA HENRY LUIS

1805017090



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi



Ingeniería  
Eléctrica

## AVAL DE TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

**“DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN INFORMÁTICA PARA LA OPERACIÓN DE BARRAS DE UNA SUBESTACIÓN”**, de los señores Barbosa Molina Wilson David y Pullutasig Tusa Henry Luis, de la carrera de Ingeniería Eléctrica, considero que dicho informe investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, marzo 2021

Tutor:

Ing. MSc. Vásquez Teneda Franklin Hernán  
CC: 171043449-7



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi



Ingeniería  
Eléctrica

## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, los postulantes: Barbosa Molina Wilson David y Pullutasig Tusa Henry Luis, con el título de Proyecto de titulación: **“DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN INFORMÁTICA PARA LA OPERACIÓN DE BARRAS DE UNA SUBESTACIÓN”**, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación del Proyecto.

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

Latacunga, marzo 2021

Para constancia firman:

.....  
**Lector 1 (Presidente)**  
Ing. MSc. Carlos Quinatoa  
CC: 050328786-4

.....  
**Lector 2**  
Ing. MSc. Diego Jiménez  
CC: 050349370-2

.....  
**Lector 3**  
Ing. MSc. Carlos Pacheco  
CC: 050307290-2



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi



Ingeniería  
Eléctrica

## AVAL DE IMPLEMENTACIÓN

En calidad de encargado de laboratorios de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi certifico que mediante el proyecto de investigación **“DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN INFORMÁTICA PARA LA OPERACIÓN DE BARRAS DE UNA SUBESTACIÓN”**, PARA EL LABORATORIO DE LA CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI”, los estudiantes; Barbosa Molina Wilson David y Pullutasig Tusa Henry Luis, realizan la entrega de la aplicación informática.

De acuerdo a lo anterior se hace constar que el proyecto de investigación se encuentra en las condiciones adecuadas.

Latacunga, marzo 2021



Ing. Luis Eduardo Hinojosa  
C.C. 050236581-0

## **AGRADECIMIENTOS**

*Quisiera expresar mi agradecimiento a Dios por brindarme la guía y fortaleza en cada uno de los días transcurridos en este proceso arduo pero satisfactorio todo en busca de cumplir este mi sueño más anhelado. A mis padres por brindarme su apoyo incondicional y su paciencia en este trajinar. Y a cada una de las personas que contribuyeron este proceso de formación.*

*A la ilustre institución que me acogió durante mi preparación profesional, la Universidad Técnica de Cotopaxi la cual hace posible cumplir sueños de superación y todo su cuerpo docente.*

Wilson David Barbosa

*Primeramente, agradecer a Dios por mantenerme con salud y vida, por bendecirme y permitirme alcanzar este logro, gracias Señor por haberme dado las fuerzas necesarias para llegar a cumplir este objetivo. A mis padres, por ser el pilar fundamental de mi vida, por todo su apoyo incondicional que me han impulsado cada día para poder alcanzar todas mis metas.*

*A la noble institución que me acogió durante mi preparación profesional, la Universidad Técnica de Cotopaxi y todo su cuerpo docente, fundamentalmente a quienes tienen a bien formar los futuros ingenieros eléctricos del país.*

*Finalmente, agradezco a nuestro tutor de tesis, Ing. Franklin Vásquez por su aporte y guía en la elaboración del proyecto.*

Henry Luis Pullutasig

## **DEDICATORIA**

*Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional. A mi madre por enseñarme que en la vida todo lo que me propongo lo podré conseguir, por brindarme su apoyo incondicional, sin importar cuantas veces haya decaído en el proceso.*

*A mi sobrino Alejandro por motivarme con su inocencia, la cual me impulsa a ser el mejor en todo lo que haga para ser su guía y referente de vida.*

*¡A toda mi familia y amigos que estuvieron a lo largo de este proceso impulsándome y siendo parte de esta etapa maravillosa de la vida...!*

**Wilson David**

## **DEDICATORIA**

*Este trabajo se lo dedico a Dios por permitirme llegar hasta este momento tan anhelado, a mis padres Pablo y María, cada logro alcanzado en mi vida es por y para ustedes, por ser el pilar fundamental en todo lo que soy, en toda mi educación, tanto académica como de la vida, por su apoyo incondicional perfectamente mantenido través del tiempo.*

*A mis abuelitos Pedro y Rosario, quienes siempre han creído y depositado toda su confianza en mí, sintiéndome fortalecido en todo momento y siempre me han brindado consejos y mensajes de motivación. A toda mi familia por darme sus consejos, y enseñanzas siendo mi motivación para seguir adelante.*

*Finalmente, este trabajo se lo dedico a mi profesor de primaria Ramón Yucailla allá en el cielo, usted fue quien me brindó sus enseñanzas y me nutrió con sus conocimientos para formarme desde los inicios de mi vida estudiantil. Siempre me quiso ver triunfar y es por eso que este logro también es gracias a usted quien siempre fue un excelente docente.*

**Henry Luis**

## ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	ii
AVAL DE TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN .....	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xii
1. INFORMACIÓN GENERAL.....	1
2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	4
3. JUSTIFICACIÓN.....	4
4. BENEFICIARIOS .....	5
Beneficiarios directos .....	5
Beneficiarios indirectos .....	5
5. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	5
6. OBJETIVOS.....	6
6.1 Objetivo General.....	6
6.2 Objetivos Específicos .....	6
7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS .....	7
SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS .....	7
8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA .....	8
8.1 Estado del arte de las subestaciones .....	8
8.2 Sistema de energía eléctrica.....	9
8.3 La subestación eléctrica .....	9
8.4 Equipos de una subestación eléctrica.....	11
8.4.1 Transformador de potencia.....	11
8.4.2 Cuchillas seccionadoras .....	11
8.4.3 Conmutadores de puesta a tierra .....	12
8.4.4 Transformadores de instrumento.....	12
8.4.5 Interruptores de potencia.....	12
8.4.6 Descargador de sobretensiones .....	13
8.4.7 Barras colectoras .....	13
8.4.8 Apartarrayos .....	14
8.4 Clasificación de las subestaciones eléctricas .....	14

8.4.1 Según la función desempeñada .....	14
8.3.2 Según el nivel de tensión.....	15
8.3.3 Según el diseño de construcción .....	15
8.3.4 Según el tipo de aislamiento.....	15
8.4 Configuración de conexión de barras .....	16
8.4.1 Configuración de barra sencilla.....	17
8.4.2 Barra principal y barra de transferencia .....	19
8.4.3. Doble barra.....	21
8.4.4 Doble barra más seccionador de by-pass o paso directo.....	22
8.4.5 Doble barra más seccionador de transferencia.....	23
8.4.6 Doble barra más barra de transferencia.....	25
8.5 Software utilizado: Python.....	26
8.5.1 Introducción .....	26
8.5.2 Programación en Python .....	26
8.5.3 Sentencias condicionales en Python.....	27
8.5.3.1 Condicional “if” .....	27
8.5.3.2 Condicional “else” .....	28
8.5.3.3 Condicional “elif” .....	29
8.5.4 Bucles (sentencias iterativas) .....	29
8.5.4.1 Sentencia “while” .....	29
9. VALIDACIÓN DE PREGUNTAS CIENTÍFICAS E HIPÓTESIS .....	31
10. METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL .....	31
11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	32
Programación y estructura de la aplicación .....	32
Análisis de los esquemas de conexión de barras.....	33
Configuración de barra sencilla.....	34
Escenario de operación y maniobra en barra sencilla.....	34
Análisis del escenario planteado en barra sencilla.....	39
Configuración de barra principal más barra de transferencia.....	39
Escenario de operación y maniobra en barra principal más barra de transferencia...39	
Análisis del escenario planteado en barra principal más barra de transferencia.....	44
Configuración de doble barra .....	45
Escenario de operación y maniobra en doble barra .....	45

Análisis del escenario planteado en barra doble .....	50
Configuración de doble barra más seccionador de by-pass.....	50
Escenario de operación y maniobra en doble barra más seccionador de by-pass.....	50
Análisis del escenario planteado en barra doble más seccionador de by-pass .....	56
Configuración de doble barra más seccionador de transferencia .....	56
Escenario de operación y maniobra doble barra más seccionador de transferencia ..	56
Análisis del escenario planteado en barra doble más seccionador de transferencia ..	62
Configuración de doble barra más barra de transferencia .....	63
Escenario de operación y maniobra en doble barra más barra de transferencia .....	63
Análisis del escenario planteado en barra doble más barra de transferencia .....	67
12.    IMPACTOS .....	68
Impactos técnicos.....	68
Impactos sociales .....	68
13.    CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	68
Conclusiones .....	68
Recomendaciones .....	69
BIBLIOGRAFÍA .....	70
ANEXOS .....	73

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Subestaciones con capacidad de transformación del sistema de transmisión .....	16
<b>Tabla 2.</b> Ventajas y desventajas de la configuración de barra sencilla.....	19
<b>Tabla 3.</b> Ventajas y desventajas de la configuración de barra principal y de transferencia ....	20
<b>Tabla 4.</b> Ventajas y desventajas de la configuración de doble barra .....	22
<b>Tabla 5.</b> Ventajas y desventajas de la configuración de doble barra más seccionador de bypass .....	23
<b>Tabla 6.</b> Ventajas y desventajas de la configuración de doble barra más seccionador de bypass .....	24
<b>Tabla 7.</b> Ventajas y desventajas de la configuración de doble barra más barra de transferencia .....	26

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Esquema general de un sistema eléctrico.....	9
<b>Figura 2.</b> Disposición física de una subestación eléctrica .....	10
<b>Figura 3.</b> Subestación eléctrica.....	10
<b>Figura 4.</b> Estructura y componentes de una subestación eléctrica .....	14
<b>Figura 5.</b> Diagrama de la configuración de barra sencilla.....	18
<b>Figura 6.</b> Diagrama de la configuración de barra principal y de transferencia .....	20
<b>Figura 7.</b> Diagrama de la configuración de barra doble .....	21
<b>Figura 8.</b> Diagrama de la configuración de barra doble más seccionador de by-pass.....	22
<b>Figura 9.</b> Diagrama de la configuración de barra doble más seccionador de transferencia ....	24
<b>Figura 10.</b> Diagrama de la configuración de barra doble más barra de transferencia .....	25
<b>Figura 11.</b> Diagrama de flujo de la sentencia “if” .....	28
<b>Figura 12.</b> Diagrama de flujo de la sentencia “else” .....	28
<b>Figura 13.</b> Diagrama de flujo representando la condicional “elif” .....	29
<b>Figura 14.</b> Diagrama de flujo representando la condición “while” .....	30
<b>Figura 15.</b> Diagrama de flujo de la condición “while” con modificación de variables.....	30
<b>Figura 16.</b> Interfaz inicial de la aplicación realizada en Python.....	32
<b>Figura 17.</b> Interfaz con los datos y menú de opciones .....	33
<b>Figura 18.</b> Diagrama de configuración de barra sencilla en estado inicial.....	34
<b>Figura 19.</b> Diagrama de conexión del circuito de T1 a la barra .....	35
<b>Figura 20.</b> Diagrama con los circuitos T1 y de la carga 1 conectados a la barra .....	35
<b>Figura 21.</b> Diagrama con el circuito de T2 conectado a la barra.....	36
<b>Figura 22.</b> Diagrama con el circuito de la carga 2 conectado a la barra.....	36
<b>Figura 23.</b> Diagrama con el circuito de la carga 1 desconectado de la barra .....	37
<b>Figura 24.</b> Diagrama con los circuitos de la carga 1 y T1 desconectados de la barra.....	37
<b>Figura 25.</b> Diagrama con el circuito de la carga 2 desconectado de la barra .....	38
<b>Figura 26.</b> Diagrama con todas las derivaciones a la barra desconectadas .....	38
<b>Figura 27.</b> Diagrama de configuración de barra principal más barra de transferencia en estado inicial .....	40
<b>Figura 28.</b> Diagrama con el circuito de T1 conectado a la barra principal .....	40
<b>Figura 29.</b> Diagrama con los circuitos de T1 y carga 1 conectados a la barra principal .....	41

<b>Figura 30.</b> Diagrama con el circuito de T2 conectado a la barra principal .....	41
<b>Figura 31.</b> Diagrama con los cuatro circuitos conectados a la barra principal.....	42
<b>Figura 32.</b> Diagrama con el circuito de T1 conectado a la barra de transferencia .....	43
<b>Figura 33.</b> Diagrama con el circuito de T1 conectado a la barra principal .....	43
<b>Figura 34.</b> Diagrama con el circuito de la carga 1 conectado a la barra de transferencia .....	44
<b>Figura 35.</b> Diagrama de configuración de doble barra en estado inicial .....	46
<b>Figura 36.</b> Diagrama con el circuito de T1 conectado a la barra 1.....	46
<b>Figura 37.</b> Diagrama con el circuito de T1 y carga 1 conectado a la barra 1 .....	47
<b>Figura 38.</b> Diagrama con el circuito de T2 conectado a la barra 2.....	47
<b>Figura 39.</b> Diagrama con todas las derivaciones conectadas a las barras .....	48
<b>Figura 40.</b> Diagrama con el circuito de T2 conectado a la barra 1.....	49
<b>Figura 41.</b> Diagrama con el circuito de la carga 2 conectado a la barra 1.....	49
<b>Figura 42.</b> Diagrama de configuración de doble barra más seccionador de by-pass en estado inicial .....	51
<b>Figura 43.</b> Diagrama con los circuitos T1 y L1 conectados a la barra 1 y L2 conectado a la barra 2 .....	52
<b>Figura 44.</b> Diagrama con el circuito de carga L1 conectado a la barra 1 mediante su by-pass .....	53
<b>Figura 45.</b> Diagrama con el circuito de carga L1 conectado a la barra 1 .....	53
<b>Figura 46.</b> Diagrama con el circuito de T1 conectado mediante su by-pass .....	54
<b>Figura 47.</b> Diagrama con el circuito de carga L2 conectado a la barra 2 .....	55
<b>Figura 48.</b> Diagrama con el circuito de T1 conectado sin su by-pass .....	55
<b>Figura 49.</b> Diagrama de configuración de doble barra más seccionador de transferencia en estado inicial .....	57
<b>Figura 50.</b> Diagrama con los circuitos de T1 y L2 conectados a la barra 1 .....	58
<b>Figura 51.</b> Diagrama con el circuito de carga L2 conectado por medio de transferencia .....	59
<b>Figura 52.</b> Diagrama con el circuito de carga L2 conectado por su vía principal.....	59
<b>Figura 53.</b> Diagrama con los circuitos de T1 y L2 conectados a la barra 2 .....	60
<b>Figura 54.</b> Diagrama con los circuitos de T1, L1 y L2 conectados a la barra 2.....	61
<b>Figura 55.</b> Diagrama con el circuito de carga T1 conectado por su by-pass.....	62
<b>Figura 56.</b> Diagrama de configuración de doble barra más barra de transferencia en estado inicial .....	63

<b>Figura 57.</b> Diagrama con los circuitos de T1, L1 y L2 conectados a la barra 1 .....	64
<b>Figura 58.</b> Diagrama con los circuitos de T1, L1 y L2 conectados a la barra 2.....	65
<b>Figura 59.</b> Diagrama con el circuito de T1 desconectado de las barras .....	66
<b>Figura 60.</b> Diagrama con todos los circuitos desconectados de las barras.....	67

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**

**TÍTULO: “DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN INFORMÁTICA PARA LA OPERACIÓN DE BARRAS DE UNA SUBESTACIÓN”**

**Autor/es:** Barbosa Molina Wilson David  
Pullutasig Tusa Henry Luis

**RESUMEN**

La presente investigación muestra el estudio y desarrollo de una aplicación informática que permita identificar de manera visual a través de una simulación, distintas operaciones que se realizan en las configuraciones en el sistema de barras de una subestación; específicamente se ha considerado la clasificación de tendencia europea. Actualmente, la asignatura de “Operación de subestaciones” enmarcada en la malla curricular no cuenta con un método de aprendizaje práctico que se pueda interpretar de una manera didáctica e interactiva. Bajo este contexto se opta por esta alternativa de proyecto el cual consta de un software ejecutable que muestre una interfaz desarrollada mediante el lenguaje de programación Python, interviniendo los distintos tipos de configuración de conexión de barras en subestaciones, haciendo referencia a la clasificación de la tendencia antes mencionada. Esta herramienta informática plantea su funcionamiento a través de distintos modos de operación que se adecúe a los requerimientos de cada usuario, permitiendo así al estudiante comprender el comportamiento de una subestación en dependencia de su configuración, las respectivas maniobras que presentan y a su vez el análisis de los efectos que resulten de operar los elementos que constituyen dichas configuraciones. Con el desarrollo de esta aplicación se logrará aportar a la consolidación de conocimientos teóricos referentes a la asignatura y a su vez complementarlos con la parte práctica manteniendo interacción con el software, además los docentes podrán validar los conocimientos que sean adquiridos por los estudiantes.

**Palabras clave:** Aplicación informática, simulación, subestaciones eléctricas, maniobras de operación

**TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI****FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES****TITLE: "DEVELOPMENT OF A COMPUTER APPLICATION FOR THE OPERATION OF BUSBARS IN A SUBSTATION"****Author/s:** Barbosa Molina Wilson David  
Pullutasig Tusa Henry Luis**ABSTRACT**

The present research shows the study and development of a computer app that allows to identify in a visual way through a simulation, different operations that are performed in the configurations in the bus system of a substation; specifically, the European trend classification has been considered. Currently, the subject "Substation Operation" framed in the curriculum does not have a practical learning method that can be interpreted in a didactic and interactive way. In this context, this project alternative is chosen, which consists of an executable software that shows an interface developed by means of the Python programming language, intervening the different types of bus connection configuration in substations, referring to the classification of the aforementioned trend. This computer tool proposes its operation through different operation modes that adapt to the requirements of each user, thus allowing the student to understand the behavior of a substation depending on its configuration, the respective maneuvers they present and in turn the analysis of the effects resulting from operating the elements that constitute such configurations. With the development of this application it will be possible to contribute to the consolidation of theoretical knowledge related to the subject and at the same time complement them with the practical part by maintaining interaction with the software, in addition the teachers will be able to validate the knowledge acquired by the students.

**Keywords:** Computer application, simulation, electrical substations, operation maneuvers.

## ***AVAL DE TRADUCCIÓN***

En calidad de Docente del idioma Inglés de la Facultad de Ciencias Humanas y Educación de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que: La traducción del resumen del proyecto de investigación al idioma Inglés presentado por los señores estudiantes Egresados de la Carrera de Ingeniería Eléctrica: **BARBOSA MOLINA WILSON DAVID** y **PULLUTASIG TUSA HENRY LUIS**, cuyo título versa: “**DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN INFORMÁTICA PARA LA OPERACIÓN DE BARRAS DE UNA SUBESTACIÓN**”. lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga, marzo del 2021

Atentamente,



**Mg. José Ignacio Andrade Morán**

**C.C. 0503101040**

**DOCENTE UTC**

1803027935 Firmado  
digitalmente por  
1803027935  
VICTOR HUGO  
ROMERO GARCIA  
Fecha: 2021.03.08  
14:58:24 -05'00'



## **1. INFORMACIÓN GENERAL**

**Título del proyecto:**

Desarrollo de una aplicación informática para la operación de barras de una subestación

**Fecha de inicio:**

Noviembre 2020

**Fecha de finalización:**

Marzo 2021

**Lugar de ejecución:**

San Felipe, Eloy Alfaro, Latacunga, Cotopaxi, Universidad Técnica de Cotopaxi

**Facultad que auspicia:**

Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas (CIYA)

**Carrera que auspicia:**

Ingeniería Eléctrica

**Proyecto de investigación vinculado:**

- Nueva investigación

**Equipo de trabajo:**

- Barbosa Molina Wilson David
- Pullutasig Tusa Henry Luis
- Vásquez Teneda Franklin Hernán

**Datos personales (Tutor de titulación):****Nombres y apellidos:** Franklin Hernán Vásquez Teneda**Fecha de nacimiento:** 31/10/1969**Estado Civil:** Casado**Nacionalidad:** Ecuatoriana**Cédula de ciudadanía:** 171043449-7**Dirección:** Latacunga**Teléfono:** 0992582968**E-mail:** franklin.vasquez@utc.edu.ec**Nivel superior:** Universidad Politécnica Salesiana-Ingeniero Eléctrico**Datos personales (Postulante 1):****Nombres y apellidos:** Barbosa Molina Wilson David**Fecha de nacimiento:** 07/08/1995**Estado Civil:** Soltero**Nacionalidad:** Ecuatoriana**Cédula de ciudadanía:** 171618480-7**Dirección:** Latacunga-Locoa Santa Ana**Teléfono:** 0995831239**E-mail:** wilson.barbosa4807@utc.edu.ec**Nivel primario:** Escuela Simón Bolívar; Latacunga-Ecuador**Nivel secundario:** Instituto Tecnológico Superior “Ramón Barba Naranjo”; Latacunga-Ecuador

**Datos personales (Postulante 2):****Nombres y apellidos:** Henry Luis Pullutasig Tusa**Fecha de nacimiento:** 12/09/1997**Estado Civil:** Soltero**Nacionalidad:** Ecuatoriana**Cédula de ciudadanía:** 180501709-0**Dirección:** Ambato-Panamericana Norte km. 7 Sector Samanga**Teléfono:** 0998867274**E-mail:** henry.pullutasig7090@utc.edu.ec**Nivel primario:** Escuela Comunitaria “Provincia de Loja”, Quisapincha-Ambato-Ecuador**Nivel secundario:** Unidad Educativa “Darío Guevara”, Cunchibamba-Ambato-Ecuador**Área de conocimiento**

- Operación de subestaciones
- Sistemas de control
- Control industrial
- Sistemas eléctricos de potencia

**Línea de investigación**

Redes Inteligentes y Generación Distribuida

**Sub líneas de investigación de la carrera**

Explotación y diseño de Sistemas eléctricos de potencia

## **2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

La presente tesis consiste en el desarrollo de una aplicación informática que permita simular la operación de distintas configuraciones de barras en subestaciones eléctricas mediante un lenguaje de programación que satisfaga todos los resultados esperados. Este proyecto mantiene como parte central el estudio de las partes constitutivas, esquemas de conexión y funcionamiento de las subestaciones eléctricas a partir de su simulación, considerando la clasificación de tendencia europea.

Los estudiantes de la Universidad Técnica de Cotopaxi pertenecientes a la carrera de ingeniería eléctrica presentan un conocimiento práctico limitado en el área de operación de subestaciones, al no contar con un área de maniobras de subestaciones o una herramienta digital necesaria para alcanzar un desenvolvimiento óptimo en el área de estudio. Con el desarrollo de la aplicación será posible simular la operación del sistema de barras de una subestación eléctrica, y esto a su vez brindaría a los estudiantes una mejor interacción con el ambiente que involucra la operación de los barrajes de una subestación, todo esto en busca de la asimilación de los avances que se han incorporado y se incorporan para el control de las maniobras que se ejecutan en los centros de transformación ya que estos se fundamentan en proporcionar energía eléctrica con un nivel de confiabilidad aceptable.

## **3. JUSTIFICACIÓN**

Con el desarrollo de la aplicación informática se busca satisfacer la necesidad de adquirir un conocimiento práctico en la asignatura “operación de subestaciones” dado que no se cuenta con las instalaciones que brinden la posibilidad de plasmar los conocimientos teóricos adquiridos en clase, todo esto dado la complejidad y los altos costos de inversión que se involucran en una subestación. Por tal motivo es indispensable el desarrollo de la aplicación informática que permita simular la operación de barras de una subestación, ya que esto brindará a los estudiantes de noveno ciclo de Ingeniería Eléctrica una mejor comprensión del sistema que interviene en cada una de las maniobras posibles a desarrollarse. Así también el diseño y desarrollo de la aplicación está enfocado en brindar una herramienta práctica al docente dentro de las tendencias más empleadas en el sector eléctrico, brindando así esta herramienta para asociar la información teórica compartida durante la cátedra. Además, teniendo en consideración la importancia que representa una subestación dentro de un sistema eléctrico de potencia y considerando sus principales funciones es necesario mantener un conocimiento correcto del funcionamiento del sistema de barras de una subestación y sus diferentes maniobras.

#### **4. BENEFICIARIOS**

##### **Beneficiarios directos**

Estudiantes de la carrera de ingeniería eléctrica

##### **Beneficiarios indirectos**

Personas con conocimientos afines a la ingeniería eléctrica

#### **5. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

Dado la complejidad y los costos que se ven involucrados en una subestación es difícil contar con un área para el desarrollo práctico de la asignatura operación de subestaciones, por tal motivo es indispensable el diseño del software que permita simular la operación de una subestación, ya que esto brindará a los estudiantes una mejor comprensión en el sistema de operación de barras en subestaciones. Así también el diseño del software se ve enfocado en brindar una herramienta práctica al docente para la operación de una subestación en la parte del sistema de barras.

El diseño de esta herramienta informática permitirá simular de modo interactivo la operación del sistema de barraje de una subestación mediante programación en Python, esto dará lugar a que los estudiantes puedan practicar las diferentes maniobras posibles e ir asociando los elementos con los que está compuesta una subestación.

Dada la importancia que presenta una subestación en el sistema eléctrico de potencia y considerando sus principales funciones que son la producción, conversión, regulación y distribución de la energía eléctrica, la subestación debe modificar y establecer los niveles de tensión de una infraestructura eléctrica, para que la energía eléctrica pueda ser transportada y distribuida, por lo que es importante el mantener un conocimiento del correcto del funcionamiento del sistema de barras de una subestación eléctrica y sus diferentes maniobras.

## **6. OBJETIVOS**

### **6.1 Objetivo General**

- Desarrollar una aplicación informática de simulación en el proceso de operación de barras de una subestación empleando el lenguaje de programación Python para brindar un ambiente virtual acoplado a las maniobras de barras mediante una interfaz práctica e interactiva.

### **6.2 Objetivos Específicos**

- Analizar aspectos y características técnicas de las configuraciones de conexión de barras correspondientes a la tendencia europea en las que se aplicará distintas maniobras de operación.
- Desarrollar la aplicación informática mediante comandos de programación en Python, vinculado al sistema de operación de barras para diferentes configuraciones.
- Realizar guías prácticas de laboratorio con las diferentes simulaciones basadas en las características relevantes de las configuraciones de barras.

## 7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

### SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

<b>Objetivos</b>	<b>Actividad (tareas)</b>	<b>Resultado de la actividad</b>	<b>Medios de verificación</b>
Analizar aspectos y características técnicas de las configuraciones de conexión de barras correspondientes a la tendencia europea en las que se aplicará distintas maniobras de operación	Consulta de información sobre configuración de subestaciones. Revisión de antecedentes de investigaciones referentes a la conexión de barras aplicada a la tendencia europea Planteamiento de ventajas y desventajas de cada tipo de configuración	Evaluación comparativa de diferentes configuraciones de subestaciones	Referencias bibliográficas (libros, sitios web, documentos, etc) Documento
Desarrollar la aplicación informática mediante comandos de programación en Python, vinculado al sistema de operación de barras para diferentes configuraciones	Análisis de cada tipo de configuración y los elementos que lo constituyen Elaboración de diagramas de conexión en AutoCad para cada topología existente Investigación de la sintaxis de programación en Python que se adecúen a los pasos y restricciones de la aplicación	Funcionamiento de la aplicación para el control y operación de distintas configuraciones en subestaciones	Historial de programación en Python Interfaz de la aplicación
Realizar guías prácticas de laboratorio con las diferentes simulaciones basadas en las características relevantes de las configuraciones de barras	Ejecución de las configuraciones en la aplicación identificando los procedimientos necesarios para su correcta operación. Planteamiento del proceso correcto para la apertura o cierre de los elementos en cada tipo de configuración	Presentación del documento adecuado para el desarrollo de una práctica de laboratorio	Guía de laboratorio Manual de procedimientos del trabajo práctico

## 8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

### 8.1 Estado del arte de las subestaciones

La utilización de energía eléctrica a lo largo de toda la historia sencillamente ha sido inevitable, y con el pasar del tiempo se han estructurado nuevas tecnologías que brindan facilidad y seguridad al momento de transportar energía eléctrica desde su generación hasta los usuarios finales, dentro de este proceso entran en funcionamiento las subestaciones, es por esto que se presentan varias generalidades e investigaciones relacionadas a las subestaciones.

Hace aproximadamente cien años atrás, las redes eléctricas no eran especialmente fiables. En las configuraciones de una sola línea utilizadas había muchos seccionadores alrededor de los interruptores, de modo que las partes adyacentes de la aparata se mantenían en funcionamiento mientras se efectuaban labores de mantenimiento en los interruptores. Estas ideas condujeron a los esquemas de barra doble y barra doble más barra de transferencia. [1].

A través de un proceso de integración del patio de una subestación a un sistema SCADA, se implanta automatización en los procesos, permitiendo así disminuir los riesgos de maniobra, minimizar los errores en el manejo del sistema, reducir gastos en las actividades de mantenimiento. Además al tener una subestación automática permite tener una mayor precisión y exactitud en las mediciones de valores de corriente, voltaje, etc., por lo que la confiabilidad mejora considerablemente [2].

Actualmente las subestaciones cuentan con tecnología de punta capaz de reducir su tamaño sin afectar su funcionalidad, además que se proveen de elementos que permiten minimizar los daños en los equipos en caso de una falla, además de proteger la vida humana de riesgos potenciales [3].

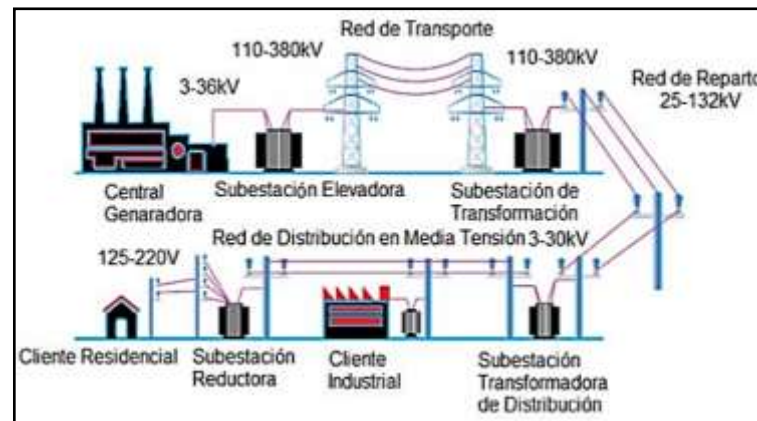
En décadas recientes, Python se ha convertido en una alternativa altamente viable como software de cómputo científico y de ingeniería, ya que permite el desarrollo de programas orientados a objetos, imperativa e incluso funcional. El lenguaje de programación en Python tiende a ser más compacto y legible [4].

Mediante una propuesta para la mejora de confiabilidad de una subestación en su sistema de distribución local se pudo caracterizar las condiciones reales de funcionamiento a través de simulación para de esto modo poder establecer alternativas técnicas de solución a las actuales condiciones que sean útiles al operador de red y a su vez mejorar la prestación del servicio de energía a los usuarios finales [5].

Con la implementación de una interfaz capaz de comandar y monitorear variables físicas como lecturas de voltaje, corriente, potencia, accionamiento de interruptores se puede llegar a una comunicación satisfactoria entre un ambiente virtual de programación y un autómata programable [6].

## 8.2 Sistema de energía eléctrica

Los sistemas de energía eléctrica están constituidos de estaciones generadoras, líneas de transmisión, subestaciones de potencia, líneas de subtransmisión, subestaciones de distribución y líneas de distribución o circuitos alimentadores, todos estos elementos se interconectan para proporcionar energía eléctrica a las cargas de los usuarios, tal como se muestra en la Figura 1. La operación en forma normal del sistema implica que no existen interrupciones de servicio ni tampoco corto circuitos o circuitos abiertos en el sistema.



**Figura 1.** Esquema general de un sistema eléctrico

Fuente: [7]

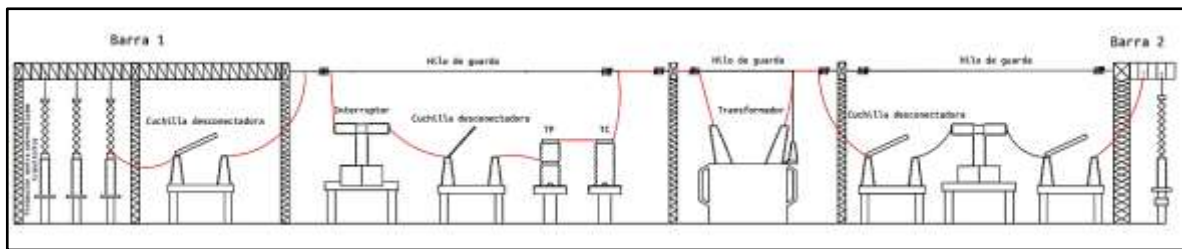
## 8.3 La subestación eléctrica

Una subestación eléctrica es la exteriorización física de un nodo de un sistema eléctrico de potencia, en el cual la energía se transforma a niveles adecuados de tensión para su transporte, distribución o consumo, con determinados requisitos de calidad. Está conformada por un conjunto de equipos utilizados para controlar el flujo de energía y garantizar la seguridad del sistema por medio de dispositivos automáticos de protección [8].

Una subestación típica contiene estructuras de terminación de línea, interruptores y seccionadores de alto voltaje, uno o más transformadores de potencia, interruptores y seccionadores de bajo voltaje, protección contra sobretensiones, controles, sistema de puesta a tierra y medición. Las subestaciones pueden estar en la superficie en recintos cercados, subterráneos o ubicadas en edificios para propósitos especiales. Los edificios de gran altura

pueden tener subestaciones interiores. Las subestaciones interiores generalmente se encuentran en áreas urbanas para reducir el ruido de los transformadores, para proteger la aparamenta de condiciones climáticas extremas o de contaminación [9].

La Figura 2 muestra la disposición física clásica de una subestación, la cual establece un ordenamiento de los diferentes equipos constitutivos de un patio de conexiones de una subestación, dependiendo de cada tipo de configuración se puede aumentar o reducir el número de elementos que conforman el patio de conexión.



**Figura 2.** Disposición física de una subestación eléctrica

**Fuente:** Los Autores

En la actualidad se cuentan con varios tipos de subestaciones eléctricas, mismas que se han tecnificado gracias al desarrollo mundial, todo esto con la finalidad principal de abastecer el crecimiento de la demanda eléctrica bajo condiciones de calidad. Teniendo en consideración estos precedentes, las organizaciones generadoras y distribuidoras de energía eléctrica, han implementado de manera paulatina adelantos tecnológicos en sus instalaciones de potencia, los cuales permanecen primordialmente enfocados a los campos de las protecciones eléctricas, el control remoto y local de la operación y el monitoreo de las dimensiones en relación con los sistemas eléctricos de potencia. La Figura 3 muestra el conjunto de elementos que conforman una subestación eléctrica tipo intemperie.



**Figura 3.** Subestación eléctrica

**Fuente:** [10]

## **8.4 Equipos de una subestación eléctrica**

Las subestaciones eléctricas suelen ser para la mayoría de los consumidores unas grandes desconocidas y, en ocasiones, se desconocen los equipos que la componen.

A continuación, se muestran ciertos elementos y sus características:

### **8.4.1 Transformador de potencia**

Es una máquina eléctrica estática que transfiere energía eléctrica de un circuito a otro conservando la frecuencia constante, opera bajo el principio de inducción electromagnética y tiene circuitos eléctricos que están enlazados magnéticamente y aislados eléctricamente [11].

Es el elemento más costoso dentro de una subestación de transformación. Este equipo cambia la energía eléctrica de corriente alterna de un nivel de voltaje a otro nivel, ya sea inferior o superior, mediante la acción de un campo magnético.

- Transformador de Generación: Este recibe una tensión menor y una corriente muy grande para poder transformar la tensión a unos altos niveles y reducir la corriente. Por lo general se genera entre 6.8 kV hasta 18 kV y el transformador eleva dicha tensión hasta 115 kV o más.
- Transformador de Subestación: Este recibe un nivel de tensión y la eleva para poder transmitir. En el extremo opuesto se encuentra otro transformador para reducir dicha tensión.
- Transformador de distribución: Es aquel que entrega la tensión a niveles admisibles para usuarios industriales, comerciales y otras cargas importantes.

### **8.4.2 Cuchillas seccionadoras**

Aparatos mecánicos de maniobra sin carga, que por razones de seguridad, asegura, en posición de abierto, una distancia de aislamiento y que se emplea para aislar un elemento de una red eléctrica o una parte de la misma del resto de la red, con el fin de ponerlos fuera de servicio, o para llevar a cabo trabajos de mantenimiento [12].

Su misión consiste en aislar tramos de circuito de forma visible para que se pueda trabajar sobre los mismos sin peligro.

- Abren y cierran en vacío.
- Deben soportar la intensidad nominal de forma permanente y corrientes de cortocircuito durante un tiempo determinado.

### **8.4.3 Conmutadores de puesta a tierra**

Proveen una conexión segura y confiable para desactivar los componentes del sistema. Previenen de un posible peligro a la hora del proceso de carga. Combinados con los desconectores crean un lugar seguro dentro de la zona de trabajo.

### **8.4.4 Transformadores de instrumento**

#### **Transformador de voltaje**

Es un transformador devanado especialmente, con un primario de alto voltaje y un secundario de baja tensión. Cuenta con una potencia nominal muy baja y su principal función es suministrar una muestra de voltaje del sistema de potencia, para ser medida con instrumentos [8].

- Cuentan con un margen muy amplio de variación de la carga secundaria (burden), el voltaje secundario debe permanecer constante o muy cerca de su valor nominal.
- El devanado secundario nunca se cortocircuita cuando se encuentre energizado; ya que esto hace que los fusibles se calienten o los alambres se sobrecalientan dañando el aislamiento.

#### **Transformador de corriente**

Los transformadores de corriente son aparatos en que la corriente secundaria, dentro de las condiciones normales de operación, es prácticamente proporcional a la corriente primaria aunque ligeramente desfasada [8]

- Cuentan con un margen muy amplio de variación de la carga secundaria (burden), por lo tanto, la corriente secundaria no se ve afectada
- Si el primario se encuentra energizado, el secundario no puede estar abierto; ya que se desarrollarían voltajes demasiado altos limitados por la impedancia de la rama de magnetización.
- Los errores que se pueden presentar de relación y de ángulo de fase, son fácilmente calculados si se conoce la característica de magnetización e impedancia de carga (burden)

### **8.4.5 Interruptores de potencia**

Los interruptores son aparatos de corte con procedimiento de extinción de arco y, por tanto, con poder de corte. Siempre van acompañados de dos seccionadores, uno a cada uno de sus lados, para asegurar de forma visible el corte de los circuitos.

- Deben soportar intensidades normales y de cortocircuitos, y ser capaces de interrumpir estas últimas.
- Disyuntores: Interruptores automáticos accionados mediante relés.

#### **8.4.6 Descargador de sobretensiones**

Los descargadores son dispositivos eléctricos formados por una serie de elementos resistivos no lineales que limitan la amplitud de las sobretensiones originadas por descargas atmosféricas, operación de interruptores o desbalanceo de sistemas [13].

Suelen encontrarse al final de cada línea o cable. Sirven para precisar subidas de tensión inesperadas, que no acostumbran estar en los rangos habituales, de esta manera, si se conserva el voltaje en unos niveles controlados, la subestación puede ser protegida sin necesidad de interrumpir el suministro eléctrico constante.

#### **8.4.7 Barras colectoras**

Se llaman barras colectoras al conjunto de conductores eléctricos que se utilizan como conexión común de los diferentes circuitos de que consta una subestación. Los circuitos que se conectan o derivan de las barras pueden ser generadores, líneas de transmisión, bancos de transformadores, bancos de tierras, etc.

En una subestación se pueden tener uno o varios juegos de barras que agrupen diferentes circuitos en uno o varios niveles de voltaje, dependiendo del propio diseño de la subestación [14].

Las barras colectoras están formadas principalmente de los siguientes elementos:

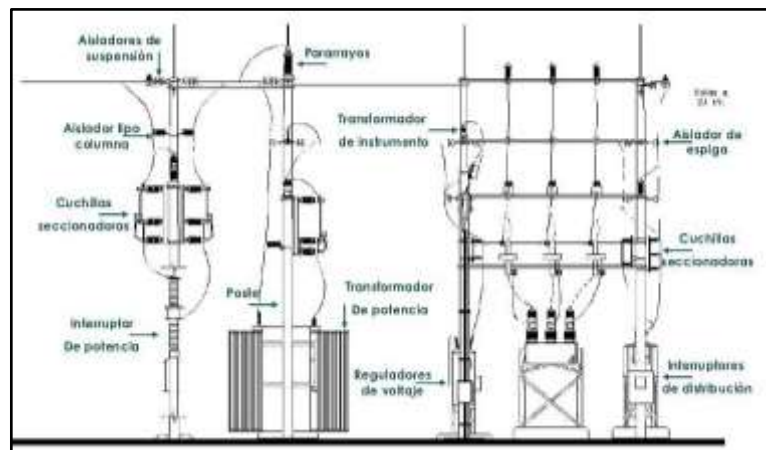
- a) Conductores eléctricos.
- b) Aisladores: que sirven de elemento aislante eléctrico y de soporte mecánico del conductor.
- c) Conectores y herrajes: que sirven para unir los diferentes tramos de conductores y para sujetar el conductor al aislador.

El diseño de las barras colectoras implica la selección apropiada del conductor en lo referente al material, tipo y forma del mismo, a la selección de los aisladores y sus accesorios, y a la selección de las distancias entre apoyos y entre fases. El diseño se hace con base en los esfuerzos estáticos y dinámicos a que están sometidas las barras, y según las necesidades de conducción de corrientes y disposiciones físicas.

### 8.4.8 Apartarrayos

Son dispositivos eléctricos formados por una serie de elementos resistivos no lineales y que limitan la amplitud de los sobrevoltajes originados, por descargas atmosféricas, no algún desbalance en el sistema. Se encuentra conectado permanentemente en el sistema, descarga la corriente a tierra cuando se presenta una sobretensión de determinada magnitud. Su operación se basa en la formación de un arco eléctrico entre dos explosores cuando se alcanza el valor para el cual está calibrado o dimensionado.

Una subestación eléctrica mantiene una estructura que está conformada por diversos equipos que cumplen una determinada función para dar cumplimiento al proceso inmerso dentro del sistema eléctrico. Los elementos que constituyen la subestación se evidencian en la Figura 4.



**Figura 4.** Estructura y componentes de una subestación eléctrica

Fuente: [15]

## 8.4 Clasificación de las subestaciones eléctricas

### 8.4.1 Según la función desempeñada

- Subestación en centrales de generación. -Se encuentran junto a las centrales de generación, habitualmente su función es incrementar los niveles de voltaje del generador (5 – 25 kV) a niveles de voltaje de transmisión dependiendo del volumen de energía a transportar.
- Subestaciones receptoras primarias. -Son aquellas que reciben alimentación directa de las líneas de transmisión y reducen la tensión para alimentar los sistemas de subtransmisión o las redes de distribución. Pueden tener en su secundario tensiones de 115; 69; 34.5; 6.9 ó 4.16 kV.

- Subestaciones receptoras secundarias. -Son aquellas que reciben alimentación de las redes de subtransmisión y suministran la energía a las redes de distribución a tensiones comprendidas entre 34.5 y 6.9 kV

### 8.3.2 Según el nivel de tensión

- Subestaciones de alto voltaje (HV). - voltaje entre 11 kV y 66 kV
- Subestaciones de extra alto voltaje (EHV). - voltaje entre 132 kV y 400 kV
- Subestaciones de ultra alto voltaje (UHV). - voltaje superior a 400 kV

### 8.3.3 Según el diseño de construcción

- Subestación tipo intemperie. -Se construyen en terrenos al aire libre, su equipamiento es capaz de soportar condiciones atmosféricas severas.
- Subestación tipo interior. -Los equipos de este tipo de subestaciones están diseñados para operar en interiores, actualmente existen pocas subestaciones de este tipo.
- Subestación tipo blindado. -Estas subestaciones ocupan un espacio muy reducido comparado con las subestaciones convencionales, sus equipos se encuentran muy protegidos [16].

### 8.3.4 Según el tipo de aislamiento

Subestación tipo AIS. - Son las subestaciones más comunes, su aislamiento es el aire (AIS).

Subestación tipo GIS. -Una subestación encapsulada en SF<sub>6</sub> (GIS, Gas Insulated Switchgear) es el conjunto de dispositivos y aparatos eléctricos inmersos en el gas dieléctrico Hexafluoruro de Azufre (SF<sub>6</sub>), blindados en envolventes de aleación de aluminio [17].

- Las subestaciones GIS (Hexafluoruro de azufre) tienen una gran ventaja frente las de AIS dado que sus propiedades como aislantes son superiores permiten tener distancias de separación fase-fase y fase-tierra más pequeñas.
- Se puede indicar que una subestación GIS comparada con la de AIS el tamaño es a 10 veces de diferencia, por lo que las subestaciones GIS son ideales cuando el espacio es costoso o no está disponible.
- En una subestación GIS, los conductores de alto voltaje, los interruptores automáticos, los interruptores, los transformadores de corriente y los transformadores de voltaje están encapsulados en gas SF<sub>6</sub> dentro de recintos metálicos con conexión a tierra.

#### 8.4 Configuración de conexión de barras

Existen varias configuraciones en subestaciones eléctricas, las cuales vienen dadas de acuerdo al arreglo de barras y dispositivos electromecánicos que operan al mismo nivel de tensión, teniendo en cuenta también el mantenimiento de la misma, se debe mantener los niveles de confiabilidad y seguridad del sistema.

Una configuración es el arreglo de equipos electromecánicos que constituyen un patio de conexiones y pertenecen a un mismo nivel de tensión de una subestación. Su operación permite diferentes grados de confiabilidad, flexibilidad o seguridad en la operación, transformación y distribución de energía eléctrica.

La configuración de barras predominante en las subestaciones de 230 kV es la de doble barra y a nivel de 138 kV y 69 kV la de barra principal y transferencia; con equipamiento, en su mayoría, de tipo convencional y algunas instalaciones con equipo compacto en SF6 [18].

El sistema de transmisión está conformado por 51 subestaciones fijas y 4 subestaciones móviles. La Tabla 1 presenta la clasificación de las subestaciones que conforman el sistema de transmisión y cada configuración de barras que estas mantienen, esto considerando las características del equipamiento de transformación instalado.

**Tabla 1.** Subestaciones con capacidad de transformación del sistema de transmisión

Número de subestaciones	Niveles de tensión en patios	Configuración de barras
3 subestaciones	500 y 230 kV	Doble barra
2 subestaciones	230 kV	Doble barra
7 subestaciones	230, 138 y 69 kV	Doble barra Barra principal más barra de transferencia
5 subestaciones	230 y 138 kV	Doble barra Barra principal más barra de transferencia
5 subestaciones	230 y 69 kV	Doble barra Barra principal más barra de transferencia
2 subestaciones	138 kV	Barra principal más barra de transferencia
23 subestaciones	138 y 69 kV	Barra principal más barra de transferencia
4 subestaciones	138 kV y 22 o 13,8 kV	Barra principal más barra de transferencia
4 subestaciones móviles	3 subestaciones de 138/69 kV 1 subestación de 230/69 kV	

Fuente: [19]

La finalidad de las barras es permitir la entrada o salida de corriente tanto de plantas generadoras o de transformación, sus fuentes se conectan a seccionadores o interruptores. Las fuentes y las cargas establecen conexión con estas barras a través de un interruptor y seccionador. De igual manera se desconecta el servicio ya sea por procesos de mantenimiento o por circunstancias inesperadas como fallas de cortocircuito.

En el sector eléctrico se han contemplado diversos diagramas o arreglos de conexiones en base a los requerimientos que deben satisfacer a las expectativas y condiciones propias de las subestaciones.

Los arreglos de conexión de barras deben ser seleccionados tomando en cuenta las siguientes consideraciones:

- Los niveles de tensión existentes en la subestación de referencia
- El nivel de confiabilidad en el servicio (disposición del equipo)
- El grado de contaminación existente en la zona
- El número de alimentadores en alta y baja tensión
- Facilidades para el diseño, mantenimiento, construcción y necesidad de ampliación
- El aspecto económico y las facilidades de operación

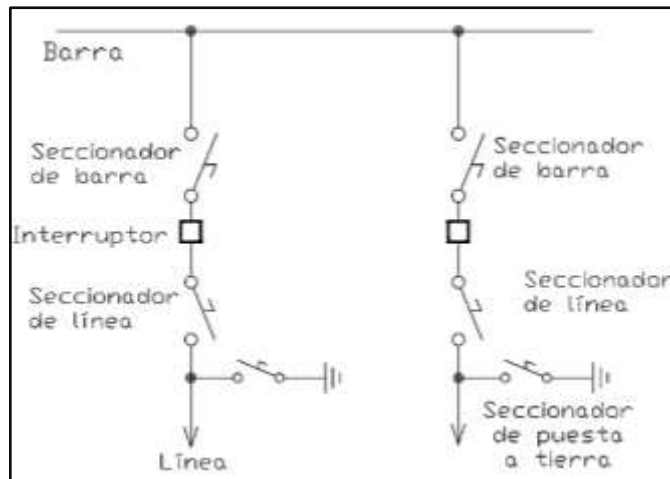
Sin importar el nivel de tensión y la configuración de las subestaciones, la función principal de ellas es dirigir el flujo de energía en un sistema de potencia, garantizando la seguridad del sistema por medio de dispositivos automáticos de control y protección para redistribuir energía a través de rutas alternas [20].

#### **8.4.1 Configuración de barra sencilla**

Este tipo de configuración es considerado el más básico, ya que cuenta con un solo barraje colector al cual se conectan los circuitos por medio de un interruptor. Es de diseño simple, fácil de proteger, ocupa poco espacio y no presenta muchas posibilidades de operación incorrecta [21].

- En condiciones normales de operación, todas las líneas y bancos de transformadores están conectados al único juego de barras.
- Con este arreglo, en caso de operar la protección diferencial de barras, ésta desconecta todos los elementos, quedando la subestación completamente desenergizada.
- El mantenimiento de los interruptores se dificulta porque hay que dejar fuera parte de la subestación
- Es el arreglo que utiliza menor cantidad de equipo y, por lo tanto, es el más económico

Todas estas características son de gran importancia al momento de un análisis de esta configuración, para lo cual en la Figura 5 se muestra un diagrama de conexión correspondiente a la configuración de barra sencilla y es posible evidenciar los elementos que lo constituyen, y de esta manera se evidencia el cumplimiento a las características mencionadas [22].



**Figura 5.** Diagrama de la configuración de barra sencilla

**Fuente:** Los Autores

Esta configuración, al contar con un solo juego de barras, mantiene un grado bajo de confiabilidad, seguridad y flexibilidad. En caso de una falla en la barra de conexión, se verían afectadas todas las bahías de la subestación. Al realizar el mantenimiento de la barra colectora o del circuito se debe suspender el servicio en forma total cuando la revisión o reparación es en el interruptor.

Manteniendo un seccionamiento longitudinal se obtiene un cierto grado de confiabilidad y flexibilidad, pues habilita la posibilidad de separar en dos partes el barraje, esto facilita las reparaciones, y en ciertos casos la operación de la subestación. Si el seccionamiento del barraje se efectúa con el propósito de generar flexibilidad en la subestación, se necesita un planeamiento cuidadoso ya que mientras la operación normal no es posible cambiar los circuitos de una barra a otra. Un seccionamiento planeado erróneamente puede atentar contra la seguridad del sistema [23].

Este tipo de configuración es recomendada en subestaciones con un bajo nivel de tensión y de importancia no tan considerable, es decir, en subestaciones de grandes usuarios industriales o subestaciones de distribución no tan relevantes. Esta configuración como es lógico presenta ventajas y desventajas tanto en funcionalidad como en constitución física, como lo muestra la Tabla 2.

**Tabla 2.** Ventajas y desventajas de la configuración de barra sencilla

<b>Configuración de barra sencilla</b>	
<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mantiene un proceso de instalación simple</li> <li>• Cuenta con un sistema de protección muy sencillo</li> <li>• Facilidad de ampliación</li> <li>• Requiere muy poco espacio</li> <li>• Simple en concepto de operación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Durante el mantenimiento de un disyuntor, el circuito correspondiente fuera de servicio</li> <li>• Una falla en las barras interrumpe totalmente el servicio</li> <li>• Trabajos de mantenimiento en la barra y/o seccionadores del lado de barra, implica la desenergización de todos los circuitos asociados a la barra</li> <li>• Una ampliación de la subestación la interrupción total del servicio</li> </ul>

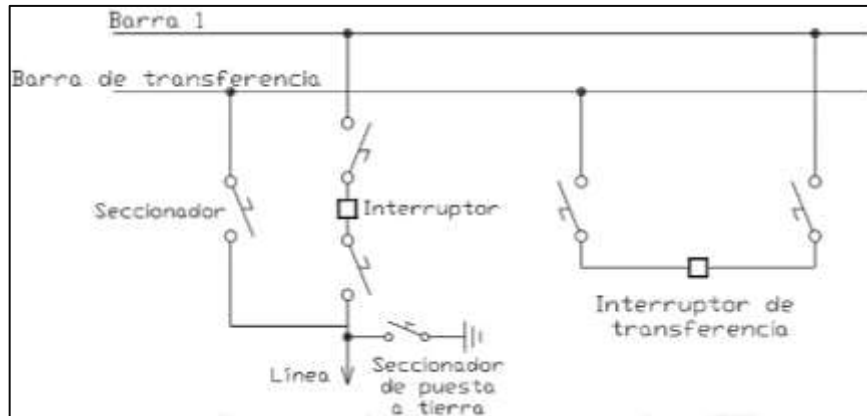
Fuente: [24]

#### **8.4.2 Barra principal y barra de transferencia**

En esta configuración existe una barra auxiliar o de transferencia, la cual, si se la aplica en la configuración de barra sencilla, esta mejorará la confiabilidad por falla en interruptores.

A cada circuito se le agrega un seccionador (de transferencia) para la conexión a dicha barra y un interruptor (de transferencia) para unir las dos barras, conformándose así una configuración llamada de barra principal y de transferencia [21].

- En condiciones normales de operación, todas las líneas y bancos de transformadores se conectan a las barras principales. Con ese tipo de conexión se obtiene buena continuidad de servicio.
- Los arreglos con interruptor de acoplamiento logran mayor flexibilidad de operación, aunque aumenten las maniobras en el equipo.
- Este arreglo de barras permite sustituir y dar mantenimiento a cualquier interruptor por el de acoplamiento, sin alterar la operación de la subestación en lo referente a desconexión de líneas o bancos de transformadores.
- Esta configuración requiere el suministro de un seccionador adicional por cada campo o bahía con el cual se conecta el circuito al barraje de transferencia.
- En comparación a la configuración de barra sencilla, la cantidad de equipo necesario es mayor, al igual que su costo [22].



**Figura 6.** Diagrama de la configuración de barra principal y de transferencia

**Fuente:** Los Autores

En instalaciones que requieren mayor grado de confiabilidad y flexibilidad se adiciona un barraje auxiliar para transferir cualquier circuito a un campo o bahía llamado de transferencia, el cual puede reemplazar a cualquiera de los campos o bahías de la subestación. La derivación se efectúa desde los puntos libres (no conectados a los barrajes) del campo del circuito y del seccionador de transferencia de ese mismo circuito [24].

La Tabla 3 presenta diversos puntos positivos y negativos referente a esta configuración, basándose en criterios de funcionalidad.

**Tabla 3.** Ventajas y desventajas de la configuración de barra principal y de transferencia

<b>Configuración de barra principal y de transferencia</b>	
<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Permite efectuar trabajos de mantenimiento en cualquier disyuntor, manteniendo el suministro eléctrico</li> <li>• En condiciones normales, un solo disyuntor protege cada circuito, lo que hace realmente simple en el sistema de protecciones</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Una falla en la barra principal afecta a todos los circuitos conectados a la misma</li> <li>• Solo es posible hacer mantenimiento en un disyuntor a la vez o máximo dos en el caso de disponer de dos disyuntores de transferencia</li> <li>• Trabajos de mantenimiento en los seccionadores del lado de barra, implica la desconexión de todos los circuitos asociados a esa barra</li> </ul>

**Fuente:** [24]

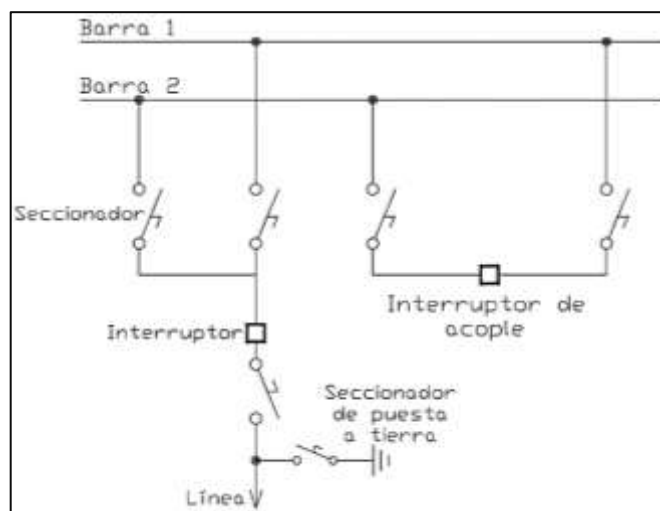
### 8.4.3. Doble barra

Para un aumento de flexibilidad a la barra sencilla se puede adicionar una segunda barra principal y un interruptor para el acoplamiento de las dos barras conformándose así una configuración llamada de doble barra. Esta configuración es flexible dado que permite separar circuitos en cada una de las barras, es posible también realizar un mantenimiento en barras sin suspender el servicio y por lo tanto se usa en áreas de alta contaminación ambiental [21].

- Desde el punto de vista de continuidad, el arreglo no es bueno debido a que por cada interruptor que necesite revisión se tiene que desconectar el transformador o línea correspondiente.
- Esta configuración se adapta de buena manera a los sistemas enmallados
- Es posible conectar a una y otra barra circuitos provenientes de una misma fuente sin necesidad de hacer cruce de las líneas a la entrada de la subestación.
- La subestación en condiciones normales se encuentra con sus dos juegos de cuchillas en posición de cerrado, de tal manera que en caso de mantenimiento o alguna situación adversa en uno de los juegos de barras, el otro sigue operando, trabajando la subestación a media capacidad [22].

Algunas disposiciones físicas de esta configuración permiten efectuar un by-pass o paso directo temporal o permanente por medio de cambios en las conexiones de los equipos y barrajes, para permitir una continuidad en el servicio durante prolongados periodos de mantenimiento o reparación del interruptor.

En la Figura 7 se observa el diagrama de conexión que pertenece a la configuración de barra doble donde se identifican los elementos que conforman dicha configuración.



**Figura 7.** Diagrama de la configuración de barra doble

**Fuente:** Los Autores

La configuración doble barra es objeto de especial preferencia en Europa para subestaciones a 220 kV y aún para niveles más elevados de tensión, lo mismo que para subestaciones encapsuladas con aislamiento en SF6, y tensiones hasta 400 kV [21].

Esta configuración presenta también características favorables y desfavorables teniendo en cuenta criterios de funcionamiento y estructura, resumiendolo como se muestra en la Tabla 4.

**Tabla 4.** Ventajas y desventajas de la configuración de doble barra

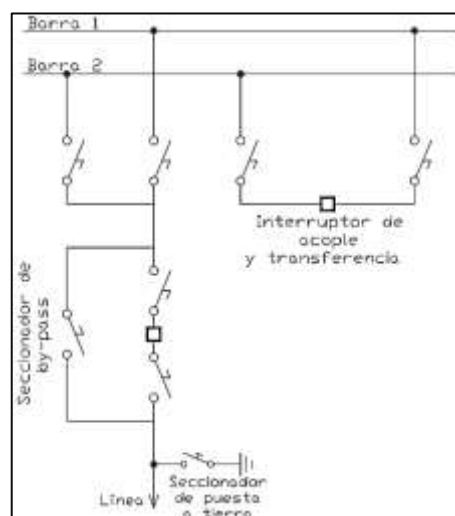
<b>Configuración de doble barra</b>	
<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ofrece gran flexibilidad de operación (los circuitos pueden estar conectados a una u otra barra)</li> <li>• Una falla en unas de las barras no ocasiona pérdida de circuito alguno</li> <li>• Es posible el mantenimientos en cualquiera de los interruptores o seccionadores de barra</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El mantenimiento en un disyuntor de un tramo, requiere la salida del tramo correspondiente</li> <li>• Requiere de gran espacio para su construcción</li> </ul>

Fuente: [24]

#### 8.4.4 Doble barra más seccionador de by-pass o paso directo

En esta configuración se requiere un número mayor de equipos por campo, presentándose así mismo una mayor posibilidad de operación errónea durante las maniobras. Generalmente, a esta configuración no se le explota su flexibilidad, pues se usa una de las barras como simple barra de reserva o de transferencia, no compensando así la alta inversión que ella implica [21].

Estas características elementales se evidencian en su diagrama de conexión que se muestra en la Figura 8.



**Figura 8.** Diagrama de la configuración de barra doble más seccionador de by-pass

Fuente: Los Autores

Este tipo de configuración reúne las características de la barra principal y de transferencia y la doble barra. Esto se logra a partir de la doble barra conectando un seccionador de by-pass o paso directo al interruptor de cada salida y adicionando además otro seccionador adyacente al interruptor para poder aislarlo. Con los seccionadores adicionales se puede operar la subestación, complementariamente a la operación normal de doble barra, una barra siendo la principal y la otra la de transferencia, utilizando el interruptor (o módulo) de acoplamiento como transferencia para cualquiera de los interruptores que esté en mantenimiento [21].

Como es evidente esta configuración presenta características similares a las anteriores, por lo que sus ventajas y desventajas también mantienen relación como se muestra en la Tabla 5.

**Tabla 5.** Ventajas y desventajas de la configuración de doble barra más seccionador de bypass

<b>Doble barra más seccionador de by-pass o paso directo</b>	
<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es posible la partición de una de las barras mediante seccionador</li> <li>• Es factible la utilización de interruptores de acople</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Requiere un número mayor de equipos de campo</li> <li>• Es necesario contar con gran espacio físico para su construcción</li> </ul>

**Fuente:** [24]

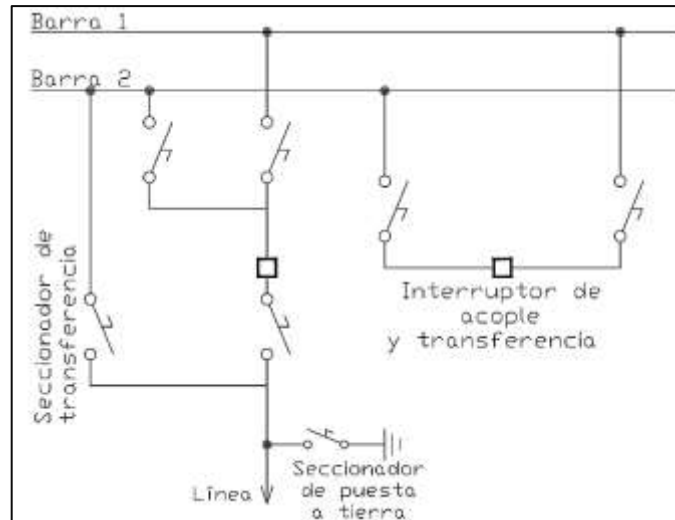
Este tipo de configuración comparte diversas similitudes con la doble barra en la cual se dispone un seccionador de "by-pass" o de paso directo en paralelo con cada campo o bahía para facilitar el mantenimiento del interruptor de ese campo transfiriendo el circuito al campo de acople y empleando en este caso el barraje 2 como barraje de transferencia. El campo de acople hace estas funciones de transferencia, pero no en forma simultánea.

#### **8.4.5 Doble barra más seccionador de transferencia**

Esta configuración tiene el mismo funcionamiento de la anterior, pero con un seccionador menos, el del lado aguas arriba del interruptor. En este caso el seccionador de transferencia conecta la salida del campo directamente al barraje 2 al cual se denomina en este caso como de transferencia, de "by-pass" o de paso directo [24].

En cuanto a la disposición física, para lograr esta configuración en forma práctica se requiere la utilización de seccionadores del tipo pantógrafo o semipantógrafo (en donde la conexión o desconexión se efectúa de forma vertical) o seccionadores instalados en los pórticos de la

subestación en por lo menos una de las conexiones a las barras. El diagrama que muestra la Figura 9 corresponde a los elementos que constituyen esta configuración de barra doble más seccionador de by-pass, en donde se incluyen interruptores y seccionadores, los cuales operan con y sin carga respectivamente.



**Figura 9.** Diagrama de la configuración de barra doble más seccionador de transferencia

**Fuente:** Los Autores

En cuanto a principios de operación posee las mismas características generales de la configuración doble barra con seccionador de by-pass. La Tabla 6 muestra aspectos característicos acerca de las ventajas y desventajas que mantienen similitud con dicha configuración, esto debido a que cuentan con los mismos principios de funcionamiento y su diagrama de igual forma presenta estrecha relación.

**Tabla 6.** Ventajas y desventajas de la configuración de doble barra más seccionador de bypass

<b>Configuración doble barra más seccionador de transferencia</b>	
<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Una falla en unas de las barras no ocasiona pérdida de circuito alguno.</li> <li>• Facilita el mantenimiento de los seccionadores de barra ya que solo afecta el tramo al cual este está conectado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Requiere una mayor área para las instalaciones.</li> <li>• El costo se eleva en comparación con las otras configuraciones</li> </ul>

**Fuente:** [24]

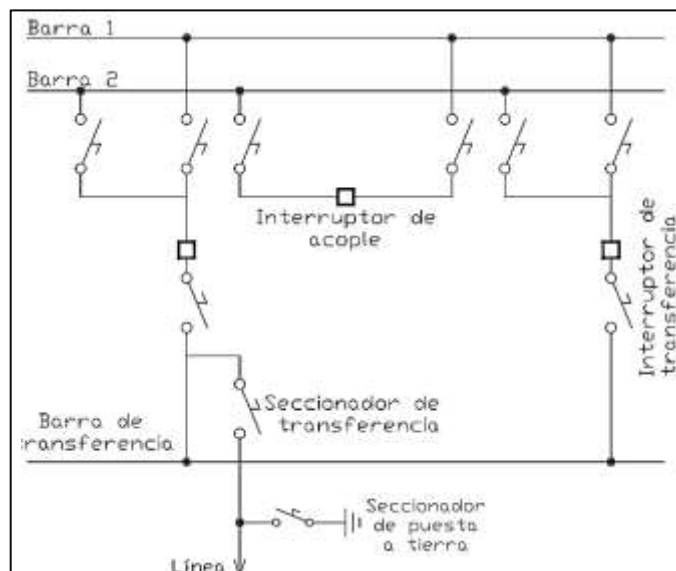
#### 8.4.6 Doble barra más barra de transferencia

Configuración con dos barrajes principales y un tercero empleado para transferir circuitos, con lo cual se logra independizar las funciones de acople y las de transferencia. El interruptor que une los dos barrajes principales entre sí se denomina interruptor de acople y el que une los dos barrajes principales con el barraje de transferencia se denomina interruptor de transferencia, aunque en ocasiones se acostumbra simplificar el esquema y utilizar un único interruptor para las funciones de acople y transferencia [24].

Este tipo de configuración resulta de la combinación de la barra principal y de transferencia y la doble barra, dando como resultado un arreglo que presenta confiabilidad y flexibilidad.

Generalmente se utilizan dos interruptores para funciones de acople y transferencia, pudiendo realizar en forma simultánea ambas operaciones. En ciertos casos se utiliza solamente un interruptor con el debido arreglo de seccionadores para ambas operaciones, perdiéndose así la función principal de las tres barras [25].

La Figura 10 presenta el diagrama de conexión correspondiente a la configuración de barra doble más barra de transferencia (diagrama más complejo) donde se indica cada uno de los elementos que lo constituyen, esto para un posterior análisis es fundamental.



**Figura 10.** Diagrama de la configuración de barra doble más barra de transferencia

**Fuente:** Los Autores

En Europa, esta disposición o arreglo de barras encuentra un campo de aplicación muy amplio a niveles de 230 kV. Las características antes mencionadas también constituyen fuente de análisis para establecer ventajas y desventajas como se muestra en la Tabla 7.

**Tabla 7.** Ventajas y desventajas de la configuración de doble barra más barra de transferencia

<b>Configuración doble barra más seccionador de transferencia</b>	
<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Las labores de mantenimiento pueden ser realizadas sin tener que interrumpir el servicio.</li> <li>• Facilita el mantenimiento de los seccionadores de barra ya que solo afecta el tramo al cual este está conectado.</li> <li>• Presenta todas las ventajas de las demás configuraciones</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Necesitan un área de construcción grande en comparación de otros tipos de arreglos.</li> <li>• Presenta una mayor complejidad en su instalación y maniobrado.</li> </ul>

Fuente: [24]

## 8.5 Software utilizado: Python

### 8.5.1 Introducción

La historia de Python empieza con Guido Van Rossum quien es el creador, empezando su desarrollo en 1 989 y empezando a implementarlo en febrero de 1 991, momento en el que se publicó la primera versión pública. Rossum es un informático de origen holandés que fue el encargado de diseñar Python y de pensar y definir todas las vías posibles de evolución de este popular lenguaje de programación. El nombre de este lenguaje de programación es en honor a los Monty Python, el famoso grupo de cómicos británicos.

Hasta el año 2 018, el desarrollo de este popular lenguaje de programación estaba dirigido personalmente por Van Rossum, pero decidió apartarse y, desde 2 019, son cinco las personas que deciden cómo evoluciona y se desarrolla Python. Para cuando salió la primera versión definitiva de Python, tal era la popularidad de este nuevo lenguaje de programación que se creó comp.lang.python, un foro de discusión de Python que multiplicó, aún más, su cantidad de usuarios [26].

### 8.5.2 Programación en Python

Python es un lenguaje de scripting independiente de plataforma y orientado a objetos, preparado para realizar cualquier tipo de programa, desde aplicaciones Windows a servidores de red o incluso, páginas web. Es un lenguaje interpretado, lo que significa que no se necesita compilar el código fuente para poder ejecutarlo, lo que ofrece ventajas como la rapidez de desarrollo e inconvenientes como una menor velocidad [27].

En los últimos años el lenguaje se ha hecho muy popular, gracias a varias razones como:

- La cantidad de librerías que contiene, tipos de datos y funciones incorporadas en el propio lenguaje, que ayudan a realizar muchas tareas habituales sin necesidad de tener que programarlas desde cero.
- La sencillez y velocidad con la que se crean los programas. Un programa en Python puede tener de 3 a 5 líneas de código menos que su equivalente en Java o C.
- La cantidad de plataformas en las que se puede desarrollar, como Unix, Windows, OS/2, Mac, Amiga y otros.
- Se pueden crear todo tipo de programas. No es un lenguaje creado específicamente para la web, aunque si existe la posibilidad de desarrollar páginas.
- Python es gratuito, incluso para propósitos empresariales.

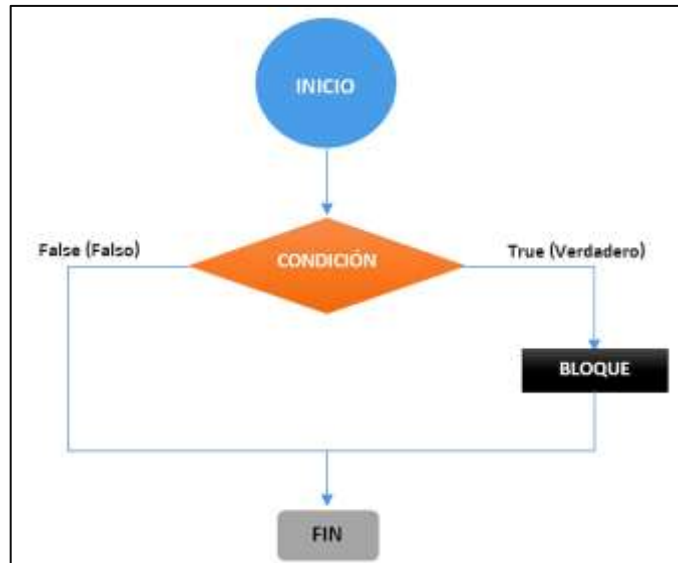
### 8.5.3 Sentencias condicionales en Python

Los condicionales son importantes al permitir la comprobación de condiciones y hacer que el programa se comporte de una forma u otra, que ejecute un fragmento de código u otro, dependiendo de esta condición. Dicho de otra manera, las sentencias condicionales cumplen con el control del flujo del programa y comprueban si una condición es verdadera o falsa para tomar o no cierta acción.

#### 8.5.3.1 Condicional “if”

La forma más simple de un estamento condicional es un *if* (del inglés sí) seguido de la condición a evaluar, dos puntos (:) y en la siguiente línea e indentado, el código a ejecutar en caso de que se cumpla dicha condición. La condición es una expresión booleana que se evalúa como verdadera (True) o falsa (False). Todas las líneas de códigos a ejecutar si se cumple la condición tienen que estar indentadas respecto a la sentencia *if*.

La Figura 11 muestra el diagrama de flujo que representa la acción que cumple esta sentencia condicional dentro de la programación, al momento de hacer alguna maniobra en una de las configuraciones, esta sentencia permitirá internamente elegir entre dos opciones y de esa manera poder arrojar un resultado o restringir el proceso según sea el caso.



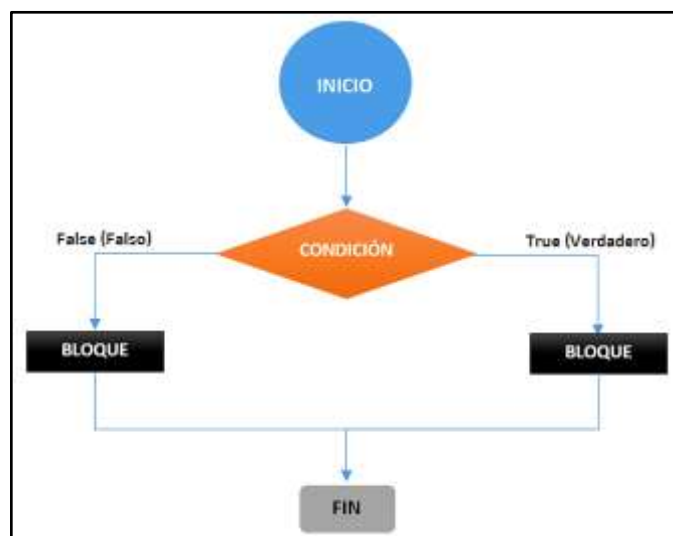
**Figura 11.** Diagrama de flujo de la sentencia “if”

**Fuente:** Los Autores

### 8.5.3.2 Condicional “else”

La palabra “*else*” significa, en inglés, “si no” o “en caso contrario”. A la sentencia anterior (*if*) puede añadirse opcionalmente una sentencia “*else*”. Esta sentencia contiene el código a ejecutar en caso de que no se cumpla la condición de la sentencia *if*.

La figura 12 muestra el diagrama de flujo que corresponde a la acción que cumple esta sentencia condicional dentro de la programación. Como se observa a diferencia de la anterior condicional, esta mantiene un bloque adicional permitiendo así ejecutar una acción para cualquiera de las dos opciones que se planteen dentro del programa.



**Figura 12.** Diagrama de flujo de la sentencia “else”

**Fuente:** Los Autores

### 8.5.3.3 Condicional “elif”

La expresión *elif* es una contracción de *else-if*, es decir, primero se evalúa la condición del *if*. Si es cierto, se ejecuta su código y se continúa ejecutando el código posterior al condicional; si no se cumple, se evalúa la condición del *elif*.

El diagrama de flujo que se muestra en la Figura 13 representa la acción que cumple esta condición dentro de la programación. En este caso interviene un proceso de cadena ya que una condición se encuentra dentro de otra y por lo tanto el número de opciones a ejecutarse también incrementan.

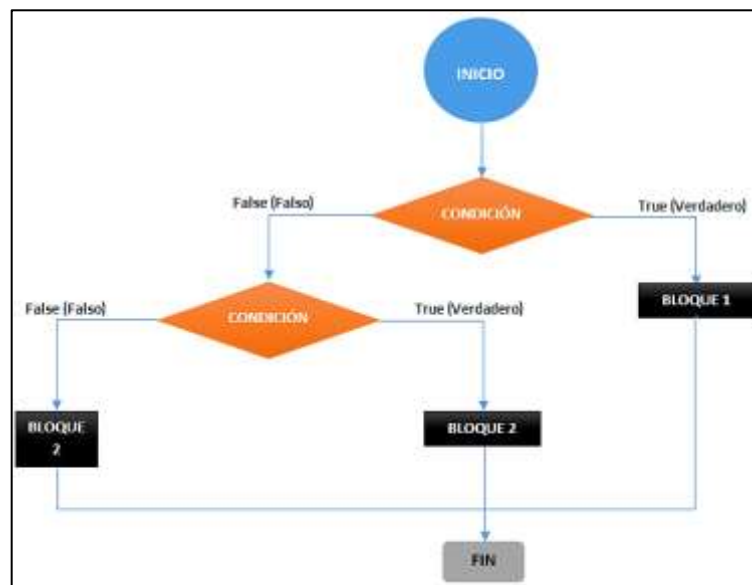


Figura 13. Diagrama de flujo representando la condicional “elif”

Fuente: Los Autores

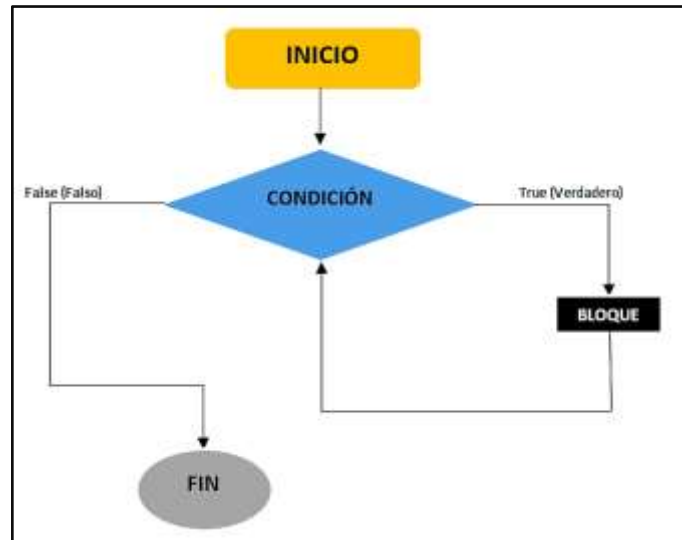
### 8.5.4 Bucles (sentencias iterativas)

Mientras que los condicionales permiten ejecutar distintos fragmentos de código dependiendo de ciertas condiciones, los bucles permiten ejecutar un mismo fragmento de código un cierto número de veces, mientras se cumpla una determinada condición. Python permite indicar si se desea que se repita un trozo de programa de dos formas distintas, una de ellas es mediante la sentencia *while*.

#### 8.5.4.1 Sentencia “while”

En este tipo de iteración, siempre y cuando la prueba se evalúe como *true*, la declaración o bloque de instrucciones se seguirán ejecutando. Por lo tanto, el flujo ejecutará todas las sentencias dentro del bloque de bucle y si el condicionante del mismo es *false*, se ejecutarán las siguientes sentencias después del *while*. Si el condicionante da siempre como resultado *true*, en ese caso, se obtendrá lo que se denomina como un bucle infinito [28].

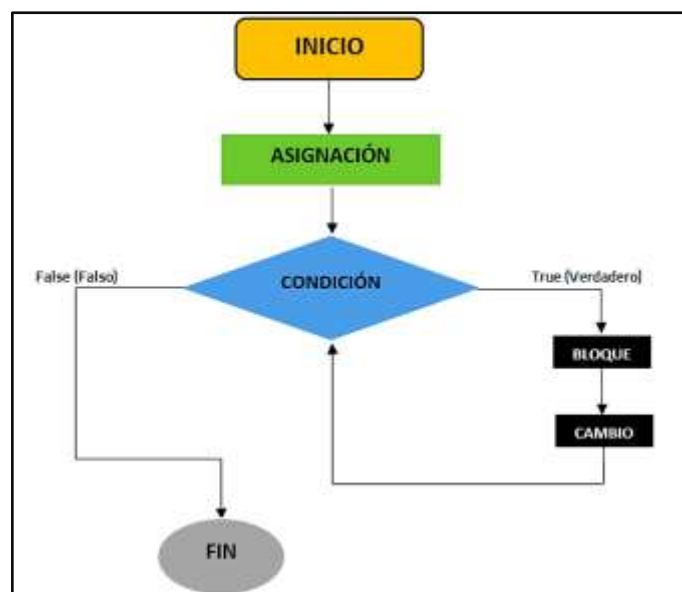
La Figura 14 muestra el diagrama de flujo correspondiente a la acción que ejecuta la sentencia iterativa “while” en donde se evidencia que contiene dos modos de operación y para cada una de ellas su respectivo accionamiento.



**Figura 14.** Diagrama de flujo representando la condición “while”

**Fuente:** Los Autores

Si se incluye en este esquema la definición y modificación de las variables de control que intervienen en la condición, el diagrama de flujo sería como se lo muestra en la Figura 15, donde la modificación se la hace en caso de elegir la opción de “verdadero”, caso contrario la sentencia culminará de acuerdo con la programación planteada.



**Figura 15.** Diagrama de flujo de la condición “while” con modificación de variables

**Fuente:** Autor(es)

## **9. VALIDACIÓN DE PREGUNTAS CIENTÍFICAS E HIPÓTESIS**

El desarrollo de una herramienta informática para la operación de barras en una subestación consta de un ambiente virtual interactivo que contribuya a la comprensión del estudiante en cuanto al comportamiento de una subestación en dependencia de su configuración, su respectivo control y a la vez analizar las maniobras de operación que puedan ser realizadas en el software.

## **10. METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL**

### **Modalidades de la investigación**

El presente documento responde a la modalidad de investigación y experimental.

La investigación documental: Es una técnica de investigación cualitativa que se encarga de recopilar y seleccionar información a través de la lectura de documentos, libros, revistas, y diferentes tipos de bibliografías con el propósito de ampliar y profundizar diferentes enfoques, teorías, opiniones y recomendaciones del autor o los autores sobre los aspectos técnicos que involucra las configuraciones de subestaciones y sus modos de operación. Por medio de la cual se recopilará y se analizará toda la información teórica y analítica.

### **Niveles o tipos de investigación**

Descriptiva: El objetivo de este tipo de investigación es únicamente establecer una descripción lo más completa posible de un fenómeno, situación o elemento concreto, sin buscar ni causas ni consecuencias de éste. Mide las características y observa la configuración y los procesos que componen los fenómenos, sin pararse a valorarlos.

Así pues, en muchas ocasiones este tipo de investigación no pregunta por la causalidad de los fenómenos. Sino que permite definir el análisis, así como identificar las variables que se van a controlar y el método utilizado en la programación para el desarrollo de la aplicación informática de simulación de operación de barras de una subestación.

### **Técnicas de investigación**

Observación: Es una técnica que permite tomar información y regístrala para su posterior análisis siendo un elemento fundamental de todo proceso investigativo llegando a obtener resultados de gran ayuda para la ejecución del proyecto.

Simulación: Es una técnica que permite emplear modelos simplificados de un sistema además de reducir los tiempos de prueba, es por ello que para la simulación del sistema propuesto se desarrollará mediante el uso del lenguaje de programación Python, que permitirá diseñar la interfaz de la aplicación y obtener diferentes resultados para un posterior análisis en base a los parámetros y condiciones definidas.

## 11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### Programación y estructura de la aplicación

El desarrollo de la programación en el software Python del sistema de operación de distintas configuraciones de barras con las que cuenta una subestación, parte inicialmente de la codificación que genera la interfaz que se va a utilizar, en este caso se optó por “Tkinter”, la cual es una interfaz estándar de Python y el más utilizado para crear aplicaciones. En la figura 16 se muestra la pantalla inicial de la aplicación en la cual se podrá acceder a cada una de las simulaciones planteadas en la investigación.



**Figura 16.** Interfaz inicial de la aplicación realizada en Python

**Fuente:** Los Autores

Una vez que se haya accedido a la pantalla inicial de la aplicación, al dar clic en el botón “iniciar” aparecerán las 6 opciones de configuración las cuales estarán programadas con cada uno de los esquemas de conexión para que el usuario pueda generar diversas maniobras tanto en modo manual como en modo automático. La pantalla con el respectivo menú de opciones se muestra en la Figura 17 donde están contemplados los 6 tipos de configuración de conexión de barras.



**Figura 17.** Interfaz con los datos y menú de opciones

**Fuente:** Los Autores

Una vez se haya optado por una de las configuraciones aparecerá la simulación correspondiente y posteriormente con ayuda de la guía práctica se podrán analizar los resultados de las maniobras que se realicen.

### **Análisis de los esquemas de conexión de barras**

El desarrollo de la aplicación conlleva diversos procedimientos que deben cumplirse para un correcto funcionamiento al iniciar con la simulación del control de seccionadores, interruptores y demás elementos que constituyen los diferentes esquemas de configuraciones existentes.

Para iniciar con el proceso de simulación se inicia declarando las variables que se van a utilizar dentro de la programación, y una vez teniendo acceso a la interfaz de los esquemas de conexión se plantean diversos escenarios de operación y maniobra para cada una de las configuraciones.

### Configuración de barra sencilla

Es prácticamente el esquema más sencillo, en donde todas las llegadas o salidas se conectan a través de un equipo de mando hacia la única barra. Al momento de hacer algún mantenimiento en la barra se debe sacar de servicio todas las derivaciones.

### Escenario de operación y maniobra en barra sencilla

- En el sistema de barra sencilla (69 kV) de la subestación Nueva Babahoyo se requiere alimentar el circuito correspondiente a la carga 1 “CNEL Los Ríos 1”, para dicho requerimiento es necesario la previa conexión de su alimentador T1 a la barra, seguidamente se plantea el requerimiento de conexión del circuito que satisface la demanda de la carga 2 “CNEL Los Ríos 2”, maniobra para la cual también es necesario la conexión a la barra del transformador T2. Una vez cumplido con las maniobras descritas entra en funcionamiento óptimo el sistema en su totalidad. Durante el funcionamiento del sistema se requiere hacer un mantenimiento a la barra, para lo cual se debe sacar de servicio todas las derivaciones asociadas a la barra.

Estado inicial de la configuración (Figura 18):

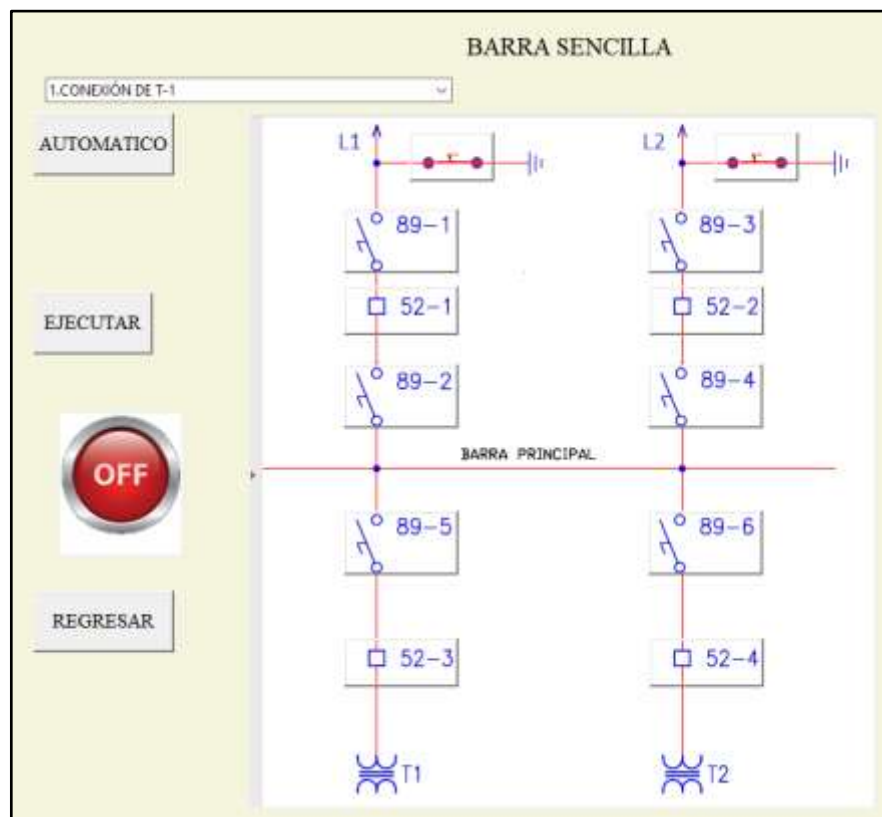


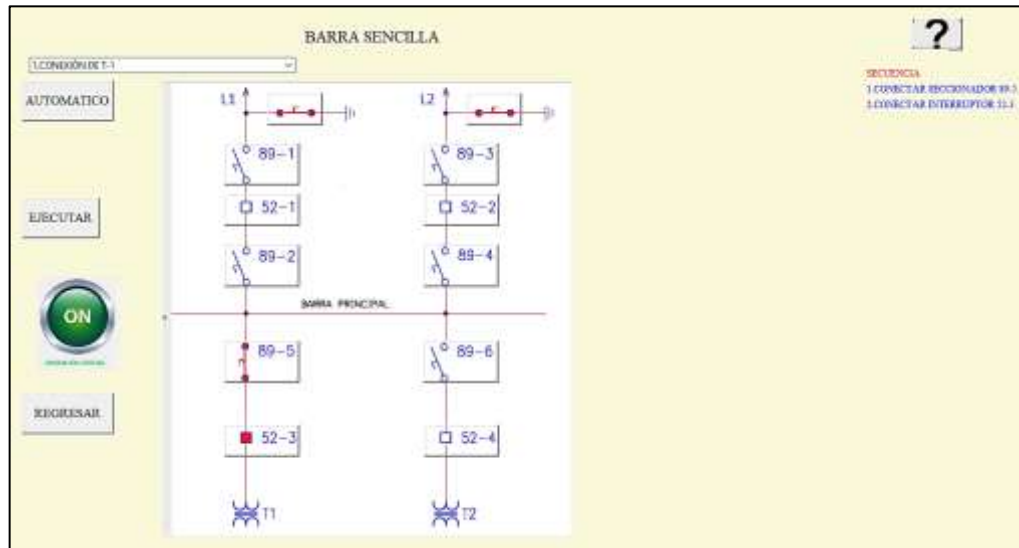
Figura 18. Diagrama de configuración de barra sencilla en estado inicial

Fuente: Los Autores

### Procedimiento para la conexión del transformador (T1) a la barra

Maniobras necesarias para la operación (Figura 19):

- Conexión de seccionador 89-5
- Conexión de interruptor 52-3



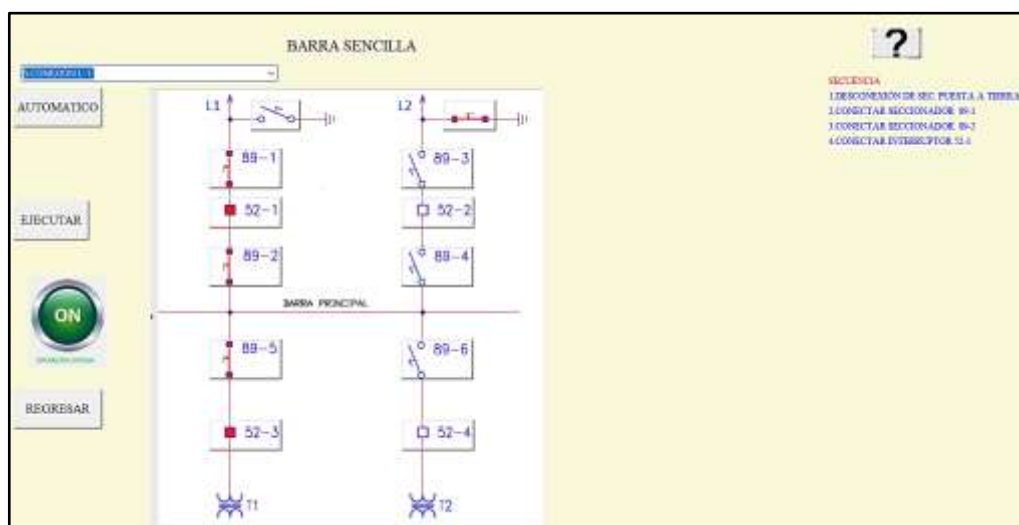
**Figura 19.** Diagrama de conexión del circuito de T1 a la barra

Fuente: Los Autores

### Procedimiento para la conexión del circuito de la carga 1 (CNEL Los Ríos 1)

Maniobras necesarias para la operación (Figura 20):

- Desconexión de seccionador de puesta a tierra
- Conexión de seccionador 89-1
- Conexión de seccionador 89-2
- Conexión de interruptor 52-1



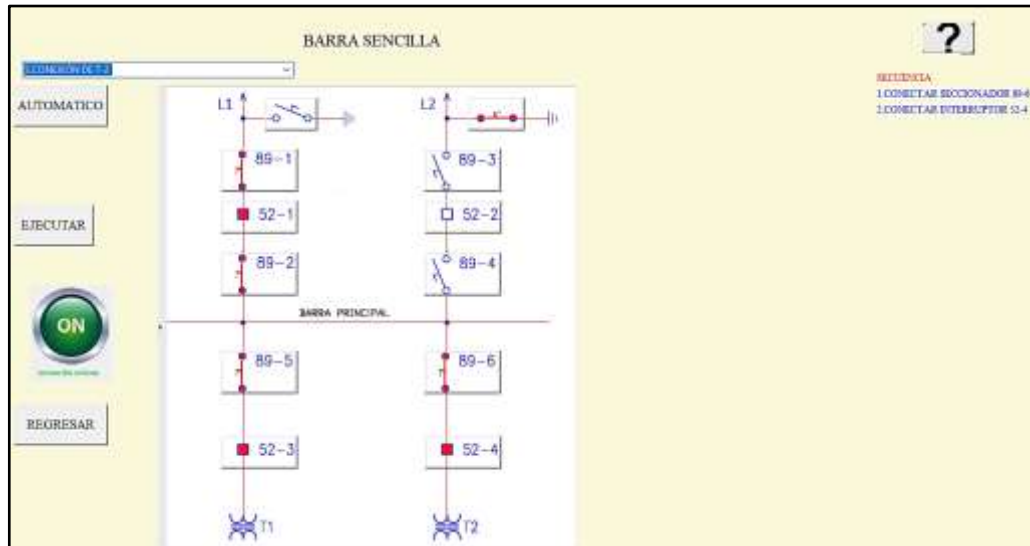
**Figura 20.** Diagrama con los circuitos T1 y de la carga 1 conectados a la barra

Fuente: Los Autores

### Procedimiento para la conexión del transformador (T2) a la barra

Maniobras necesarias para la operación (Figura 21):

- Conexión de seccionador 89-6
- Conexión de interruptor 52-4



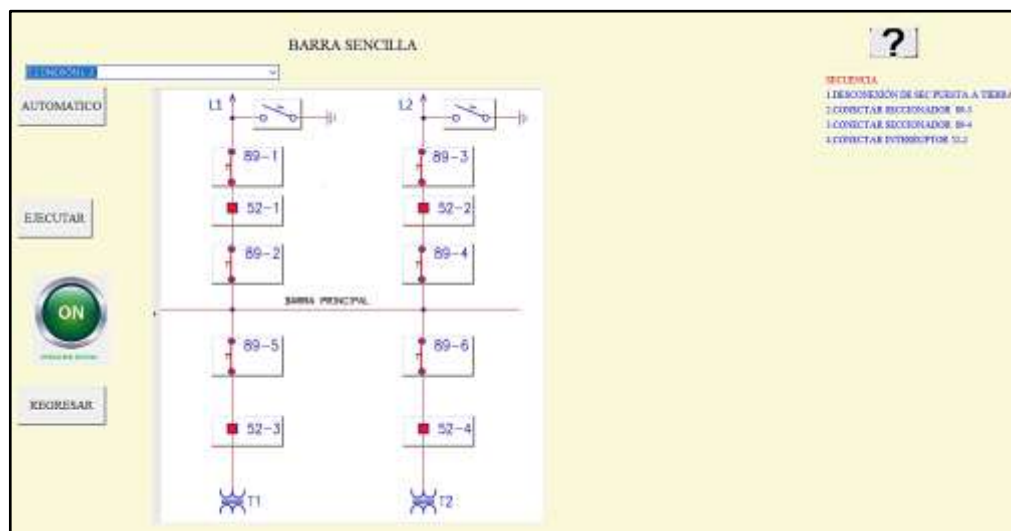
**Figura 21.** Diagrama con el circuito de T2 conectado a la barra

Fuente: Los Autores

### Procedimiento para la conexión del circuito de la carga 2 (CNEL Los Ríos 2)

Maniobras necesarias para la operación (Figura 22):

- Desconexión de seccionador de puesta a tierra
- Conexión de seccionador 89-3
- Conexión de seccionador 89-4
- Conexión de interruptor 52-2



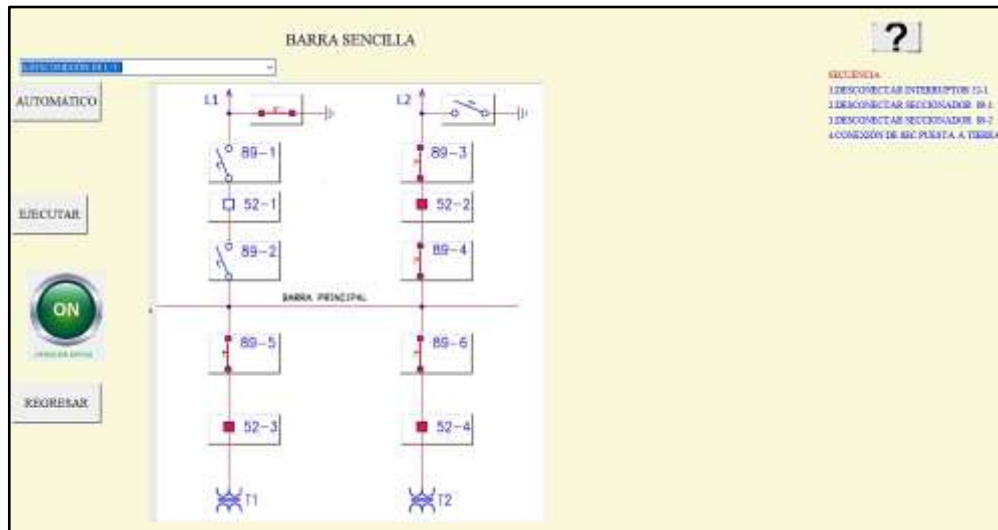
**Figura 22.** Diagrama con el circuito de la carga 2 conectado a la barra

Fuente: Los Autores

### Procedimiento para la desconexión del circuito de la carga 1 (CNEL Los Ríos 1)

Maniobras necesarias para la operación (Figura 23):

- Desconexión de interruptor 52-1
- Desconexión de seccionador 89-1
- Desconexión de seccionador 89-2
- Conexión de seccionador de puesta a tierra



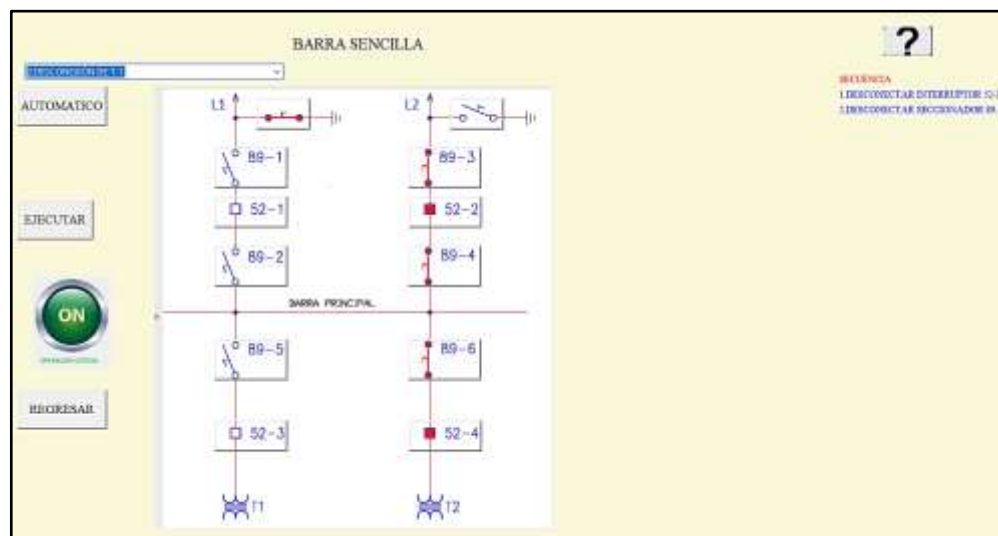
**Figura 23.** Diagrama con el circuito de la carga 1 desconectado de la barra

Fuente: Los Autores

### Procedimiento para la desconexión del transformador (T1) de la barra

Maniobras necesarias para la operación (Figura 24):

- Desconexión de interruptor 52-3
- Desconexión de seccionador 89-5



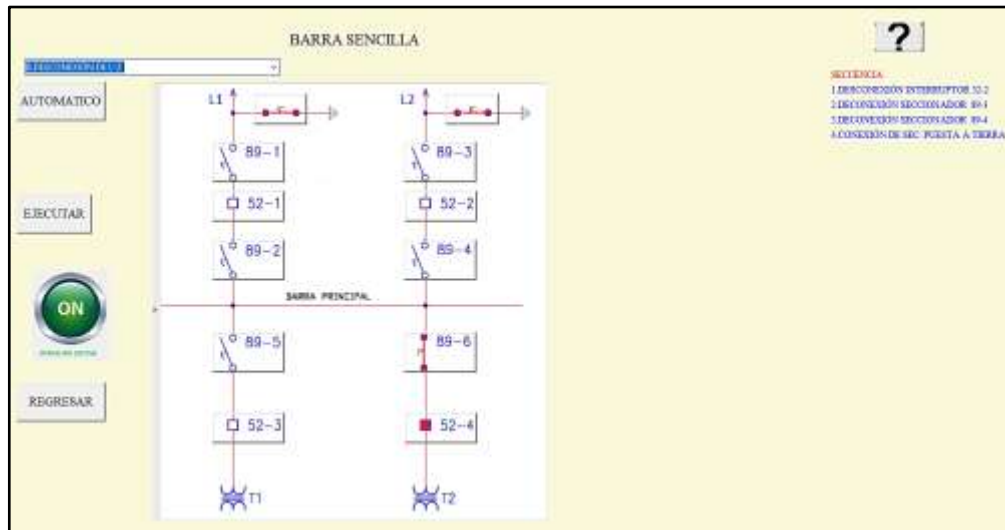
**Figura 24.** Diagrama con los circuitos de la carga 1 y T1 desconectados de la barra

Fuente: Los Autores

### Procedimiento para la desconexión del circuito de la carga 2 (CNEL Los Ríos 2)

Maniobras necesarias para la operación (Figura 25):

- Desconexión de interruptor 52-2
- Desconexión de seccionador 89-3
- Desconexión de seccionador 89-4
- Conexión de seccionador de puesta a tierra



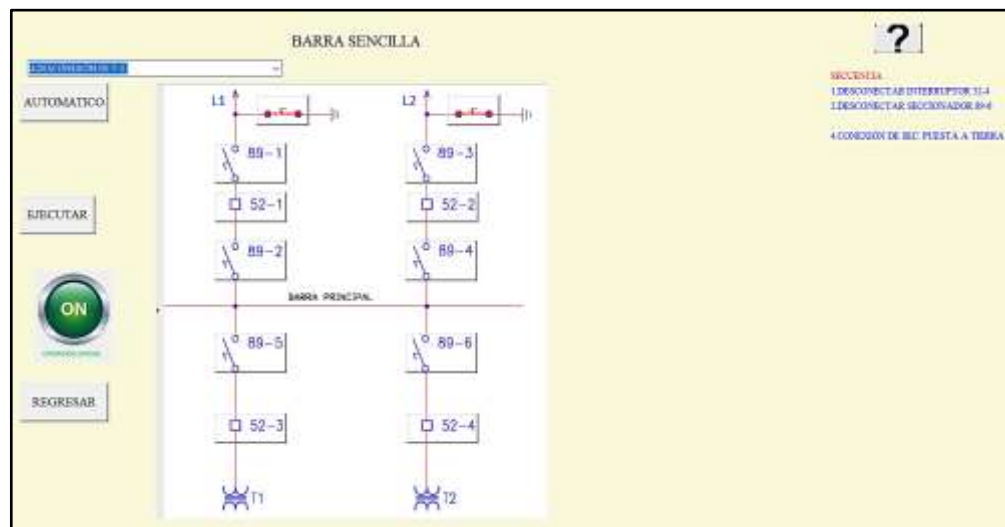
**Figura 25.** Diagrama con el circuito de la carga 2 desconectado de la barra

Fuente: Los Autores

### Procedimiento para la desconexión del transformador (T2) de la barra

Maniobras necesarias para la operación (Figura 26):

- Desconexión de interruptor 52-4
- Desconexión de seccionador 89-6



**Figura 26.** Diagrama con todas las derivaciones a la barra desconectadas

Fuente: Los Autores

### **Análisis del escenario planteado en barra sencilla**

Para esta configuración se analizó la disposición de 2 circuitos de alimentación que satisfacen la demanda a dos cargas (CNEL Los Ríos 1 y CNEL Los Ríos 2). Puesto que en esta configuración únicamente se tiene un juego de barras, no existe muchas probabilidades de hacer operaciones incorrectas y además tiende a ser más económica que las demás configuraciones. Cuando existe una falla o debe cumplir un proceso de mantenimiento en la barra, este suspende su servicio totalmente dejando sin energía todas sus derivaciones. Sin embargo, cuando la falla o proceso de mantenimiento sucede en uno de los elementos de potencia (suponiendo una falla en el interruptor 52-1 de la carga CNEL Los Ríos 1) se suspende el servicio del circuito al que está asociado dicho elemento.

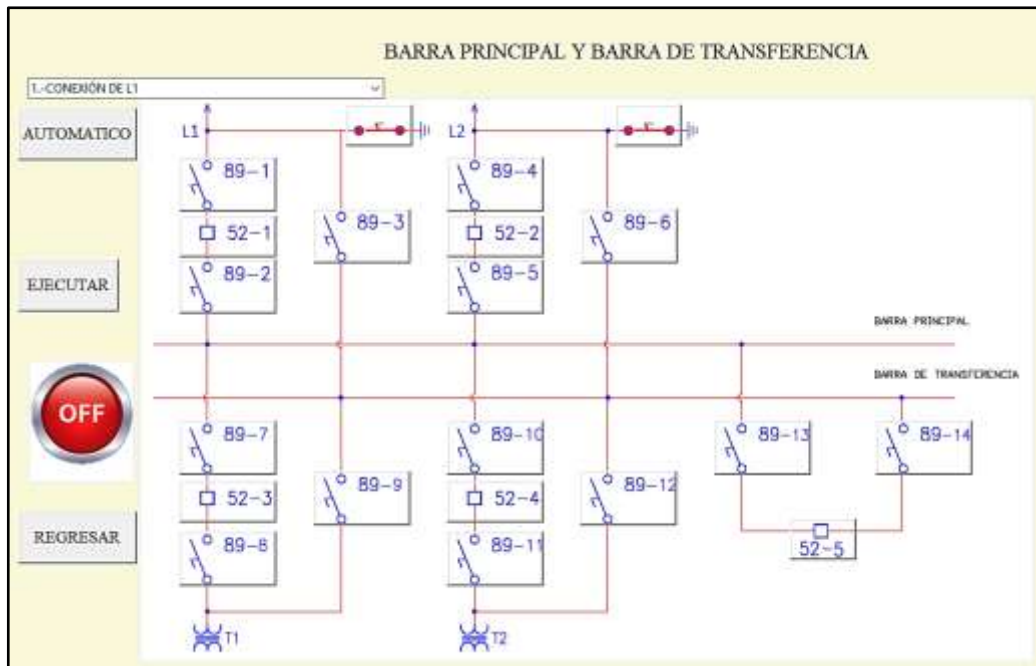
### **Configuración de barra principal más barra de transferencia**

Esta configuración permite la conexión de cada circuito por medio del interruptor de transferencia a la barra con el mismo nombre, de esta forma cuando existe una falla o un proceso de mantenimiento en el interruptor principal se mantiene el servicio con normalidad a través de la barra de transferencia.

### **Escenario de operación y maniobra en barra principal más barra de transferencia**

- En el sistema de barra principal y de transferencia (69 kV) de la subestación Chone se requiere alimentar el circuito que satisface la demanda de la carga 1 “Calceta” a través de la barra principal, para dicha maniobra es necesario la previa conexión de su alimentador T1 a dicha barra, seguidamente se plantea el requerimiento de conexión del circuito que satisface la demanda de la carga 2 “Tosagua”, maniobra para la cual también se considera necesario la conexión previa del transformador T2 a la barra principal. Una vez cumplido con las maniobras descritas entra en funcionamiento óptimo el sistema en su totalidad. Durante el funcionamiento del sistema se presenta una falla en el circuito principal del transformador 1, por lo tanto, se establece la conexión a través de la barra de transferencia y posteriormente el circuito de la carga 1 también debe ingresar en funcionamiento estableciendo su conexión hacia la misma barra, para esta última maniobra el transformador 1 debe retomar su alimentación a través de su circuito principal con la barra del mismo nombre.

### Estado inicial de la configuración (Figura 27):



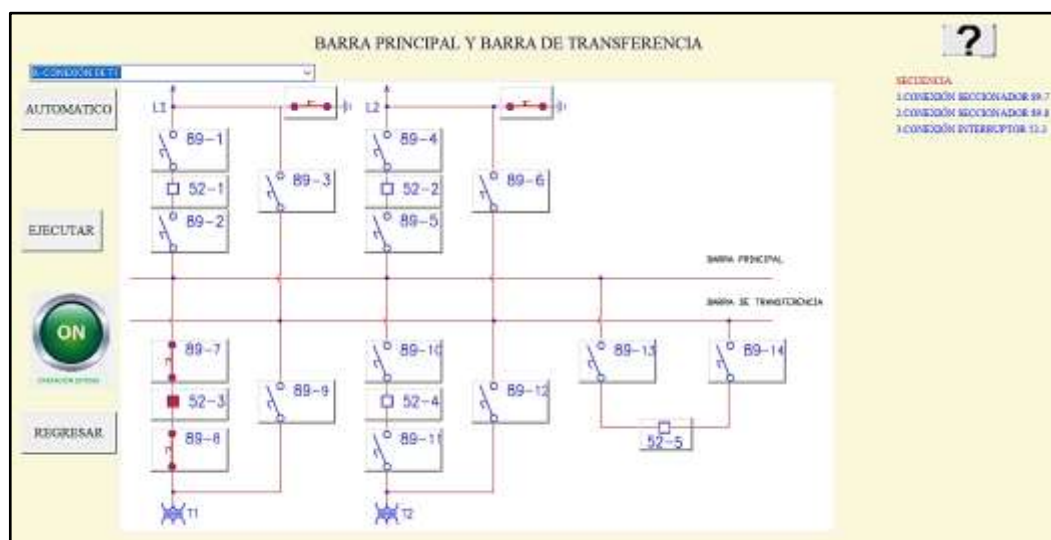
**Figura 27.** Diagrama de configuración de barra principal más barra de transferencia en estado inicial

Fuente: Los Autores

### Procedimiento para la conexión del transformador (T1) a la barra principal

Maniobras necesarias para la operación (Figura 28):

- Conexión de seccionador 89-7
- Conexión de seccionador 89-8
- Conexión de interruptor 52-3



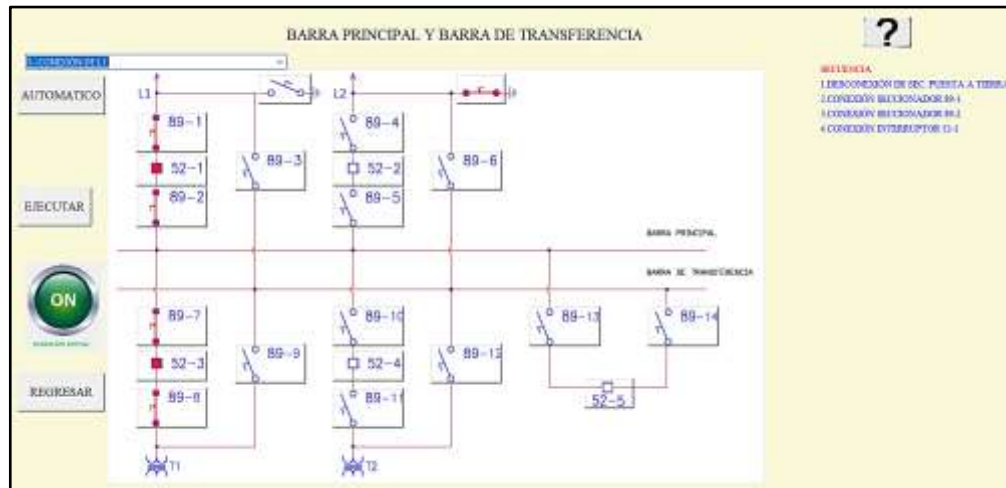
**Figura 28.** Diagrama con el circuito de T1 conectado a la barra principal

Fuente: Los Autores

## Procedimiento para la conexión del circuito de la carga 1 (Calceta) a la barra principal

Maniobras necesarias para la operación (Figura 29):

- Desconexión de seccionador de puesta a tierra
- Conexión de seccionador 89-1
- Conexión de seccionador 89-2
- Conexión de interruptor 52-1



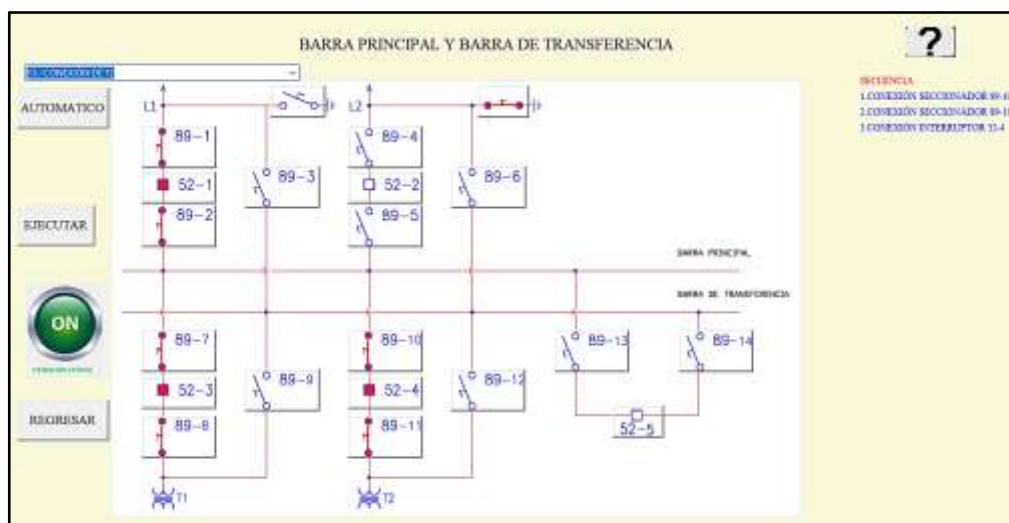
**Figura 29.** Diagrama con los circuitos de T1 y carga 1 conectados a la barra principal

Fuente: Los Autores

## Procedimiento para la conexión del transformador (T2) a la barra principal

Maniobras necesarias para la operación (Figura 30):

- Conexión de seccionador 89-10
- Conexión de seccionador 89-11
- Conexión de interruptor 52-4



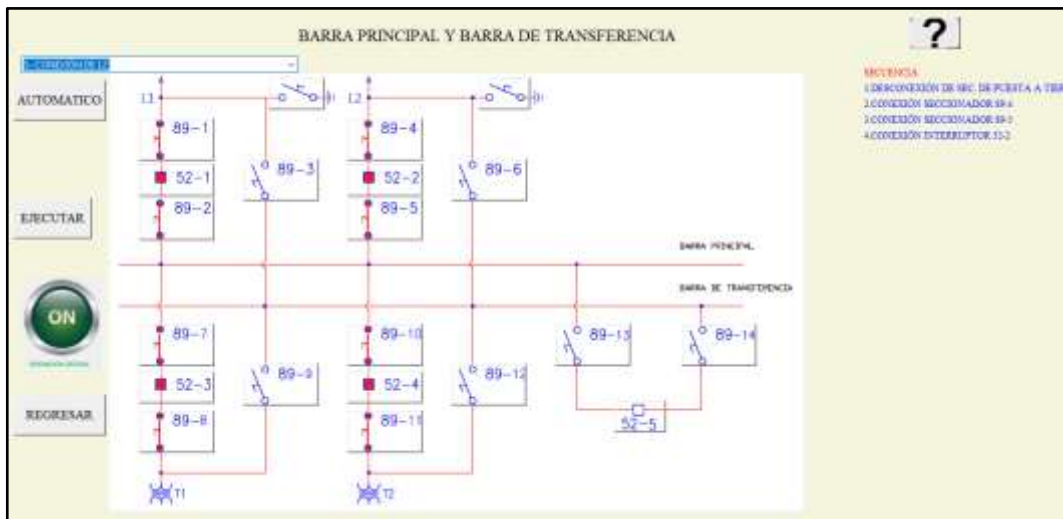
**Figura 30.** Diagrama con el circuito de T2 conectado a la barra principal

Fuente: Los Autores

## Procedimiento para la conexión del circuito de la carga 2 (Tosagua) a la barra principal

Maniobras necesarias para la operación (Figura 31):

- Desconexión de seccionador de puesta a tierra
- Conexión de seccionador 89-4
- Conexión de seccionador 89-5
- Conexión de interruptor 52-2



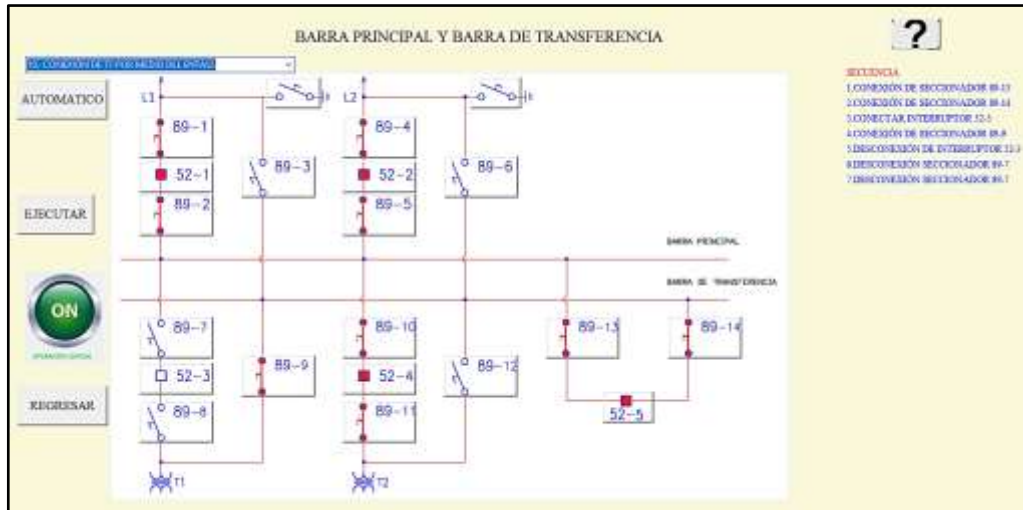
**Figura 31.** Diagrama con los cuatro circuitos conectados a la barra principal

**Fuente:** Los Autores

## Procedimiento para la conexión del circuito del transformador 1 hacia la barra de transferencia (ingresa en funcionamiento el módulo de acoplamiento)

Maniobras necesarias para la operación (Figura 32):

- Conexión de seccionador 89-13
- Conexión de seccionador 89-14
- Conexión de interruptor 52-5
- Conexión de seccionador 89-9
- Desconexión de interruptor 52-3
- Desconexión de seccionador 89-7
- Desconexión de seccionador 89-8



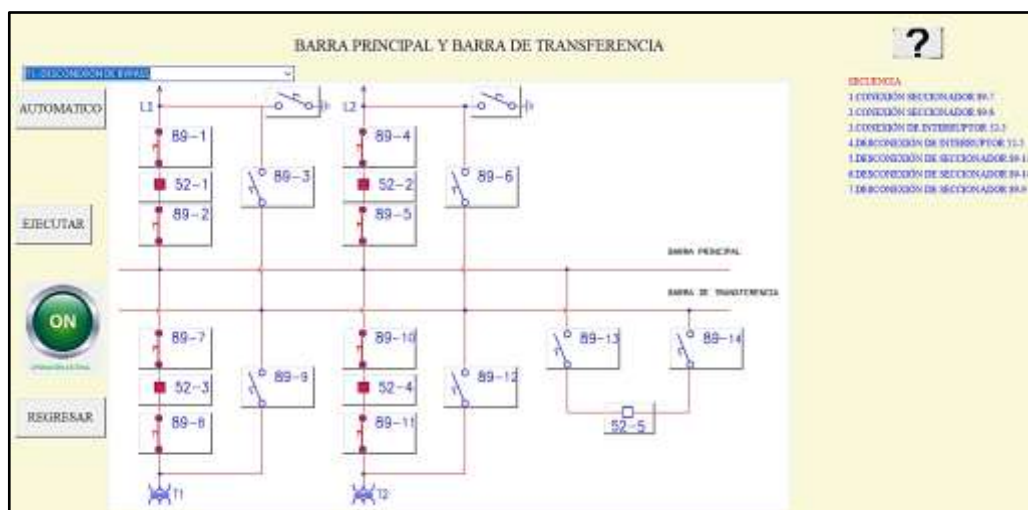
**Figura 32.** Diagrama con el circuito de T1 conectado a la barra de transferencia

**Fuente:** Los Autores

**Procedimiento para la conexión del circuito de la carga 1 (Calceta) hacia la barra de transferencia** (para esta maniobra el circuito del transformador 1 debe retomar su funcionamiento a través de la barra principal).

Maniobras necesarias para la operación (Figura 33): Retomar el servicio del transformador

- Conexión de seccionador 89-7
- Conexión de seccionador 89-8
- Conexión de interruptor 52-3
- Desconexión de interruptor 52-5
- Desconexión de seccionador 89-13
- Desconexión de seccionador 89-14
- Desconexión de seccionador 89-9



**Figura 33.** Diagrama con el circuito de T1 conectado a la barra principal

**Fuente:** Los Autores

## Procedimiento para la conexión del circuito de la carga 1 (Calceta) hacia la barra de transferencia (para este proceso entra en funcionamiento el módulo de acoplamiento).

Maniobras necesarias para la operación (Figura 34):

- Conexión de seccionador 89-13
- Conexión de seccionador 89-14
- Conexión de interruptor 52-5
- Conexión de seccionador 89-3
- Desconexión de interruptor 52-1
- Desconexión de seccionador 89-1
- Desconexión de seccionador 89-2

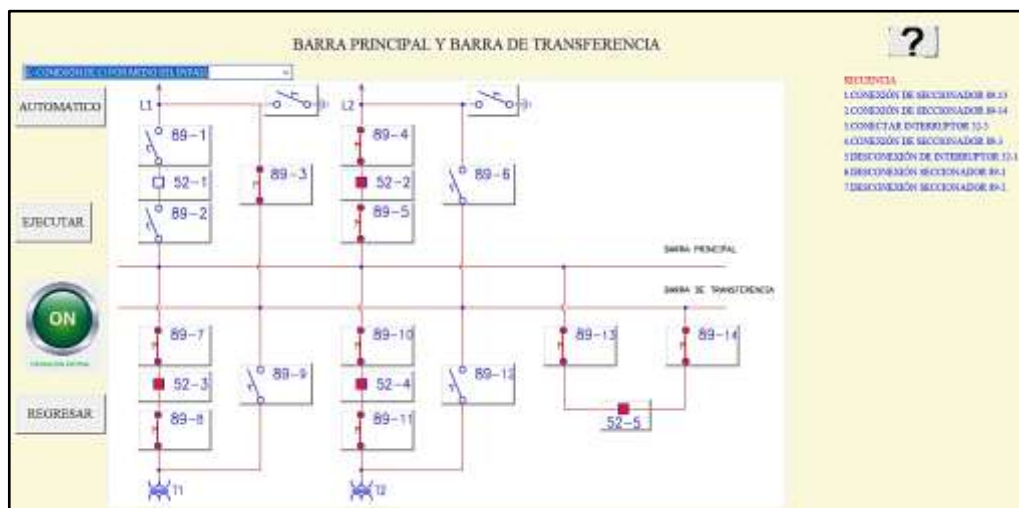


Figura 34. Diagrama con el circuito de la carga 1 conectado a la barra de transferencia

Fuente: Los Autores

## Análisis del escenario planteado en barra principal más barra de transferencia

Para esta configuración se analizó la disposición de 2 circuitos de alimentación que satisfacen la demanda de dos cargas (Calceta y Tosagua) a través de la barra principal o de la barra de transferencia a través del funcionamiento del módulo de acoplamiento. En esta configuración se añade una barra auxiliar a la barra principal. De este modo cada circuito de carga (Calceta y Tosagua) o de alimentación (T1 y T2) en caso de existir una falla o proceso de mantenimiento en la barra principal se puede conectar por medio de la barra de transferencia (auxiliar) manteniendo así el servicio normal de energía.

Para el caso de modificar la conexión de uno de los circuitos de una a otra barra es necesario la interacción del módulo de acoplamiento. En diversos casos se posibilita el uso de la barra de

transferencia como puente de paso de una línea que ingresa a la subestación y vuelve a salir de ella.

Cuando existe una falla o debe cumplir un proceso de mantenimiento en la barra, esta saca de servicio toda la subestación. Sin embargo, cuando la falla o proceso de mantenimiento sucede en uno de los elementos de potencia (suponiendo una falla en el interruptor 52-2 de la carga Tosagua) se suspende el servicio del circuito al que está asociado dicho elemento hasta que pueda aislarse la falla, esto representa falta de seguridad de la configuración.

### **Configuración de doble barra**

Esta configuración presenta flexibilidad, puesto que permite la separación de circuitos en cada barra, por lo tanto, se dividen los sistemas, además tiene confiabilidad, pero no seguridad en caso de fallas en barras y en interruptores. Si ocurre una falla en una de las barras solamente la mitad de la subestación quedaría fuera de servicio.

### **Escenario de operación y maniobra en doble barra**

- En el sistema de doble barra (230 kV) de la subestación Nueva Prosperina es necesario alimentar el circuito que satisface la demanda de la carga 1 “Pascuales” a través de la barra 1, para lo cual es necesario la conexión previa de su alimentador T1 a dicha barra. Se plantea además la conexión del circuito que satisface la demanda de la carga 2 “Trinitaria”, por medio de la barra 2, maniobra para la cual también se considera necesario la conexión previa del transformador T2 a la misma barra. Una vez cumplido con las maniobras descritas entra en funcionamiento óptimo el sistema con los requerimientos planteados.
- Durante el funcionamiento del sistema se presenta un proceso de mantenimiento en el circuito que conecta el transformador 2 a la barra 2, por lo tanto, se establece una nueva conexión por medio de la barra 1. Posteriormente el circuito de la carga 2 “Trinitaria” también debe ingresar en funcionamiento con conexión hacia la barra 1.

Estado inicial de la configuración (Figura 35):

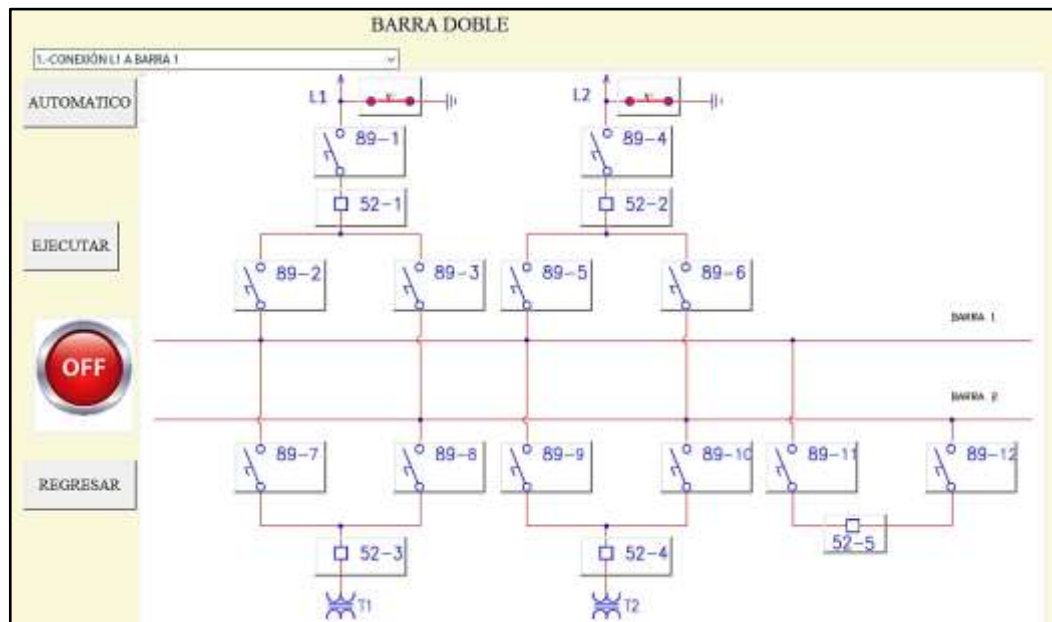


Figura 35. Diagrama de configuración de doble barra en estado inicial

Fuente: Los Autores

### Procedimiento para la conexión del transformador (T1) a la barra 1

Maniobras necesarias para la operación (Figura 36):

- Conexión de seccionador 89-7
- Conexión de interruptor 52-3

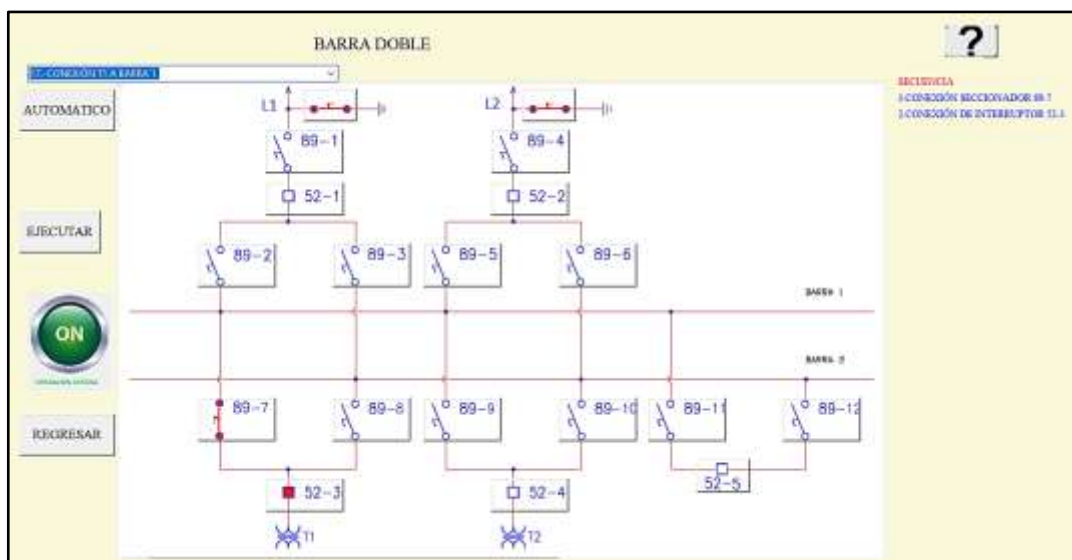


Figura 36. Diagrama con el circuito de T1 conectado a la barra 1

Fuente: Los Autores

### Procedimiento para la conexión del circuito de la carga 1 (Pascuales) a la barra 1

Maniobras necesarias para la operación (Figura 37):

- Desconexión de seccionador de puesta a tierra
- Conexión de seccionador 89-1
- Conexión de seccionador 89-2
- Conexión de interruptor 52-1

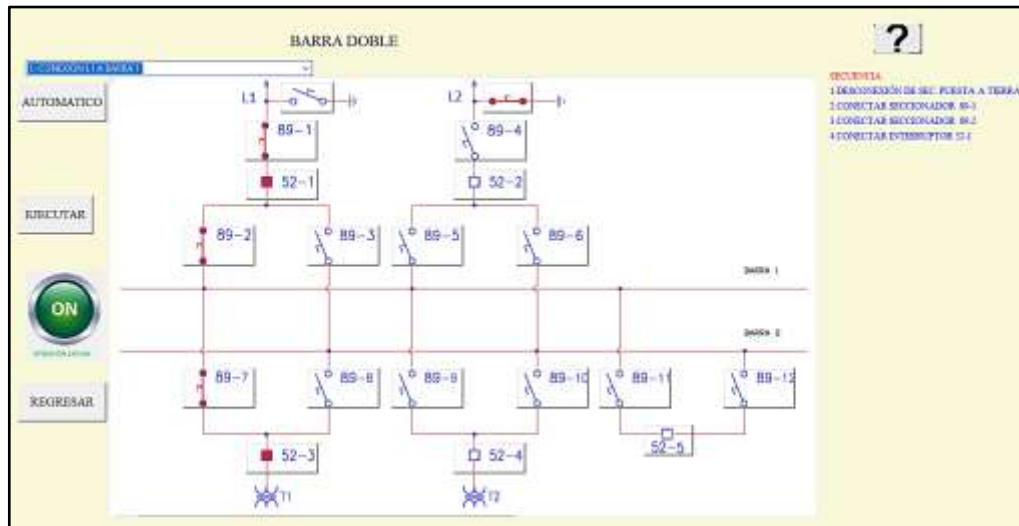


Figura 37. Diagrama con el circuito de T1 y carga 1 conectado a la barra 1

Fuente: Los Autores

### Procedimiento para la conexión del transformador (T2) a la barra 2

Maniobras necesarias para la operación (Figura 38):

- Conexión de seccionador 89-10
- Conexión de interruptor 52-4

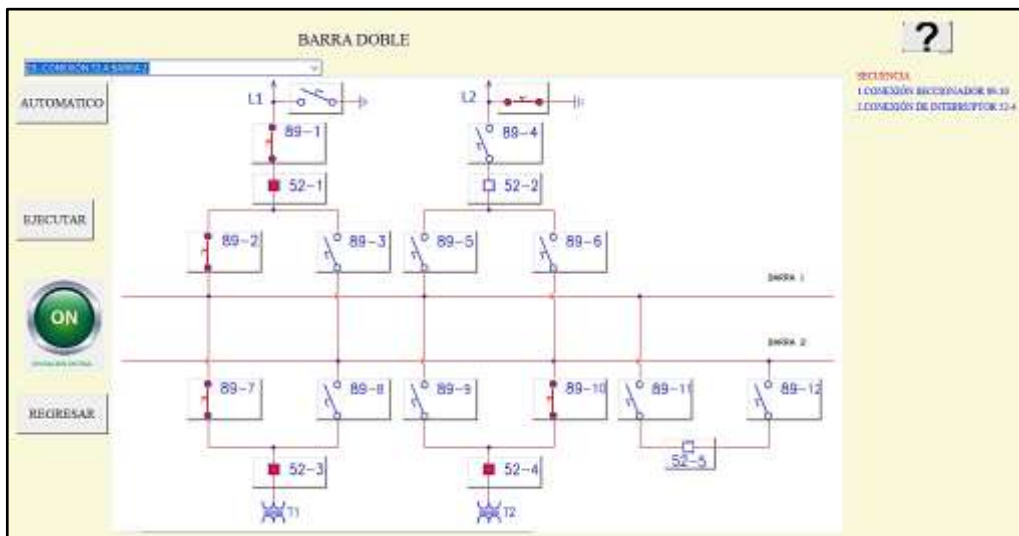


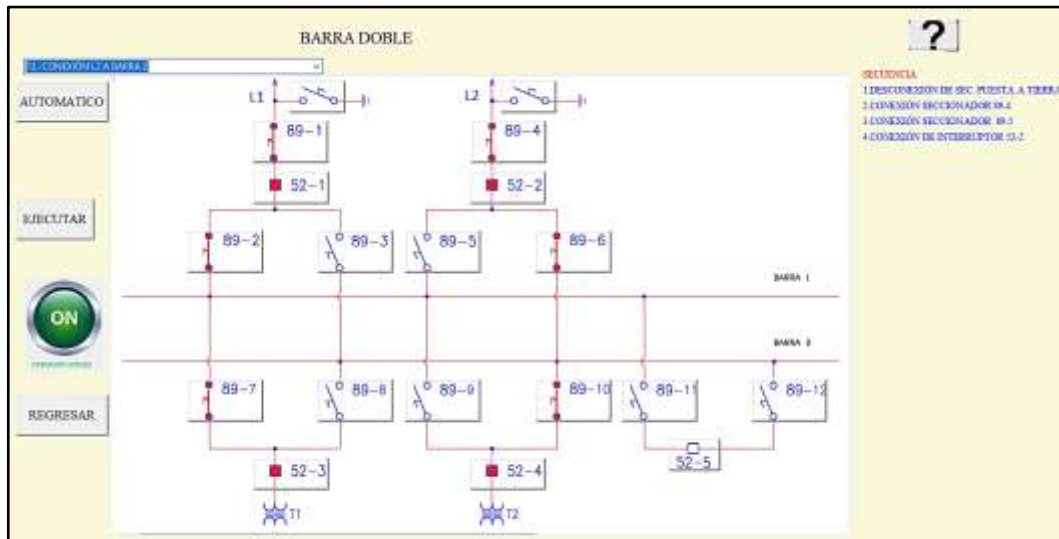
Figura 38. Diagrama con el circuito de T2 conectado a la barra 2

Fuente: Los Autores

## Procedimiento para la conexión del circuito de la carga 2 (Trinitaria) a la barra 2

Maniobras necesarias para la operación (Figura 39):

- Desconexión de seccionador de puesta a tierra
- Conexión de seccionador 89-4
- Conexión de seccionador 89-6
- Conexión de interruptor 52-2



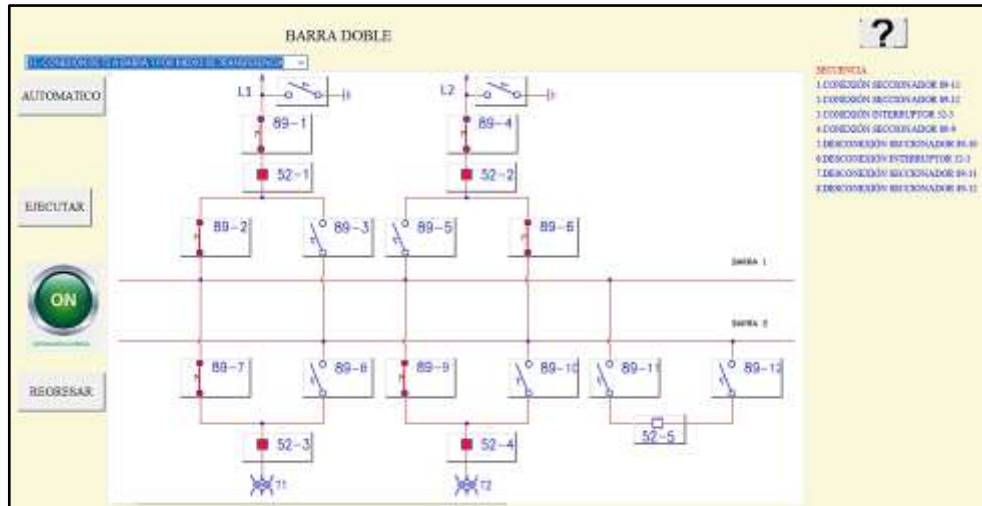
**Figura 39.** Diagrama con todas las derivaciones conectadas a las barras

**Fuente:** Autor(es)

**Procedimiento para la conexión del circuito del transformador 2 hacia la barra 1** (para este proceso entra en funcionamiento el módulo de acoplamiento).

Maniobras necesarias para la operación (Figura 40):

- Conexión de seccionador 89-11
- Conexión de seccionador 89-12
- Conexión de interruptor 52-5
- Conexión de seccionador 89-9
- Desconexión de seccionador 89-10
- Desconexión de interruptor 52-5
- Desconexión de seccionador 89-11
- Desconexión de seccionador 89-12



**Figura 40.** Diagrama con el circuito de T2 conectado a la barra 1

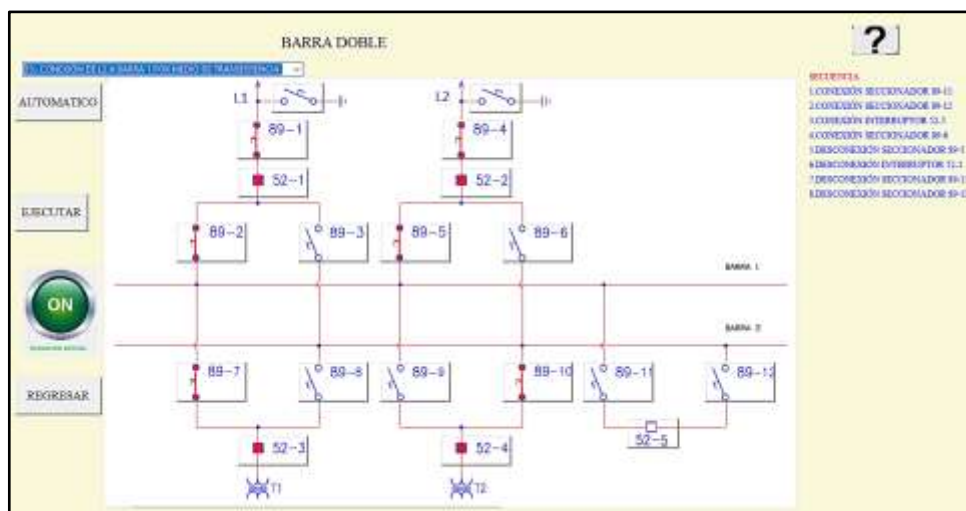
**Fuente:** Los Autores

### Procedimiento para la conexión del circuito de la carga 2 “Trinitaria” hacia la barra 1

(para este proceso entra en funcionamiento el módulo de acoplamiento).

Maniobras necesarias para la operación (Figura 41):

- Conexión de seccionador 89-11
- Conexión de seccionador 89-12
- Conexión de interruptor 52-5
- Conexión de seccionador 89-5
- Desconexión de seccionador 89-6
- Desconexión de interruptor 52-5
- Desconexión de seccionador 89-11
- Desconexión de seccionador 89-12



**Figura 41.** Diagrama con el circuito de la carga 2 conectado a la barra 1

**Fuente:** Los Autores

### **Análisis del escenario planteado en barra doble**

Para esta configuración se analizó la disposición de circuitos de alimentación que satisfacen la demanda de dos cargas (Pascuales y Trinitaria) conectados a distintas barras. En comparación con la barra sencilla, esta configuración añade una segunda barra principal conjuntamente con un módulo de acoplamiento, ofreciendo así mayor flexibilidad.

En este caso, inicialmente los circuitos de carga Pascuales y Trinitaria están conectados a la barra 1 y 2 respectivamente. De existir una falla o proceso de mantenimiento en una de las barras se puede conectar por medio de la otra barra, manteniendo así el servicio normal de energía hacia las derivaciones.

Para el caso de modificar la conexión de uno de los circuitos de una a otra barra es necesario la interacción del módulo de acoplamiento.

Cuando existe una falla o se debe cumplir un proceso de mantenimiento, es posible hacerlo sin suspender el servicio total. Cuando la falla o proceso de mantenimiento sucede en uno de los elementos de potencia (suponiendo una falla en el interruptor 52-1 de la carga Pascuales) se suspende el servicio del circuito al que está asociado dicho elemento hasta que pueda aislarse la falla.

### **Configuración de doble barra más seccionador de by-pass**

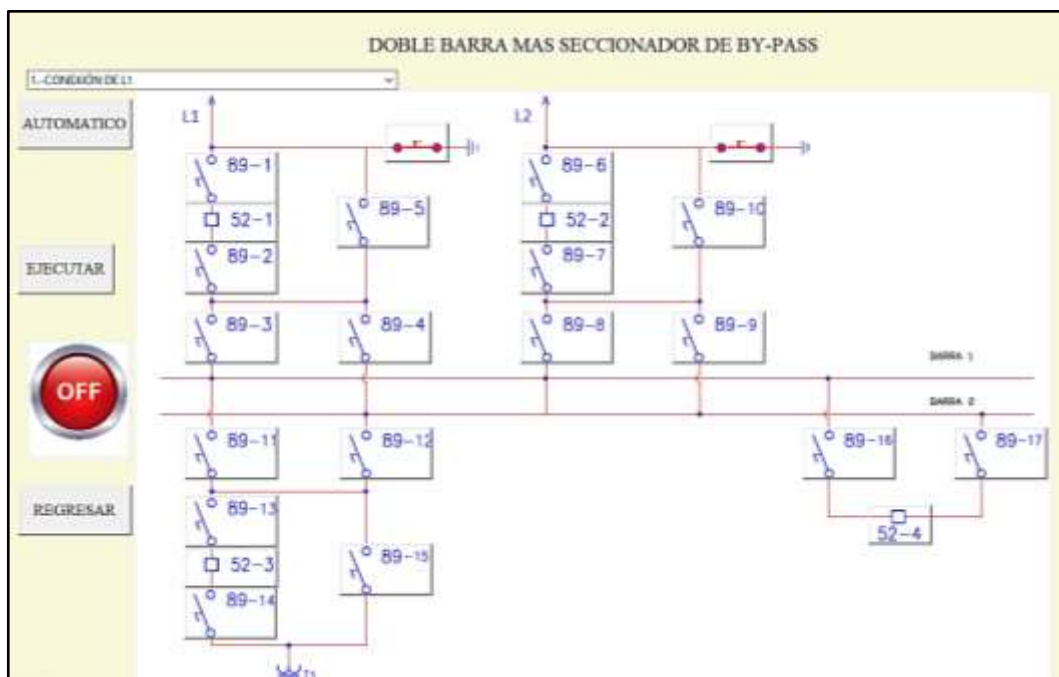
Este tipo de configuración es posible operar complementariamente a la operación normal de doble barra, con una barra siendo la principal y la otra de transferencia, con el interruptor de acoplamiento como de transferencia. Además, permite la partición de una de las barras mediante interruptor o seccionador.

### **Escenario de operación y maniobra en doble barra más seccionador de by-pass**

- A partir, de una parada de operaciones de la subestación “Quinindé” por repotenciación de sus instalaciones, ahora es necesario el inicio de las operaciones por lo que se procede a la conexión del circuito alimentador T1; el mismo que proveerá de potencia al circuito de carga “Quinindé 1- L1”; todos ellos mantienen la conexión por medio de la barra 1. En consideración que el circuito alimentador es capaz de abastecer una mayor demanda de carga, se procede a la conexión del circuito “Quinindé 2- L2” a la barra 1, en donde se presenta un estado operativo normal hasta que el interruptor de potencia 52-1 presenta fallas en su conexión, por tal motivo es necesario la incorporación de su circuito Bypass mientras se da solución a la problemática. Una vez que se soluciona la problemática de conexión del interruptor 52-1, es posible la reposición de la conexión del circuito “Quinindé 1- L1” por su circuito principal.

- Con el paso del tiempo se presenta un incremento en la carga tanto en el circuito L1 como L2 lo cual da lugar a las fallas en la conexión del seccionador 89-13. No obstante, para mitigar la contingencia se pone en marcha el circuito Bypass del circuito, permitiendo así mantener el suministro, pero aún se conserva el excedente de carga motivo por el cual es necesario la transferencia del circuito de carga “Quinindé 2- L2” a la barra 2 por medio del módulo de acoplamiento para precautelar los equipos del circuito alimentador y manteniendo de esta manera el suministro al Circuito “Quinindé 1- L1”, el cual presenta prioridad en cuanto a la demanda de suministro de energía eléctrica.
- Una vez resuelto la problemática de conexión del seccionador del alimentador 89-13 es posible la reposición del suministro a través de su circuito principal; logrando así, un suministro eficiente de la creciente carga del circuito “Quinindé 1- L1”.

#### Estado inicial de la configuración (Figura 42):



**Figura 42.** Diagrama de configuración de doble barra más seccionador de by-pass en estado inicial

**Fuente:** Los Autores

### Procedimiento para la conexión de T1 a la barra 1

Maniobras necesarias para la operación (Figura 43):

- Conexión de seccionador 89-13
- Conexión de seccionador 89-14
- Conexión de interruptor 52-3

### Procedimiento para la conexión del circuito de L1 a la barra 1

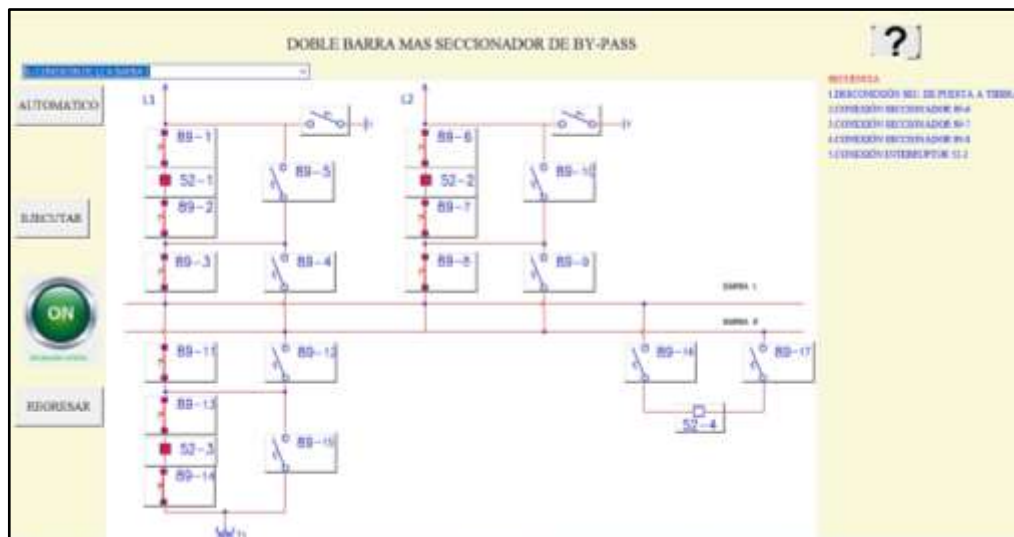
Maniobras necesarias para la operación (Figura 43):

- Conexión de seccionador 89-1
- Conexión de seccionador 89-2
- Conexión de seccionador 89-3
- Conexión de interruptor 52-1

### Procedimiento para la conexión del circuito de L2 a la barra 2

Maniobras necesarias para la operación (Figura 43):

- Conexión de seccionador 89-6
- Conexión de seccionador 89-7
- Conexión de seccionador 89-8
- Conexión de interruptor 52-2



**Figura 43.** Diagrama con los circuitos T1 y L1 conectados a la barra 1 y L2 conectado a la barra 2

**Fuente:** Los Autores

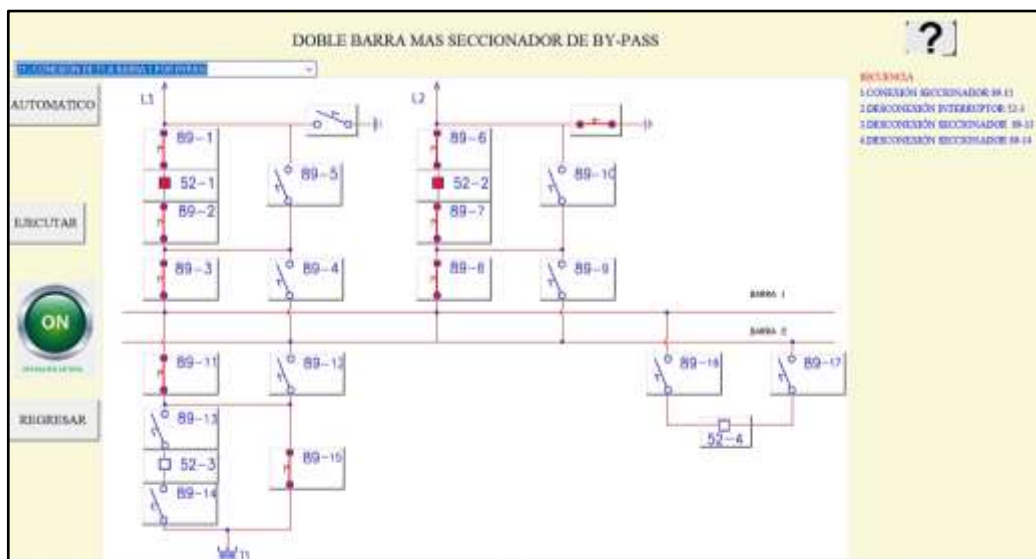


Con el incremento de la carga tanto en el circuito de la carga “Quinindé 1” como “Quinindé 2”, da lugar a posibles fallas en la conexión del seccionador del alimentador 89-13, por lo que para mitigar la contingencia se pone en marcha el circuito de by-pass

### Procedimiento para la conexión del circuito de T1 a la barra 1 a través de su by-pass

Maniobras necesarias para la operación (Figura 46):

- Conexión de seccionador 89-15
- Desconexión de interruptor 52-3
- Desconexión de seccionador 89-13
- Desconexión de seccionador 89-14



**Figura 46.** Diagrama con el circuito de T1 conectado mediante su by-pass

**Fuente:** Los Autores

### Procedimiento para la conexión del circuito de L2 a la barra 2 a través de su circuito de transferencia

Maniobras necesarias para la operación (Figura 47):

- Conexión de seccionador 89-16
- Conexión de seccionador 89-17
- Conexión de interruptor 52-4
- Conexión de seccionador 89-9
- Desconexión de seccionador 89-8
- Desconexión de interruptor 52-4
- Desconexión de seccionador 89-16
- Desconexión de seccionador 89-17



### **Análisis del escenario planteado en barra doble más seccionador de by-pass**

Con la puesta en marcha de la aplicación informática respecto a la configuración de doble barra más seccionador de by-pass, es posible evidenciar las maniobras que se pueden ejecutar en esta configuración. Considerando que la aplicación cuenta con un modo automático y uno manual. En este caso, se dio lugar a la ejecución del modo automático, tomando en cuenta que todas las maniobras posibles en esta configuración de barra que ya están programadas en la aplicación; por lo cual se garantiza que se facilita la comprensión de las conexiones.

En respuesta al escenario planteado para el análisis de la aplicación informática respecto a la doble barra más seccionador de by-pass se logró una correcta respuesta de la aplicación, la herramienta permitió dar cumplimiento al escenario, todo esto basado en los criterios de flexibilidad, confiabilidad y seguridad de la subestación.

Dentro del proceso de simulación del escenario fue posible evidenciar que esta configuración de barra opera principalmente como la configuración de doble barra, resaltando que al contar con su respectivo seccionador de bypass le es posible tener una mejor respuesta ante situaciones adversas como fue el caso planteado que de presentarse la necesidad de suplir la inoperatividad de los circuitos principales a través del bypass, alcanzando de esta manera una adecuada continuidad de servicio, sin descartar también, que al contar con un mayor número de elementos en la configuración se eleva la posibilidad de una operación incorrecta. Todo esto fue posible reconocer gracias a la correcta operación de la herramienta.

### **Configuración de doble barra más seccionador de transferencia**

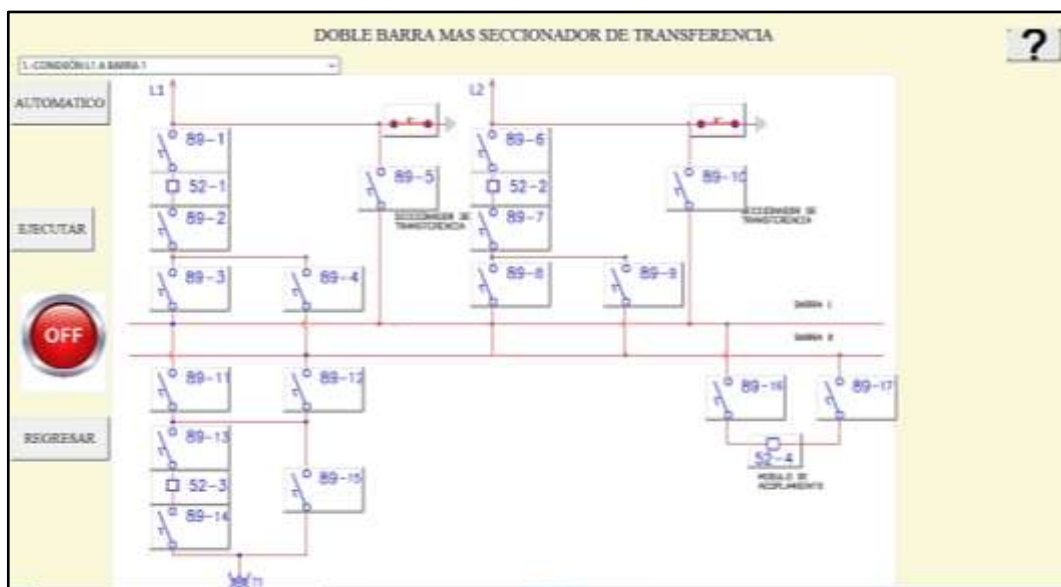
Esta configuración posee las mismas características generales que la de doble barra con seccionador de by-pass.

### **Escenario de operación y maniobra doble barra más seccionador de transferencia**

- Se considera la operación de la subestación “Chone” la cual cuenta con su circuito alimentador T1 y sus circuitos de carga “Calceta-L1” y “Tosagua-L2”. De los cuales el circuito alimentador T1 como el circuito de carga “Tosagua-L2” presentan su conexión en la barra número 1, para lo que se tiene programado un mantenimiento en el circuito de carga “Tosagua-L2” por ello, lo que es pertinente la puesta en marcha del seccionador de transferencia para dar continuidad de servicio. Una vez concluido, las operaciones de mantenimiento del circuito de carga de “Tosagua-L2”, es pertinente la reposición de su conexión para continuar con su fase operativa normal. Al paso del tiempo se presentan fallas en la barra número 1, lo cual obliga tanto al circuito alimentador como

al circuito de carga a mantener su conexión por medio de la barra número 2 por lo cual, es pertinente la puesta en marcha del módulo de acoplamiento, tanto para el circuito de alimentación como para el de carga “Tosagua-L2”. Una vez ejecutadas estas maniobras se presenta la necesidad de abastecer al circuito de carga “Calceta-L1” el cual también presentara su conexión en la barra número 2. Con el ingreso del circuito de carga “Calceta-L1” se presentan inconvenientes en el interruptor del circuito alimentador a partir de ello entra en operación su Bypass.

### Estado inicial de la configuración (Figura 49):



**Figura 49.** Diagrama de configuración de doble barra más seccionador de transferencia en estado inicial

**Fuente:** Los Autores

Inicialmente es necesario la conexión del circuito energizado y su circuito de carga a la barra número 1.

### Procedimiento para la conexión del circuito de T1 a la barra 1

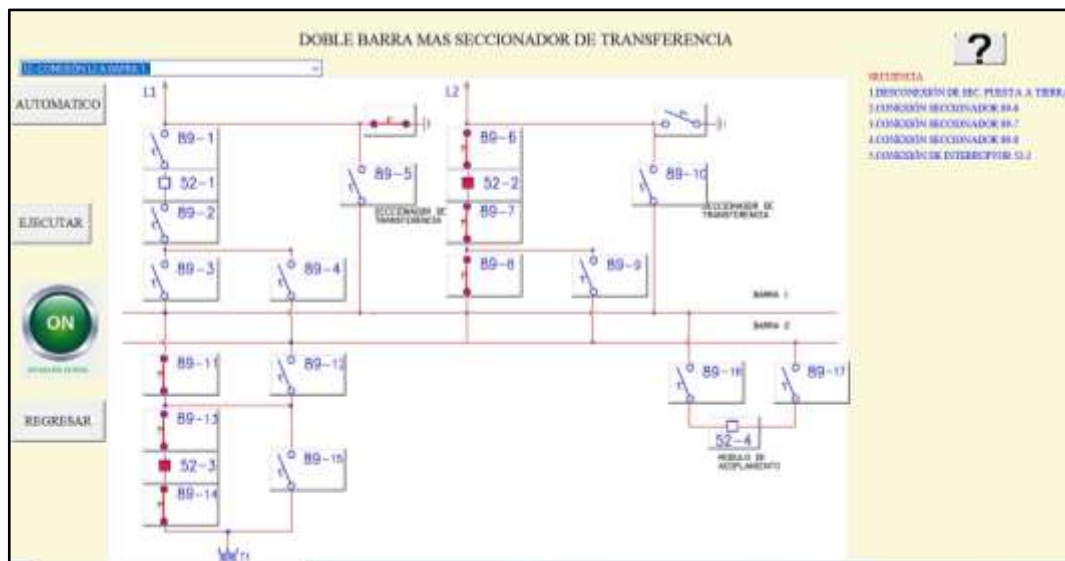
Maniobras necesarias para la operación (Figura 50):

- Conexión de seccionador 89-11
- Conexión de seccionador 89-13
- Conexión de seccionador 89-14
- Conexión de interruptor 52-3

### Procedimiento para la conexión del circuito de L2 a la barra 1

Maniobras necesarias para la operación (Figura 50):

- Desconexión de seccionador de puesta a tierra
- Conexión de seccionador 89-6
- Conexión de seccionador 89-7
- Conexión de seccionador 89-8
- Conexión de interruptor 52-2



**Figura 50.** Diagrama con los circuitos de T1 y L2 conectados a la barra 1

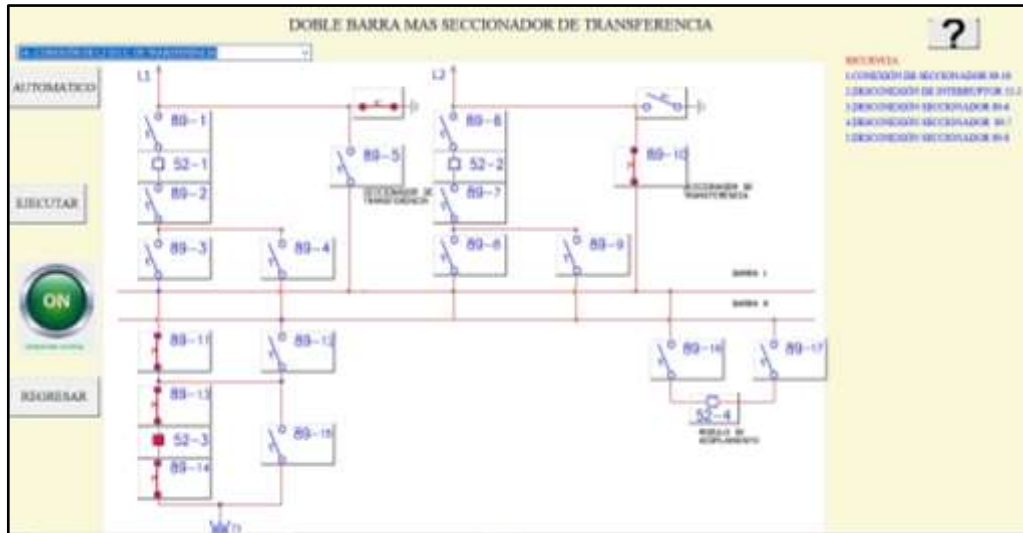
**Fuente:** Los Autores

En respuesta al mantenimiento programado en el circuito de carga “Tosagua-L2” es pertinente la puesta en marcha del seccionador de transferencia.

### Procedimiento para la conexión del circuito de L2 por medio del seccionador de transferencia

Maniobras necesarias para la operación (Figura 51):

- Conexión de seccionador 89-10
- Desconexión de interruptor 52-2
- Desconexión de seccionador 89-6
- Desconexión de seccionador 89-7
- Desconexión de seccionador 89-8



**Figura 51.** Diagrama con el circuito de carga L2 conectado por medio de transferencia

**Fuente:** Los Autores

Una vez solventado el mantenimiento del circuito principal de L2 es necesaria la reposición de la conexión inicial.

### Procedimiento para la reposición de conexión del circuito de L2 sin el seccionador de transferencia

Maniobras necesarias para la operación (Figura 52):

- Conexión de seccionador 89-6
- Conexión de seccionador 89-7
- Conexión de seccionador 89-8
- Conexión de interruptor 52-2
- Desconexión de seccionador 89-10



**Figura 52.** Diagrama con el circuito de carga L2 conectado por su vía principal

**Fuente:** Los Autores

En respuesta a las problemáticas que se presentan en la barra número 1 es pertinente habilitar la barra número 2 para permitir la continuidad de suministro al circuito de carga L2.

### Procedimiento para la conexión del circuito de T1 a la barra 2 por medio de transferencia

Maniobras necesarias para la operación (Figura 53):

- Conexión de seccionador 89-16
- Conexión de seccionador 89-17
- Conexión de interruptor 52-4
- Conexión de seccionador 89-12
- Desconexión de seccionador 89-11
- Desconexión de interruptor 52-4
- Desconexión de seccionador 89-16
- Desconexión de seccionador 89-17

### Procedimiento para la conexión del circuito de L2 a la barra 2 por medio de transferencia

Maniobras necesarias para la operación (Figura 53):

- Conexión de seccionador 89-16
- Conexión de seccionador 89-17
- Conexión de interruptor 52-4
- Conexión de seccionador 89-9
- Desconexión de seccionador 89-8
- Desconexión de interruptor 52-4
- Desconexión de seccionador 89-16
- Desconexión de seccionador 89-17

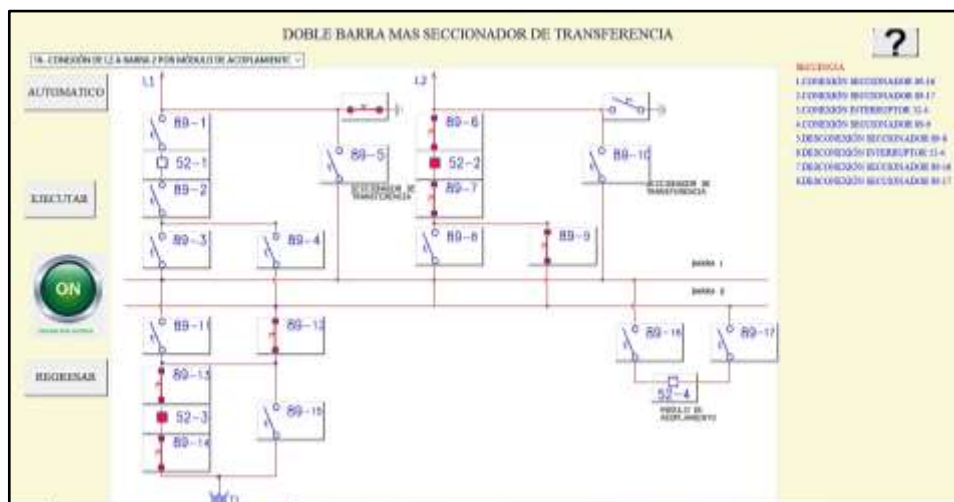


Figura 53. Diagrama con los circuitos de T1 y L2 conectados a la barra 2

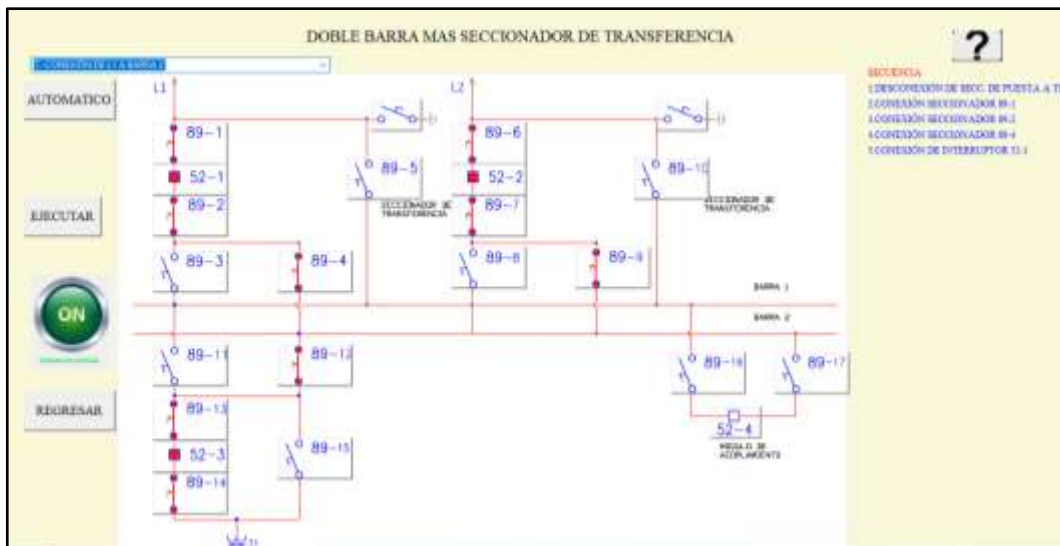
Fuente: Los Autores

Dada la capacidad del circuito alimentador es posible la incorporación del circuito de carga L1 a la barra número 2.

### Procedimiento para la conexión del circuito de L1 a la barra 2

Maniobras necesarias para la operación (Figura 54):

- Desconexión de seccionador de puesta a tierra
- Conexión de seccionador 89-1
- Conexión de seccionador 89-2
- Conexión de seccionador 89-4
- Conexión de interruptor 52-1



**Figura 54.** Diagrama con los circuitos de T1, L1 y L2 conectados a la barra 2

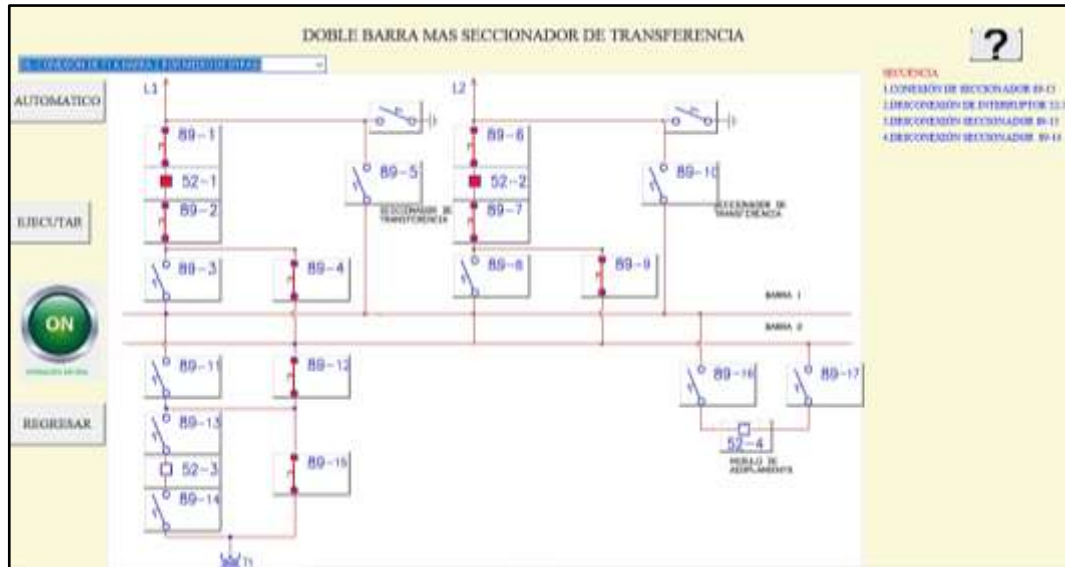
**Fuente:** Los Autores

Con el ingreso del circuito de carga “Calceta-L1” se presentan inconvenientes en el interruptor del circuito alimentador por lo que entra en operación su Bypass

### Procedimiento para la conexión del circuito de T1 a la barra 2 por medio de su by-pass

Maniobras necesarias para la operación (Figura 55):

- Conexión de seccionador 89-15
- Desconexión de interruptor 52-3
- Conexión de seccionador 89-13
- Conexión de seccionador 89-14



**Figura 55.** Diagrama con el circuito de carga T1 conectado por su by-pass

**Fuente:** Autor(es)

### **Análisis del escenario planteado en barra doble más seccionador de transferencia**

Una vez planteado el escenario fue preciso desarrollar la simulación correspondiente en la aplicación respecto a la configuración de doble barra más seccionador de transferencia con lo que fue posible evidenciar las maniobras posibles a realizar. Además, considerando que la aplicación cuenta su modo manual y automático. En este caso se dio lugar a la ejecución del modo automático el cual brindó la posibilidad de ejecutar las diferentes maniobras con el fin de alcanzar un dominio de los procedimientos necesarios para el cumplimiento de los escenarios y un fortalecimiento de los conocimientos de la asignatura de operación de subestaciones.

Dentro del proceso de simulación del escenario fue posible evidenciar que esta configuración de barra opera principalmente como la configuración doble barra, pero destaca su seccionador adicional de transferencia, el mismo que brinda la posibilidad de mantener en operación los circuitos de carga si se llega a presentar problemas o un mantenimiento en los circuitos principales, lo que da lugar a que esta configuración sea más confiable en cuanto al suministro de energía. Por consiguiente, hay que mencionar que al presentarse un mayor número de elementos en la configuración se eleva la posibilidad de una operación incorrecta, de tal manera que es de gran utilidad la opción de ayuda que ofrece la aplicación, la cual brinda asistencia en cuanto a las maniobras previas que se deben realizar para alcanzar una conexión correcta. Cumpliendo con los procesos exigidos por el escenario, se evidenció que la aplicación logró un correcto funcionamiento, el cual permitió dar cumplimiento a todas las maniobras necesarias, todo esto basado en los criterios técnicos constructivos de la subestación.

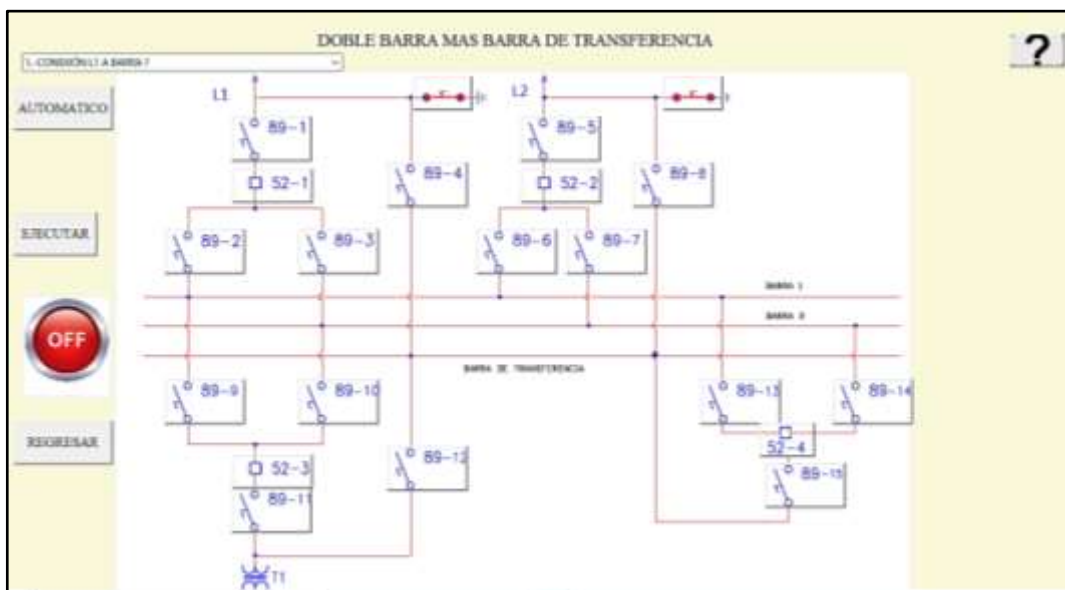
### Configuración de doble barra más barra de transferencia

Este tipo de configuración resulta de la combinación de la barra principal y de transferencia y la doble barra, dando como resultado un arreglo que presenta confiabilidad y flexibilidad.

### Escenario de operación y maniobra en doble barra más barra de transferencia

- Durante la operación de la Subestación “Milagro” es necesario la conexión de su circuito alimentador T1 que permita la alimentación de los circuitos de carga “Milagro 1-L1” y “San Carlos-L2” a la barra 1. A consecuencia de presentar un incremento en la demanda de potencia, la barra 1 presenta dificultades por lo cual es necesario transferir la conexión a la barra 2; tanto el circuito de alimentación como los circuitos de carga. Con el paso del tiempo se presenta una falla súbita en el circuito alimentador dejándolo fuera de servicio, lo que conlleva un lastre de carga para su reingreso.

### Estado inicial de la configuración (Figura 56):



**Figura 56.** Diagrama de configuración de doble barra más barra de transferencia en estado inicial

**Fuente:** Los Autores

### Procedimiento para la conexión del circuito de T1 a la barra 1

Maniobras necesarias para la operación (Figura 57):

- Conexión de seccionador 89-9
- Conexión de seccionador 89-11
- Conexión de interruptor 52-3

### Procedimiento para la conexión del circuito de L1 a la barra 1

Maniobras necesarias para la operación (Figura 57):

- Desconexión de seccionador de puesta a tierra
- Conexión de seccionador 89-1
- Conexión de seccionador 89-2
- Conexión de interruptor 52-1

### Procedimiento para la conexión del circuito de L2 a la barra 1

Maniobras necesarias para la operación (Figura 57):

- Desconexión de seccionador de puesta a tierra
- Conexión de seccionador 89-5
- Conexión de seccionador 89-6
- Conexión de interruptor 52-2



Figura 57. Diagrama con los circuitos de T1, L1 y L2 conectados a la barra 1

Fuente: Los Autores

### Procedimiento para la conexión del circuito de T1 a la barra 2 por medio de transferencia

Maniobras necesarias para la operación (Figura 58):

- Conexión de seccionador 89-13
- Conexión de seccionador 89-14
- Conexión de interruptor 52-4
- Conexión de seccionador 89-10
- Desconexión de seccionador 89-9
- Desconexión de interruptor 52-4
- Desconexión de seccionador 89-13
- Desconexión de seccionador 89-14

### Procedimiento para la conexión del circuito de L1 a la barra 2 por medio de transferencia

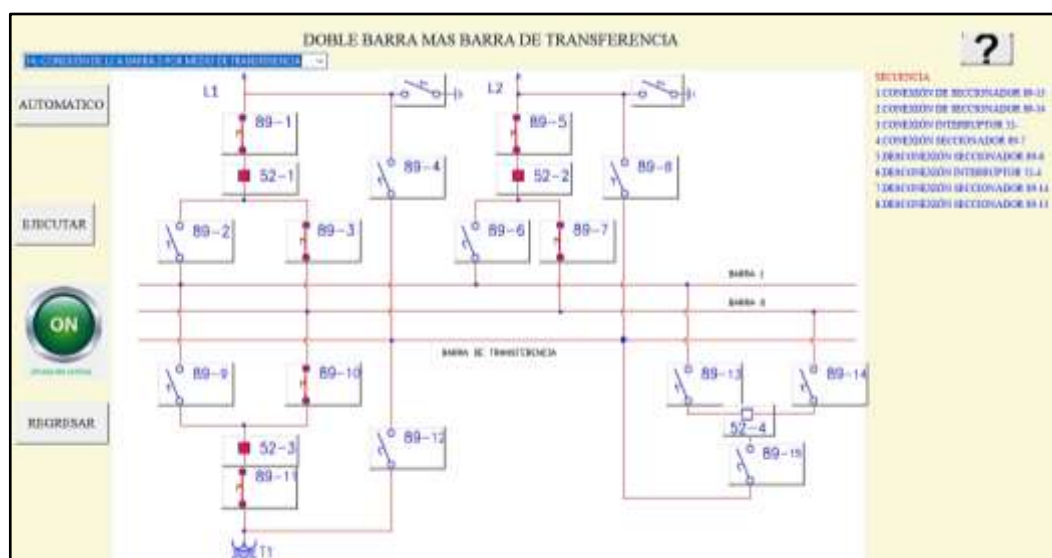
Maniobras necesarias para la operación (Figura 58):

- Conexión de seccionador 89-13
- Conexión de seccionador 89-14
- Conexión de interruptor 52-4
- Conexión de seccionador 89-3
- Desconexión de seccionador 89-2
- Desconexión de interruptor 52-4
- Desconexión de seccionador 89-14
- Desconexión de seccionador 89-13

### Procedimiento para la conexión del circuito de L2 a la barra 2 por medio de transferencia

Maniobras necesarias para la operación (Figura 58):

- Conexión de seccionador 89-13
- Conexión de seccionador 89-14
- Conexión de interruptor 52-4
- Conexión de seccionador 89-7
- Desconexión de seccionador 89-6
- Desconexión de interruptor 52-4
- Desconexión de seccionador 89-14
- Desconexión de seccionador 89-13



**Figura 58.** Diagrama con los circuitos de T1, L1 y L2 conectados a la barra 2

**Fuente:** Los Autores

### Procedimiento para la desconexión del circuito de T1 de la barra 2

Maniobras necesarias para la operación (Figura 59):

- Desconexión de interruptor 52-3
- Desconexión de seccionador 89-10
- Desconexión de seccionador 89-11

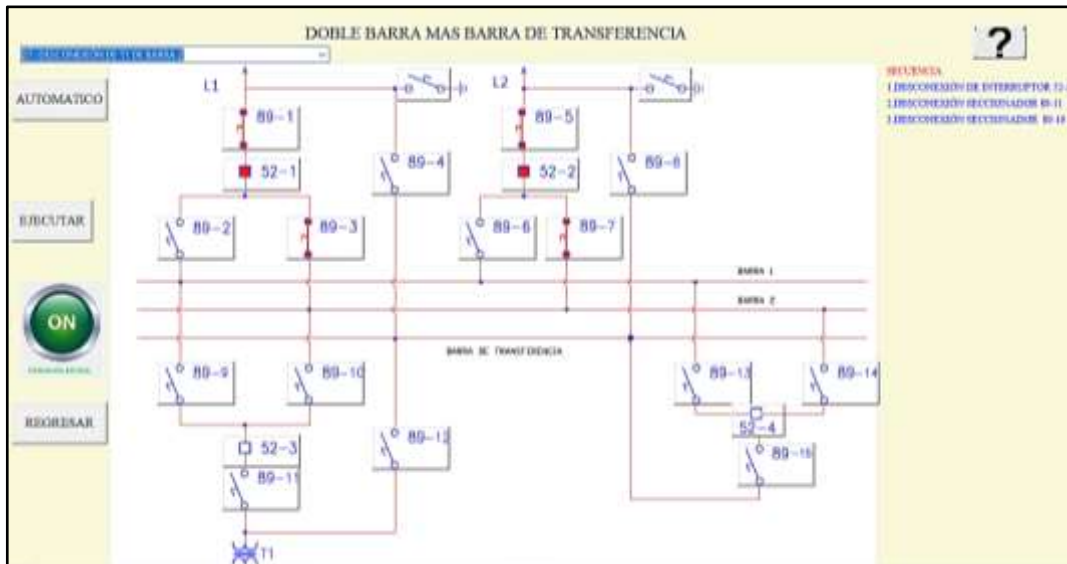


Figura 59. Diagrama con el circuito de T1 desconectado de las barras

Fuente: Los Autores

### Procedimiento para la desconexión del circuito de L1 de la barra 2

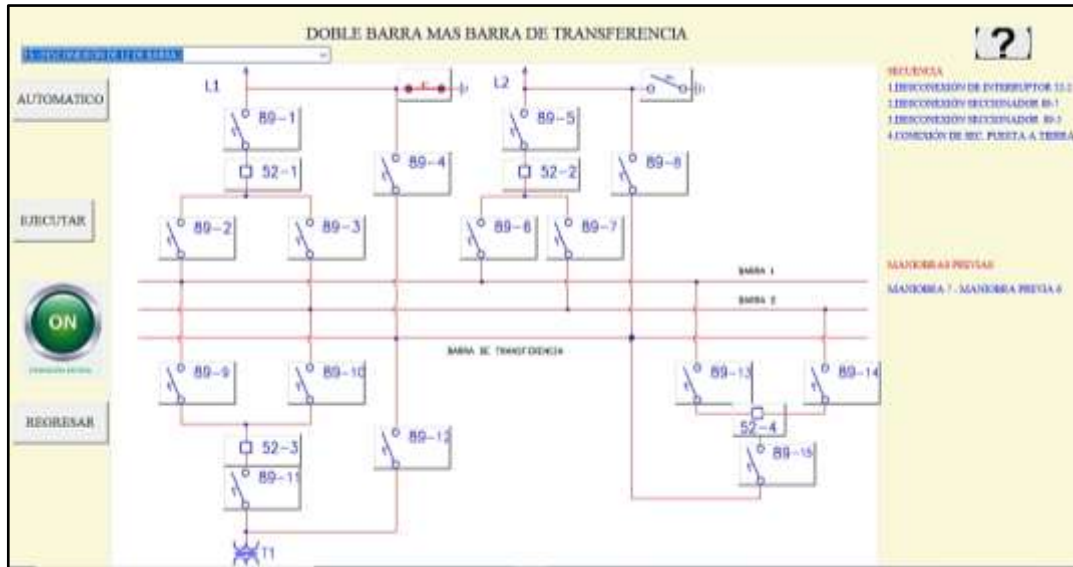
Maniobras necesarias para la operación (Figura 60):

- Desconexión de interruptor 52-1
- Desconexión de seccionador 89-3
- Desconexión de seccionador 89-1
- Conexión de seccionador de puesta a tierra

### Procedimiento para la desconexión del circuito de L2 de la barra 2

Maniobras necesarias para la operación (Figura 60):

- Desconexión de interruptor 52-2
- Desconexión de seccionador 89-7
- Desconexión de seccionador 89-5
- Conexión de seccionador de puesta a tierra



**Figura 60.** Diagrama con todos los circuitos desconectados de las barras

**Fuente:** Los Autores

### **Análisis del escenario planteado en barra doble más barra de transferencia**

En respuesta al escenario planteado en la presente configuración se analizó la disposición del circuito alimentador el cual suple las necesidades de potencia requeridas por parte de la demanda, “Milagro 1-L1” y “San Carlos-L2”. A través de la barra número uno.

Dentro del escenario se plantió la salida de servicio de la barra número uno en donde fue posible evidenciar la importancia del circuito de transferencia con el que cuenta la configuración, el cual brinda la posibilidad de mantener el suministro ya sea que se presente una falla o proceso de mantenimiento en la barra.

Así también fue posible la simulación de una desconexión súbita del circuito alimentador lo cual permite asemejar este acontecimiento que se suele presentarse durante la operación normal de una subestación, ya sea por fallas de los elementos de potencia como por fallas en las líneas de alimentación primaria de las subestaciones. Lo que conlleva simular las condiciones adecuadas para la reconexión del circuito alimentador, la que consiste en la desconexión de los circuitos de carga.

Cumpliendo con los procesos exigidos por el escenario, es evidente que la aplicación respecto a la configuración de doble barra más barra de transferencia, alcanzó una correcta respuesta, ya que la misma presentó un correcto funcionamiento.

## 12. IMPACTOS

### Impactos técnicos

En lo que respecta a las subestaciones eléctricas al ser un conjunto de dispositivos eléctricos, que forman parte de un sistema eléctrico de potencia. Es necesario considerar que su principal función es la conversión y distribución de energía eléctrica es evidente la necesidad de contar con sistemas de control que garantice su correcto y seguro procedimiento.

Con respecto al desarrollo de la aplicación informática, esta brinda la posibilidad de simular la operación de barras de una subestación, esto posibilita identificar de manera visual las posibles maniobras que se pueden ejecutar en las diferentes configuraciones de barra de la tendencia europea. Todo esto posibilita una mejor preparación en el control de una subestación como también poner en práctica los conocimientos adquiridos por medio de la teoría

### Impactos sociales

Con el desarrollo de la aplicación y esta al contar con una interfaz interactiva permite que los estudiantes mantengan un conocimiento más claro respecto a las maniobras de operación en subestaciones. Al hacer uso de esta aplicación los estudiantes de la carrera de Ingeniería Eléctrica y carreras afines tienen opción de fortalecer su aprendizaje en la parte práctica fusionado con la parte teórica.

## 13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

- La aplicación informática brinda un medio digital para la simulación y su respectivo análisis en cuanto a las maniobras y operaciones que se pueden hacer en cada una de las configuraciones de barras en donde intervienen diversos elementos como seccionadores, transformadores, interruptores, etc.
- Con la ejecución de las simulaciones correspondientes fue posible constatar sus principios operativos, de entre los cuales se puede destacar que toda la configuración derivada de doble barra, brinda la posibilidad de una mejor respuesta ante percances por medio de su segunda barra. Así también en las diferentes variaciones que incorporan mayor número de elementos fue posible plantear un mayor número de conexiones posibles, por medio de lo cual se dio cumplimiento al análisis propuesto de estas configuraciones.

- Se concluye que la aplicación es capaz de establecer un proceso automático para una maniobra u operación dentro de un escenario determinado en cada tipo de configuración, con lo cual cumple satisfactoriamente el proceso de programación con un ambiente interactivo virtual (Python).
- Con el empleo del lenguaje de programación Python permitió crear la aplicación la misma que permite generar la interfaz que hace posible la interacción con el usuario que lo emplee.
- Con el desarrollo de las guías prácticas, resultara de mayor facilidad para los estudiantes al momento de utilizar la aplicación ya que contiene los diversos pasos, instrucciones y demás información útil para que se realicen las maniobras operativas de manera correcta y fácil de emplear.

### **Recomendaciones**

- Para el manejo adecuado de la herramienta informática es preciso mantener un conocimiento sólido respecto a las restricciones operativas de los elementos que conforman una subestación, para de esta manera evitar un planteamiento erróneo de escenarios
- Al momento de ejecutar alguna maniobra en la aplicación es recomendable utilizar la guía práctica que cuenta con los datos necesarios para llevar a cabo la simulación planteando diversos escenarios con un procedimiento correcto de operación.
- Se recomienda tomar como base el presente trabajo, para implementar futuros proyectos que vinculen la operación de barras de forma física, mediante una maqueta o alguna otra alternativa adecuada.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] E. Olovsson y A. Lejdeby, «ABB-Evolución de las subestaciones,» 2008. [En línea]. Available: [https://library.e.abb.com/public/6f1ed45246e3767fc12574270040b5db/34-38%201M813\\_SPA72dpi.pdf](https://library.e.abb.com/public/6f1ed45246e3767fc12574270040b5db/34-38%201M813_SPA72dpi.pdf). [Último acceso: 06 Enero 2021].
- [2] V. Carrera, «Universidad Politécnica Salesiana,» 2012. [En línea]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/3229/9/UPS-KT00075.pdf>. [Último acceso: 22 Enero 2021].
- [3] E. Tapia, «Subestaciones eléctricas,» Instituto Tecnológico de Mérida, Mérida, 2014.
- [4] J. García, J. Vargas, O. Javier y e. al, «Python como una alternativa factible en el análisis de sistemas eléctricos de potencia,» 2017.
- [5] G. Segura, «Universidad de la Costa,» 2018. [En línea]. Available: <http://repositorio.cuc.edu.co/bitstream/handle/11323/281/1140862787.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. [Último acceso: 21 Enero 2021].
- [6] L. Cauja y I. Velastegui, «“Simulación y automatización del control y operación de subestaciones eléctricas para los módulos del laboratorio de circuitos eléctricos de la UPSG,» Guayaquil, 2018.
- [7] ELECTRICA-La guía del electricista , «Subestaciones Eléctricas,» 2011. [En línea]. Available: <https://electrica.mx/wp-content/uploads/2019/02/Electrica34.pdf>. [Último acceso: 26 Enero 2021].
- [8] Ramírez y Carlos, «Consideraciones y aspectos generales del diseño de subestaciones,» de *Subestaciones de Alta y Extra Alta Tensión*, Bogotá, Mejía Villegas S.A., 2003, p. 1.
- [9] E. Csanyi, «Electrical Engineering Portal,» 29 Abril 2011. [En línea]. Available: <https://electrical-engineering-portal.com/electrical-substation-introduction-and-elements>. [Último acceso: 25 Diciembre 2020].
- [10] TW Energy , «TW Energy-Subestación Eléctrica,» [En línea]. Available: <https://twenergy.com/energia/energia-electrica/que-son-las-subestaciones-electricas/>. [Último acceso: 01 Enero 2020].

- [11] RELSAMEX , «Relsamex Electric,» [En línea]. Available: <https://www.relsamex.com/subestaciones-electricas/>. [Último acceso: 01 Enero 2020].
- [12] Sector Electricidad , «Seccionadores,» 17 Junio 2018. [En línea]. Available: <http://www.sectorelectricidad.com/20135/seccionadores/>. [Último acceso: 01 Enero 2020].
- [13] B. Lucas, «Ingeniería Eléctrica Explicada,» 06 Octubre 2009. [En línea]. Available: <http://ingenieriaelectricaexplicada.blogspot.com>. [Último acceso: 02 Enero 2020].
- [14] G. Taípe, «Evaluación de los esfuerzos estáticos de la aparamenta eléctrica de una subestación de potencia,» Huancayo, 2009.
- [15] COMUVAL , «Comuval-Elementos de una subestación eléctrica de alto voltaje en exteriores,» 30 Marzo 2018. [En línea]. Available: <http://www.comuval.com/blog/elementos-de-una-subestacion-electrica-de-alto-voltaje.html>. [Último acceso: 05 Enero 2021].
- [16] Circuit Globe, «Clasificación de subestaciones,» 2017. [En línea]. Available: <https://circuitglobe.com/classification-of-substations.html>. [Último acceso: 06 eNERO 2020].
- [17] E. Bautista, «GIS Field Service Engineer,» Alstom Grid México, Noviembre 2013. [En línea]. Available: <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc>. [Último acceso: 07 Enero 2020].
- [18] Consejo Nacional de Electricidad-CONELEC , «Plan Maestro de Electrificación 2013-2022,» CONELEC, Quito.
- [19] CELEC EP, «Plan de Expansión de la Transmisión,» CENACE, 2018.
- [20] I. Ramos, M. Arroyo y M. Vinalay, «Instituto Politécnico Nacional,» 2008. [En línea]. Available: <https://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/4999/1/PROPUESTAPROTEC.pdf>. [Último acceso: 15 Febrero 2021].

- [21] C. Ramírez, *Subestaciones de alta y extra alta tensión*, Bogotá: Mejía Villegas S.A., 1991.
- [22] J. Martín, «Diagrama con un solo juego de barras,» de *Diseño de subestaciones eléctricas*, Ciudad de México, McGRAW-HILL, 1987, p. 5.
- [23] W. Osorio y C. Culma, «Manual para la operación de subestaciones eléctricas con niveles de tensión 115 kV, 33kV y 13,2 kV,» Universidad Tecnológico de Pereira, Pereira, 2017.
- [24] Y. Alvarez, «Universidad Central Marta Abreu de las Villas,» 2014. [En línea]. Available:  
<https://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/990/Yasmany%20Alvarez.pdf>.  
[Último acceso: 18 Enero 2021].
- [25] Academia.edu, «Academia.edu-Configuraciones de subestaciones eléctricas,» [En línea]. Available:  
[https://www.academia.edu/7780284/Configuraciones\\_subestaciones\\_electricas](https://www.academia.edu/7780284/Configuraciones_subestaciones_electricas).  
[Último acceso: 2021 01 20].
- [26] Tokio School, «Tokio School-Historia de Python,» [En línea]. Available:  
<https://www.tokioschool.com/noticias/historia-python/>. [Último acceso: 21 Enero 2020].
- [27] Desarrollo Web, «Desarrollo Web-Python,» 19 Noviembre 2003. [En línea]. Available:  
<https://desarrolloweb.com/articulos/1325.php>. [Último acceso: 24 Enero 2021].
- [28] McLibre, «El bucle while,» 22 Marzo 2019. [En línea]. Available:  
<https://www.mclibre.org/consultar/python/lecciones/python-while.html>. [Último acceso: 29 Enero 2021].
- [29] R. Brantes, «Escuela Politécnica Nacional,» [En línea]. Available:  
<https://bibdigital.epn.edu.ec/>. [Último acceso: 8 Febrero 2021].

# ANEXOS

# **ANEXO 1**

## EXPERIMENTO DE LABORATORIO N° 1

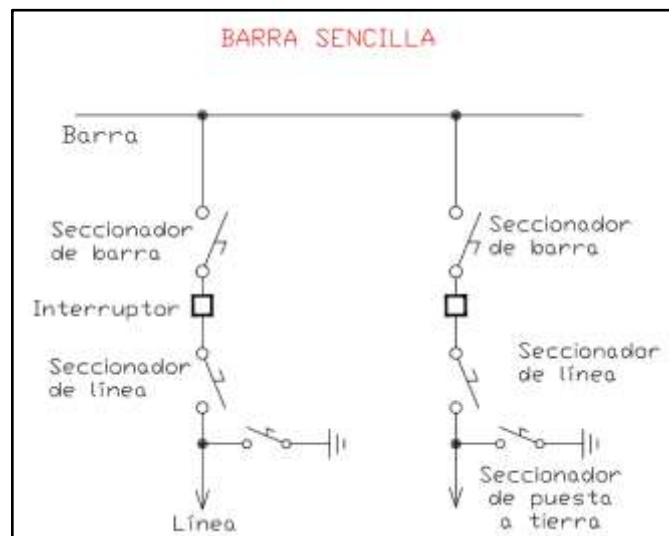
### SIMULACION DE OPERACIÓN DEL SISTEMA DE BARRAS EN LA CONFIGURACION DE BARRA SENCILLA

#### OBJETIVOS:

- Realizar el proceso de operación de barras de una subestación a través de la ejecución del programa informático para el respectivo análisis de cada una de las maniobras que presenta la configuración en barra sencilla.
- Comprender el proceso correcto que se debe seguir para la energización de los elementos que conforman la subestación.
- Identificar los elementos de maniobra existentes en la configuración

#### EXPOSICIÓN:

Este tipo de configuración es considerado el más básico, ya que cuenta con un solo barraje colector al cual se conectan los circuitos por medio de un interruptor. Es de diseño simple, fácil de proteger, ocupa poco espacio y no presenta muchas posibilidades de operación incorrecta.



- En condiciones normales de operación, todas las líneas y bancos de transformadores están conectados al único juego de barras.
- Con este arreglo, en caso de operar la protección diferencial de barras, ésta desconecta todos los elementos, quedando la subestación completamente desenergizada.
- El mantenimiento de los interruptores se dificulta porque hay que dejar fuera parte de la subestación
- Es el arreglo que utiliza menor cantidad de equipo y, por lo tanto, es el más económico.

Esta configuración, al contar con un solo juego de barras, mantiene un grado bajo de confiabilidad, seguridad y flexibilidad. En caso de una falla en la barra de conexión, se verían afectados todas las bahías de la subestación.

Al momento de realizar el respectivo mantenimiento de la barra colectora o del circuito se debe suspender el servicio en forma total cuando la revisión o reparación es en el interruptor; sin embargo, manteniendo un seccionamiento longitudinal se obtiene alguna confiabilidad y flexibilidad, pues habilita la posibilidad de separar en dos partes el barraje, esto facilita las reparaciones, y en ciertos casos la operación de la subestación. Si el seccionamiento del barraje se efectúa con el propósito de generar flexibilidad en la subestación, se necesita un planeamiento cuidadoso ya que mientras la operación normal no es posible cambiar los circuitos de una barra a otra. Un seccionamiento planeado erróneamente puede atentar contra la seguridad del sistema

## **INSTRUMENTOS Y EQUIPO**

- Computador (portátil o de escritorio): Almacenamiento 55,5 Megabytes (MB)
- Software ejecutable: Compatible con sistema operativo MS Windows (Windows 7 hasta versión Windows 10)

## **PROCEDIMIENTOS**

### **Recomendaciones:**

- En esta práctica se hace uso de una herramienta informática (aplicación) por lo cual se recomienda leer el instructivo correspondiente para cada tipo de configuración.
- Es preferible no realizar alguna acción contraria a lo que se especifica en este manual
- Las maniobras en cada uno de los elementos se deben hacer conforme al procedimiento correcto.

El software presenta dos modos operativos (modo automático y manual). El modo automático brinda la posibilidad de que el estudiante se familiarice con los diferentes procedimientos necesario para la operación de los circuitos que componen la configuración de las barras con cada uno de las maniobras ya programadas. Modo manual se presenta el circuito unifilar de la configuración de barra correspondiente, totalmente a disposición abierta en donde es posible poner a prueba las destrezas del operador todo esto manteniendo una previa preparación de los principios operativos de los elementos de potencia.

La presente práctica consta de 5 escenarios de funciones operativas que se desarrolla en una subestación perteneciente a la configuración de doble barra sencilla, en los cuales será posible identificar los elementos de potencia que permiten la diferentes maniobras.

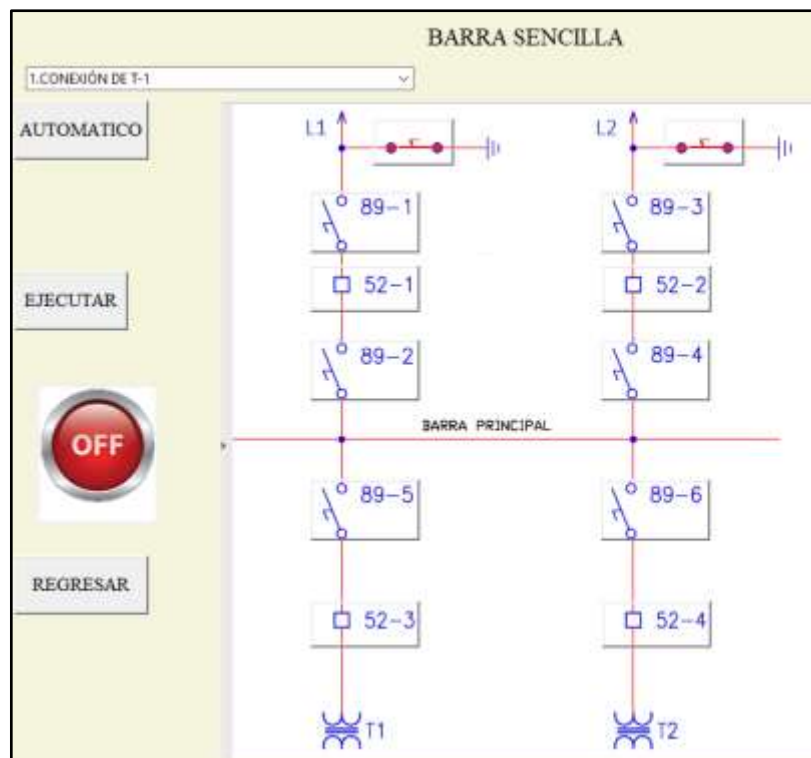
**Nota:** El modo automático cuenta con su respectivo botón de ayuda que brinda respaldo para la selección de las maniobras que deben cumplir con procedimientos previos de ciertas maniobras.

- En primer lugar, se debe ejecutar el programa en cualquier ordenador y poder visualizar el esquema de conexión de barra simple.
- Teniendo en cuenta que en condiciones normales de operación todas las líneas y transformadores están conectados a la única barra se procede a cumplir los siguientes procesos para cualquiera de las maniobras u operaciones.

### ESCENARIO 1

La Subestación Orellana (69 kV) mantiene suministro de energía mediante el transformador 1 hacia el circuito que alimenta a la carga (L1-Jivino). Durante la operación del sistema en estas condiciones se requiere alimentar también la carga (L2-Payamino) únicamente dependiendo del transformador 1.

#### Estado inicial de la configuración en barra sencilla



### Procedimiento para la conexión de T1 a la barra

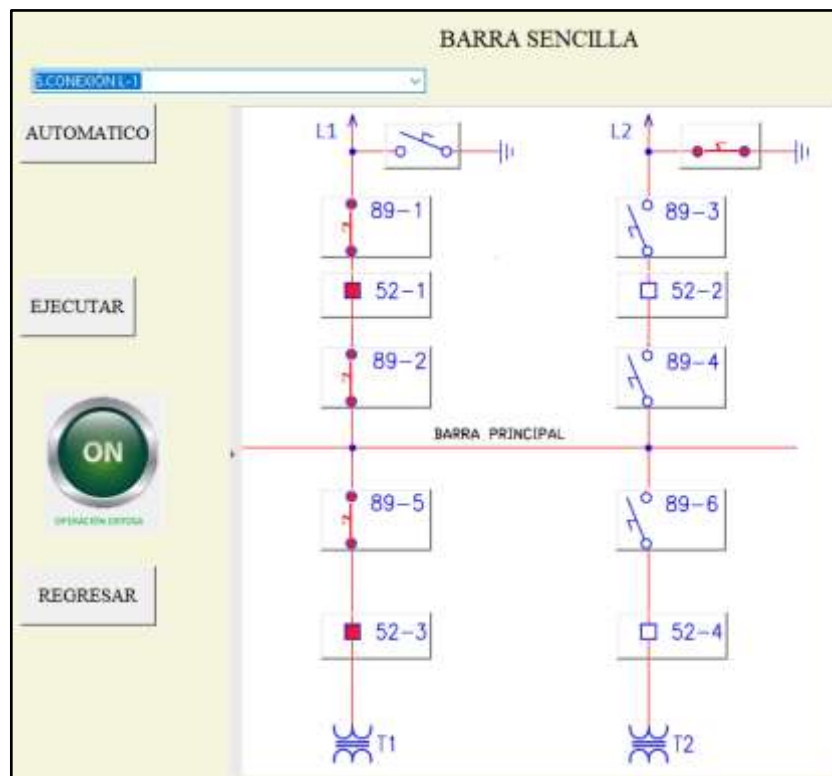
Maniobras necesarias para la operación:

- Conectar seccionador 89-5
- Conectar interruptor 52.3

### Procedimiento para la conexión de L1 a la barra

Maniobras necesarias para la operación:

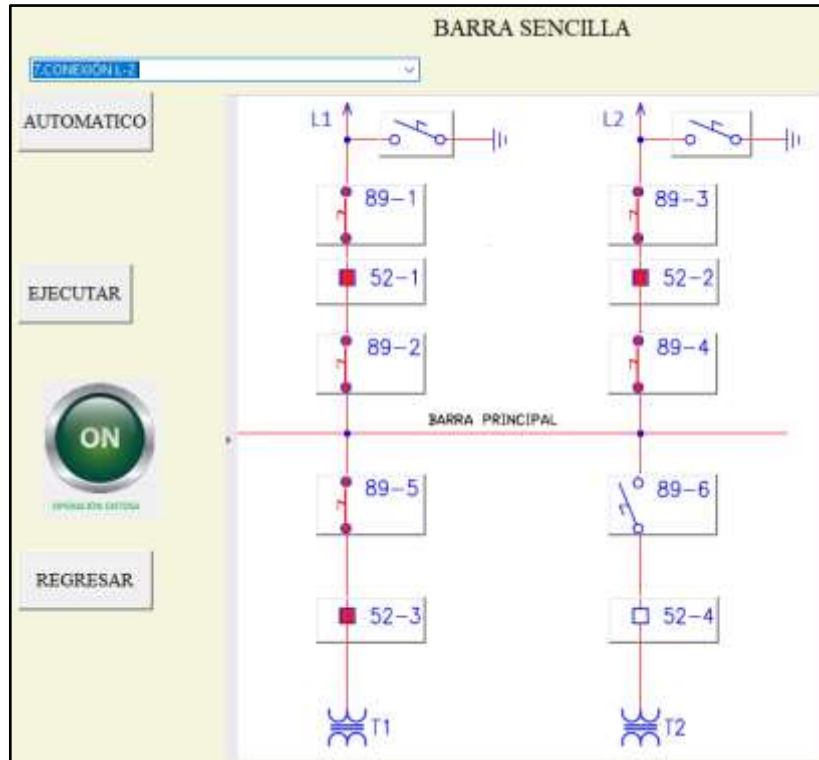
- Desconectar seccionador de puesta a tierra
- Conectar seccionador 89-1
- Conectar interruptor 52-1
- Conectar seccionador 89-2



### Procedimiento para la conexión de L2 a la barra

Maniobras necesarias para la operación:

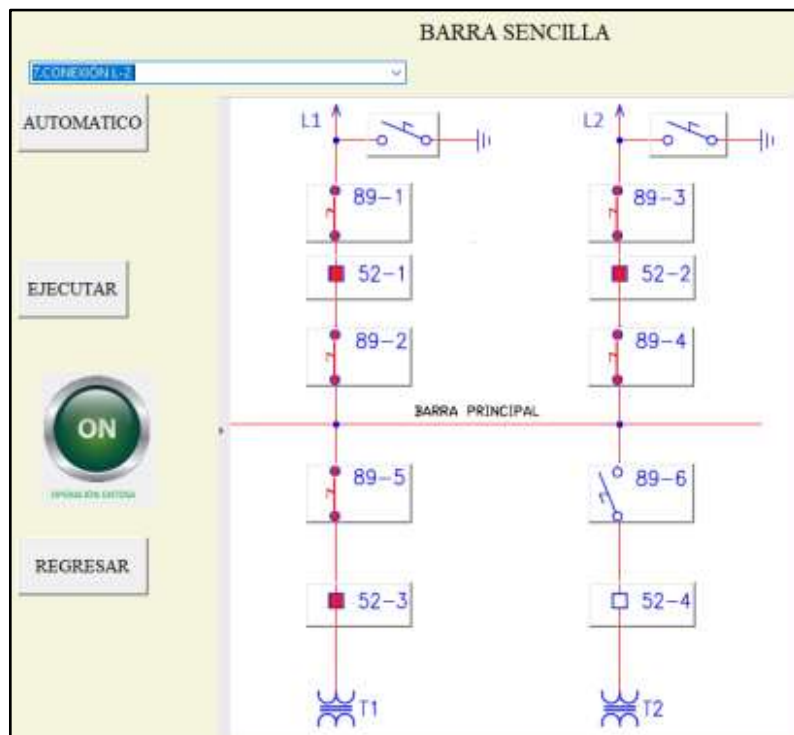
- Desconectar seccionador de puesta a tierra
- Conectar seccionador 89-3
- Conectar interruptor 52-2
- Conectar seccionador 89-4



## ESCENARIO 2

Manteniendo en consideración el escenario anterior, se supone que el suministro de energía a través del transformador no es suficiente para abastecer a las dos cargas, por lo cual es necesario energizar el segundo transformador para que exista una distribución equitativa de energía.

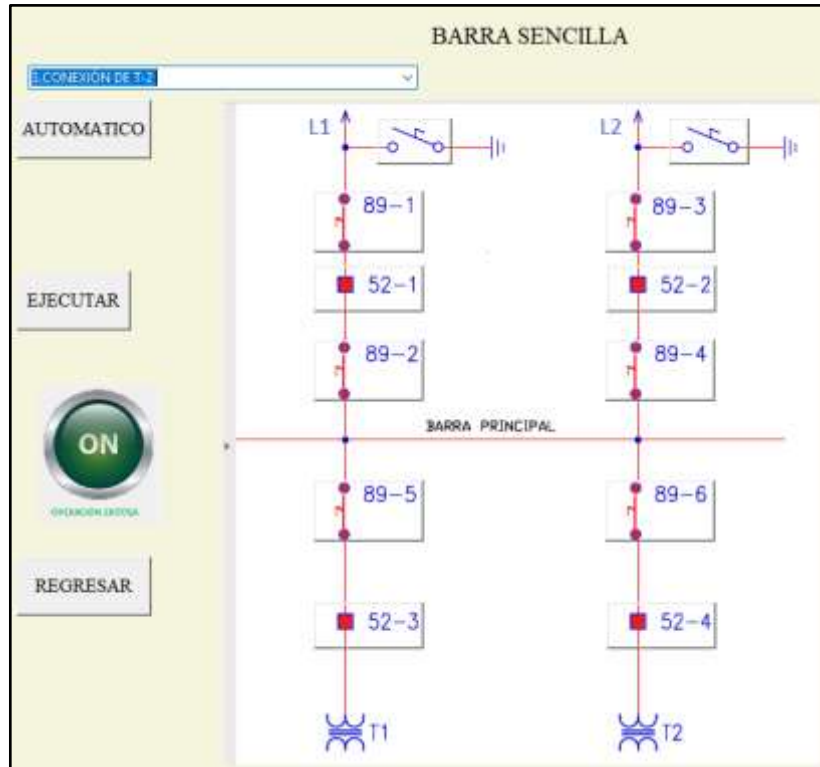
### Escenario anterior:



## Procedimiento para la conexión de T2 a la barra

Maniobras necesarias para la operación:

- Conectar seccionador 89-6
- Conectar interruptor 52-4



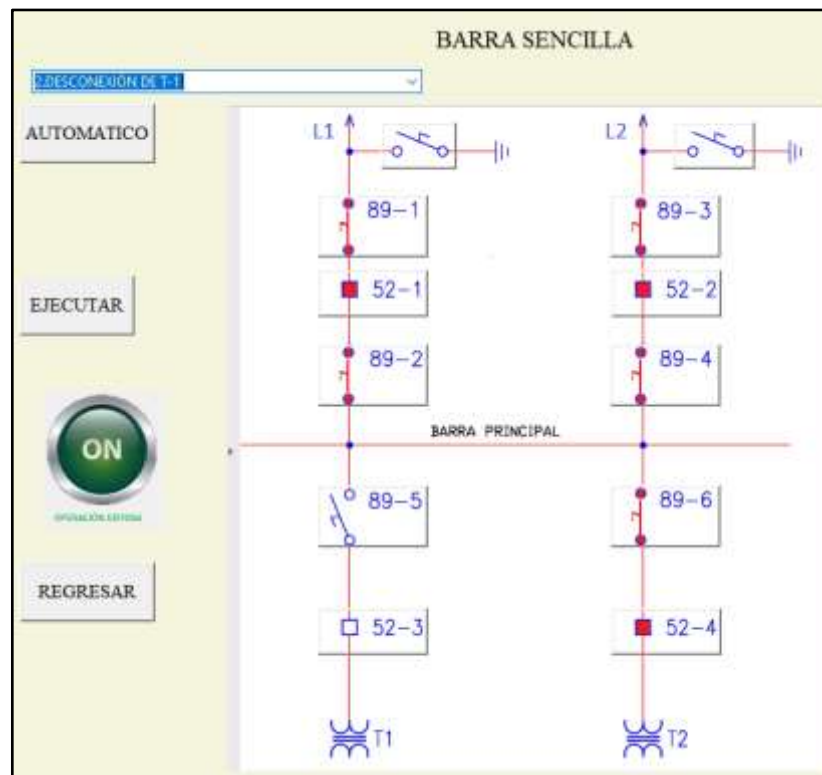
### ESCENARIO 3

La Subestación Orellana (69 kV) mantiene suministro de energía hacia los circuitos que alimentan a las cargas (L1-Jivino y L2-Payamino). Durante la operación del sistema se requiere dejar inactivo el circuito del transformador 1 debido a un proceso de mantenimiento, para esto el suministro de energía está a cargo únicamente del transformador 2.

#### Procedimiento para la desconexión de T1

Maniobras necesarias para la operación:

- Desconectar interruptor 52-3
- Desconectar seccionador 89-5



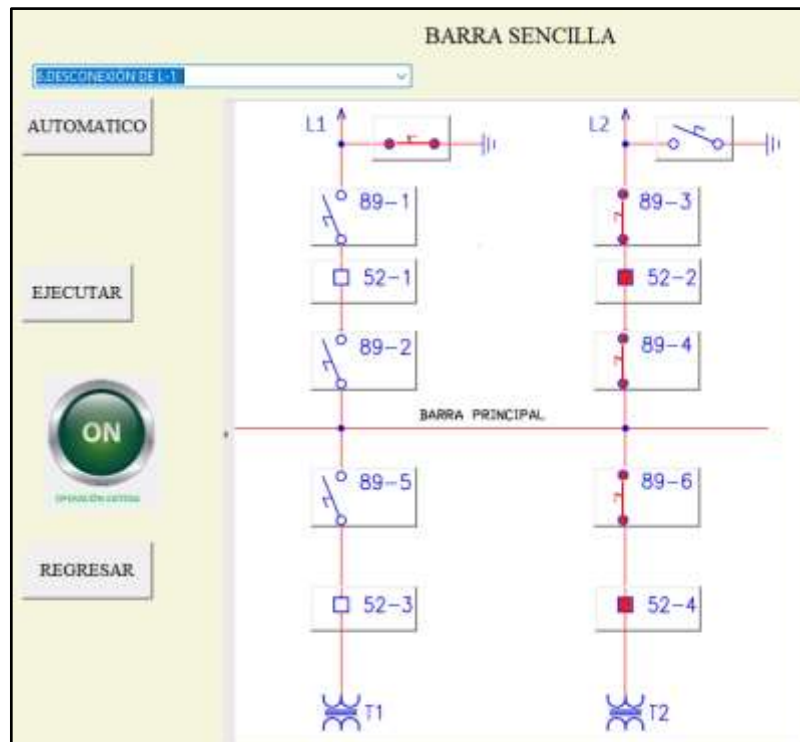
## ESCENARIO 4

El transformador 2 se encuentra alimentando a las cargas (L1-Jivino y L2-Payamino). En este caso está programada la suspensión parcial en el circuito de la carga Jivino debida a una revisión como parte de mantenimiento en dicho circuito.

### Procedimiento para la desconexión de la carga 1 (Jivino)

Maniobras necesarias para la operación:

- Desconectar interruptor 52-1
- Desconectar seccionador 89-1
- Desconectar seccionador 89-2
- Conectar seccionador de puesta a tierra



## ESCENARIO 5

Una vez cumplido el plazo de suspensión de la carga 1 (Jivino), este circuito retorna nuevamente a operar, y posteriormente el circuito del transformador 1 también ingresa en operación y de esa manera tener todo el sistema en óptimas condiciones de funcionamiento.

### Procedimiento para la conexión de la carga 1 (Jivino)

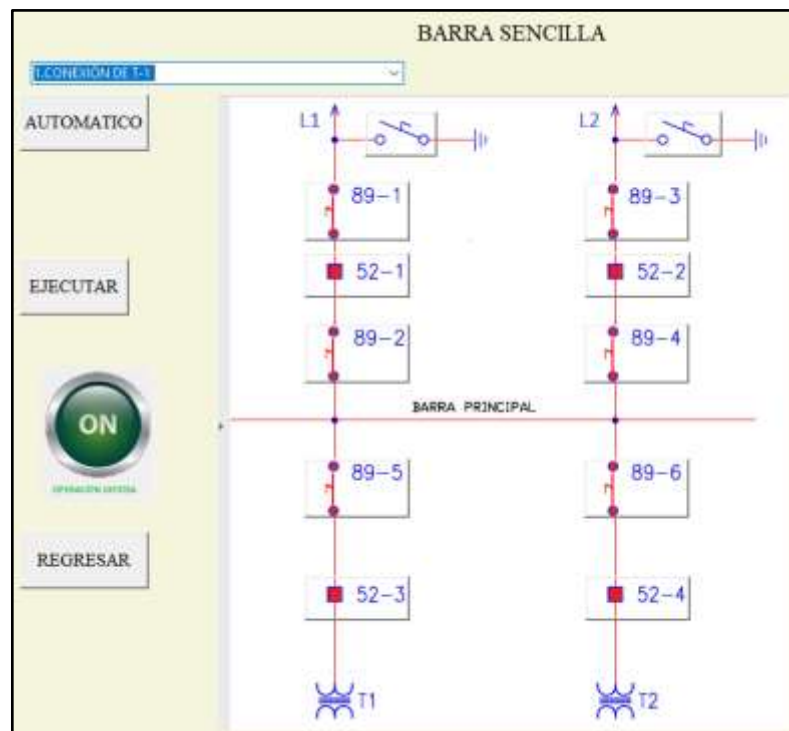
Maniobras necesarias para la operación:

- Desconectar seccionador de puesta a tierra
- Conectar seccionador 89-1
- Conectar seccionador 89-2
- Conectar interruptor 52-1

### Procedimiento para la conexión de T1

Maniobras necesarias para la operación:

- Conectar seccionador 89-5
- Conectar interruptor 52-3



## **RESULTADOS**

Con el escenario planteado se pudo evidenciar el funcionamiento de la configuración de barra sencilla, la cual ofrece un grado menor de confiabilidad y flexibilidad. Para cada uno de los escenarios planteados se pudo constatar las maniobras necesarias para llegar a su cumplimiento.

Al ser la configuración más básica no es posible hacer maniobras tan complejas por lo cual, el escenario planteado se ha visto de cierta manera operarlo con maniobras sencillas poniendo en estado activo e inactivo a todos los elementos que intervienen en el diagrama de conexión.

## **PRUEBA DE CONOCIMIENTOS**

1. En el primer escenario planteado, para la maniobra correspondiente mencione los elementos que ingresan en operación y cuales se mantienen en estado inactivo.

2. Escriba algunos comentarios personales sobre las características de la configuración de barra sencilla.

## EXPERIMENTO DE LABORATORIO N° 2

### SIMULACION DE OPERACIÓN DEL SISTEMA DE BARRAS EN LA CONFIGURACION DE BARRA PRINCIPAL MAS BARRA DE TRANSFERENCIA

#### OBJETIVOS:

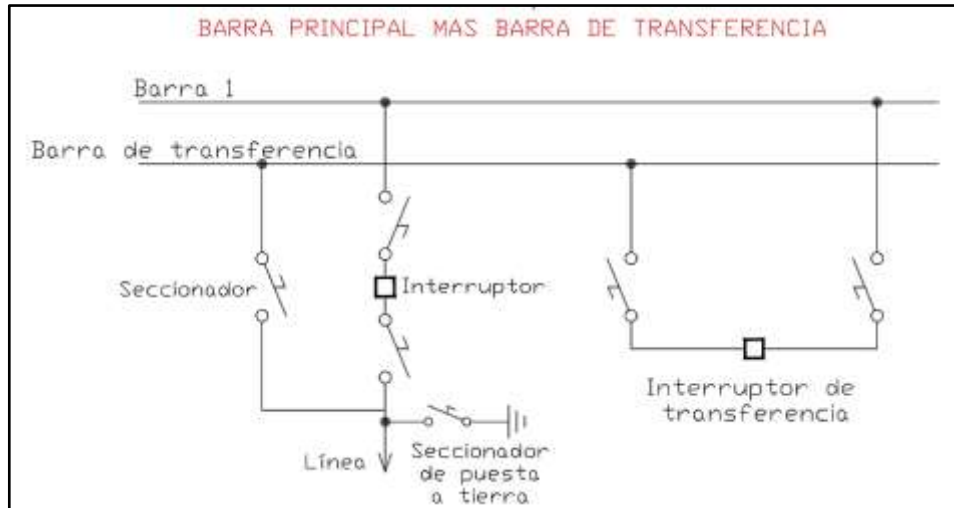
- Realizar el proceso de operación de barras de una subestación a través de la ejecución del programa informático para el respectivo análisis de cada una de las maniobras que presenta la configuración en barra simple más barra de transferencia.
- Comprender el proceso correcto que se debe seguir para la energización de los elementos que conforman la subestación.
- Identificar los elementos de maniobra existentes en la configuración

#### EXPOSICIÓN:

En esta configuración existe una barra auxiliar o de transferencia, la cual, si se la aplica en la configuración de barra sencilla, esta mejorará la confiabilidad por falla en interruptores.

A cada circuito se le agrega un seccionador (de transferencia) para la conexión a dicha barra y un interruptor (de transferencia) para unir las dos barras, conformándose así una configuración llamada de barra principal y de transferencia.

- En condiciones normales de operación, todas las líneas y bancos de transformadores se conectan a las barras principales. Con ese tipo de conexión se obtiene buena continuidad de servicio.
- Los arreglos con interruptor de acoplamiento logran mayor flexibilidad de operación, aunque aumenten las maniobras en el equipo
- Este arreglo de barras permite sustituir y dar mantenimiento a cualquier interruptor por el de acoplamiento, sin alterar la operación de la subestación en lo referente a desconexión de líneas o bancos de transformadores.
- En comparación a la configuración de barra sencilla, la cantidad de equipo necesario es mayor, al igual que su costo.



## INSTRUMENTOS Y EQUIPO

- Computador (portátil o de escritorio): Almacenamiento 55,5 Megabytes (MB)
- Software ejecutable: Compatible con sistema operativo MS Windows (Windows 7 hasta versión Windows 10)

## PROCEDIMIENTOS

### Recomendaciones:

- En esta práctica se hace uso de una herramienta informática (aplicación) por lo cual se recomienda leer el instructivo correspondiente para cada tipo de configuración.
- Es preferible no realizar alguna acción contraria a lo que se especifica en este manual
- Las maniobras en cada uno de los elementos se deben hacer conforme al procedimiento correcto.

El software presenta dos modos operativos (modo automático y manual). El modo automático brinda la posibilidad de que el estudiante se familiarice con los diferentes procedimientos necesario para la operación de los circuitos que componen la configuración de las barras con cada uno de las maniobras ya programadas. Modo manual se presenta el circuito unifilar de la configuración de barra correspondiente, totalmente a disposición abierta en donde es posible poner a prueba las destrezas del operador todo esto manteniendo una previa preparación de los principios operativos de los elementos de potencia.

La presente práctica consta de 5 escenarios de funciones operativas que se desarrolla en una subestación perteneciente a la configuración de doble barra sencilla, en los cuales será posible identificar los elementos de potencia que permiten la diferentes maniobras.

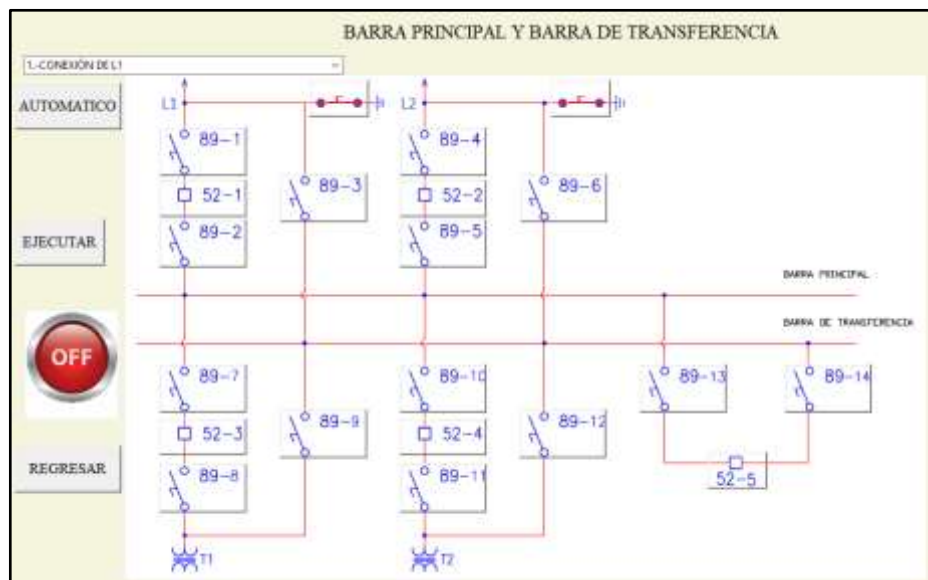
**Nota:** El modo automático cuenta con su respectivo botón de ayuda que brinda respaldo para la selección de las maniobras que deben cumplir con procedimientos previos de ciertas maniobras.

- En primer lugar, se debe ejecutar el programa en cualquier ordenador y poder visualizar el esquema de conexión de barra principal y de transferencia.
- Teniendo en cuenta que en condiciones normales de operación todas las líneas y transformadores están conectados a la única barra se procede a cumplir los siguientes procesos para cualquiera de las maniobras u operaciones.

### ESCENARIO 1

La Subestación Quinindé (69 kV) con una configuración de barra principal más barra de transferencia mantiene suministro de energía hacia los circuitos que alimentan a las cargas (L1-Quinindé 1; L2-Quinindé 2). Durante la operación del sistema se requiere alimentar la carga Quinindé 1 a través de su by-pass por la barra de transferencia, debido a un proceso de mantenimiento del circuito principal.

#### Estado inicial de la configuración en barra principal más barra de transferencia



#### Procedimiento para conexión de T1 a la barra principal

Maniobras necesarias para la operación:

- Conectar seccionador 89-8
- Conectar seccionador 89-7
- Conectar interruptor 52-3

### Procedimiento para la conexión de L1 a la barra principal

Maniobras necesarias para la operación:

- Desconectar seccionador de puesta a tierra
- Conectar seccionador 89-1
- Conectar seccionador 89-2
- Conectar interruptor 52-1

### Procedimiento para la conexión de T2 a la barra principal

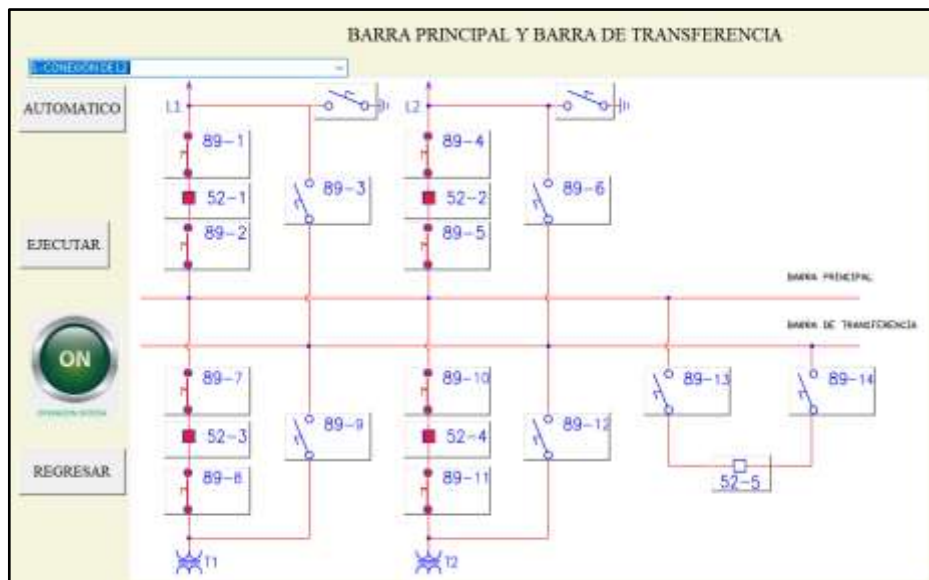
Maniobras necesarias para la operación:

- Conectar seccionador 89-11
- Conectar seccionador 89-10
- Conectar interruptor 52-4

### Procedimiento para la conexión de L2 a la barra principal

Maniobras necesarias para la operación:

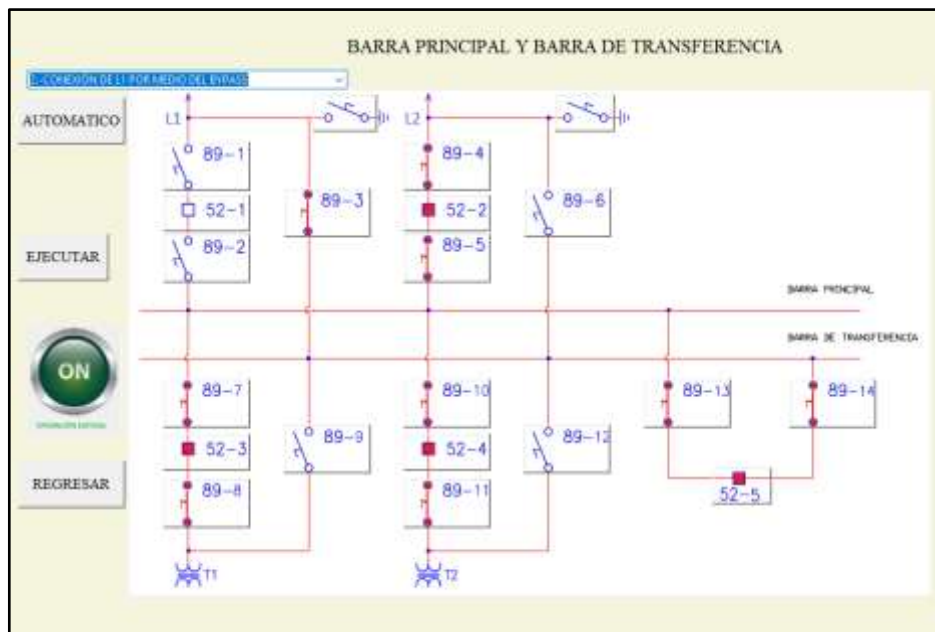
- Desconectar seccionador de puesta a tierra
- Conectar seccionador 89-4
- Conectar seccionador 89-5
- Conectar interruptor 52-2



## Procedimiento para la conexión de la carga Quinindé 1 a la barra a través del by-pass

Maniobras necesarias para la operación:

- Conectar seccionador 89-13
- Conectar seccionador 89-14
- Conectar interruptor 52-5
- Conectar seccionador 89-3
- Desconectar interruptor 52-1
- Desconectar seccionador 89-2
- Desconectar seccionador 89-1



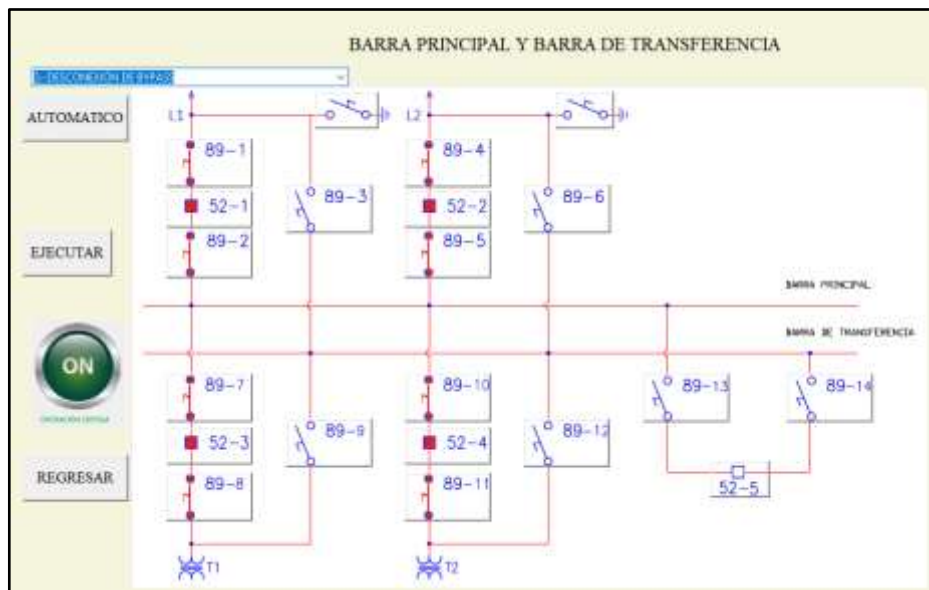
## ESCENARIO 2

Teniendo en consideración el escenario anterior, se cumple con la etapa de mantenimiento en el circuito correspondiente a la carga Quinindé 1, y se procede a retornar la alimentación a dicha carga por su circuito principal.

### Procedimiento para la conexión de la carga Quinindé 1 a través de su circuito principal

Maniobras necesarias para la operación:

- Conectar seccionador 89-1
- Conectar seccionador 89-2
- Conectar interruptor 52-1
- Desconectar interruptor 52-5
- Desconectar seccionador 89-13
- Desconectar seccionador 89-14
- Desconectar seccionador 89-3



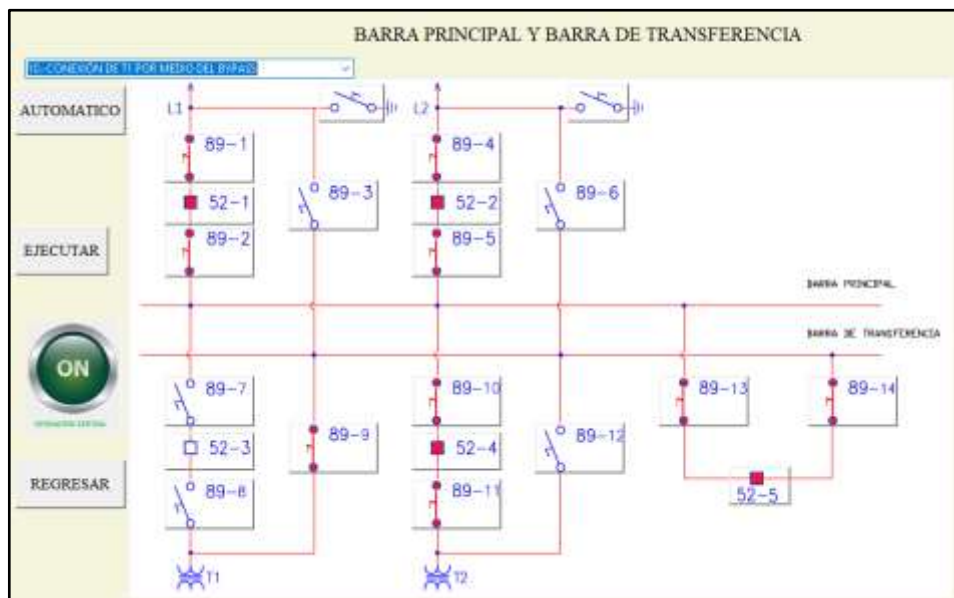
### ESCENARIO 3

Durante la operación del sistema se requiere dar mantenimiento al circuito principal del transformador (T1) por lo cual es necesario dejar inactivo el circuito del transformador 1 debido a un proceso de mantenimiento preventivo, para esto el suministro de energía deberá establecerse a través del bypass.

#### Procedimiento para la conexión del transformador 1 a través del by-pass

Maniobras necesarias para la operación:

- Conectar seccionador 89-13
- Conectar seccionador 89-14
- Conectar interruptor 52-5
- Conectar seccionador 89-9
- Desconectar interruptor 52-3
- Desconectar seccionador 89-
- Desconectar seccionador 89-18



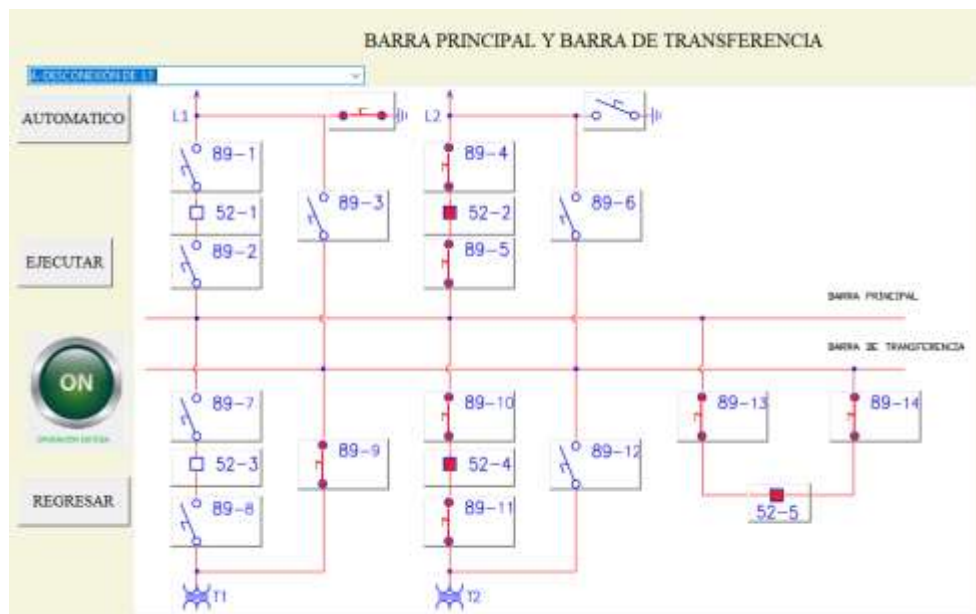
## ESCENARIO 4

Teniendo en consideración que el sistema se encuentra alimentando a las cargas (Quinindé 1 y Quinindé 2) con los dos transformadores activos. En este caso está programada la suspensión parcial en el circuito de la carga Quinindé 1 debido a una revisión como parte de mantenimiento en dicho circuito.

### Procedimiento para la desconexión del circuito de la carga correspondiente a Quinindé 1

Maniobras necesarias para la operación:

- Desconectar interruptor 52-1
- Desconectar seccionador 89-1
- Desconectar seccionador 89-2
- Conectar seccionador de puesta a tierra



## ESCENARIO 5

Una vez culminado el periodo de mantenimiento del circuito principal del transformador 1, este vuelve a operar a través de la barra principal al igual que entra en operación el circuito que alimenta la carga Quinindé 1, mientras que la carga “Quinindé 2” debido a una problemática en su circuito principal se alimenta en este caso a través de su bypass.

### Procedimiento para la reposición del servicio de T1 por su circuito principal

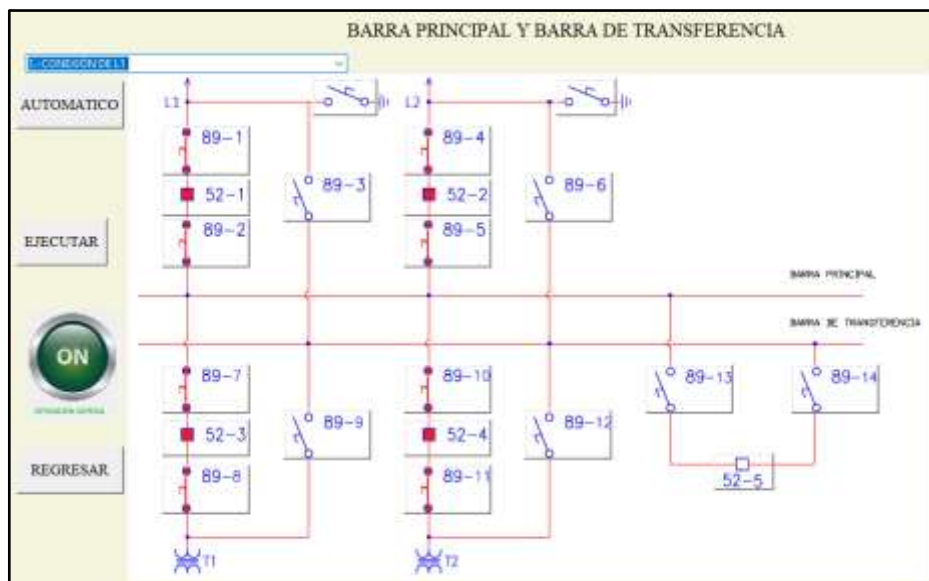
Maniobras necesarias para la operación:

- Conectar seccionador 89-7
- Conectar seccionador 89-8
- Conectar interruptor 52-3
- Desconectar interruptor 52-5
- Desconectar seccionador 89-13
- Desconectar seccionador 89-14
- Desconectar seccionador 89-9

### Procedimiento para la energización del circuito L1 a la barra principal

Maniobras necesarias para la operación:

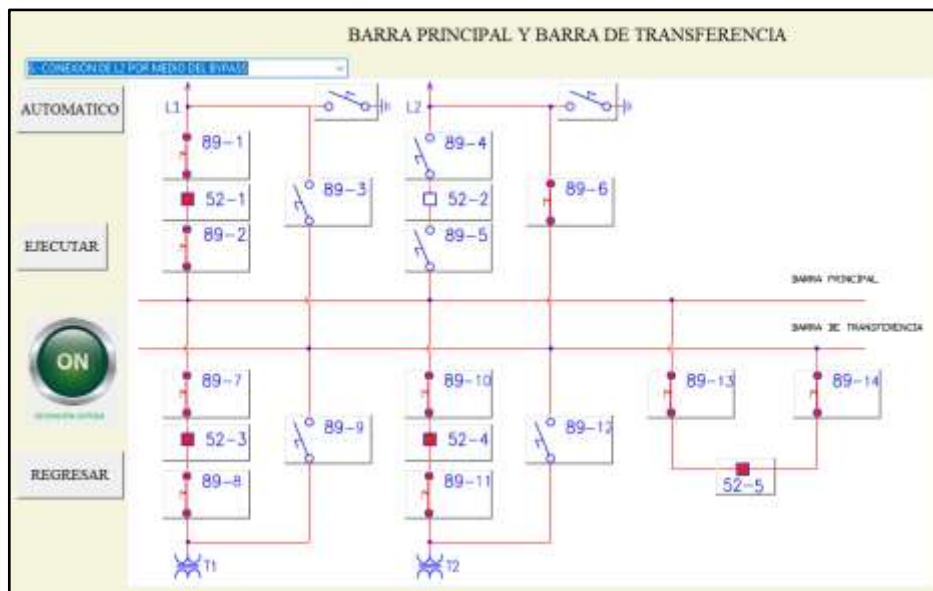
- Desconectar seccionador de puesta a tierra
- Conectar seccionador 89-1
- Conectar seccionador 89-2
- Conectar interruptor 52-1



## Maniobras requeridas para alimentar el circuito de la carga 2 a través de su bypass

Maniobras necesarias para la operación:

- Conectar seccionador 89-13
- Conectar seccionador 89-14
- Conectar interruptor 52-5
- Conectar seccionador 89-3
- Desconectar interruptor 52-1
- Desconectar seccionador 89-1
- Desconectar seccionador 89-2





## EXPERIMENTO DE LABORATORIO N° 3

### SIMULACION DE OPERACIÓN DEL SISTEMA DE BARRAS EN LA CONFIGURACION DE BARRA DOBLE

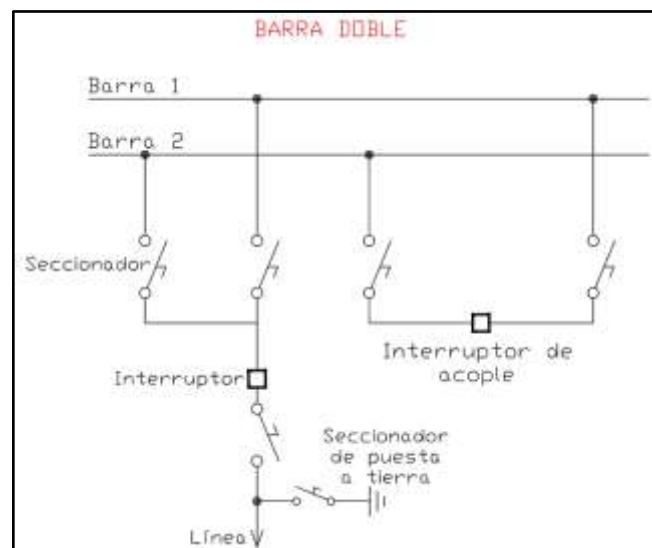
#### OBJETIVOS:

- Realizar el proceso de operación de barras de una subestación a través de la ejecución del programa informático para el respectivo análisis de cada una de las maniobras que presenta la configuración en barra doble.
- Comprender el proceso correcto que se debe seguir para la energización de los elementos que conforman la subestación.
- Identificar los elementos de maniobra existentes en la configuración

#### EXPOSICIÓN:

Para un aumento de flexibilidad a la barra sencilla se puede adicionar una segunda barra principal y un interruptor para el acoplamiento de las dos barras conformándose así una configuración llamada de doble barra.

Esta configuración es flexible dado que permite separar circuitos en cada una de las barras, pudiéndose así dividir sistemas; además de tener la confiabilidad, pero no la seguridad por falla en barras y en interruptores; es posible también realizar un mantenimiento en barras sin suspender el servicio y por lo tanto se usa en áreas de alta contaminación ambiental.



- Desde el punto de vista de continuidad, el arreglo no es bueno debido a que por cada interruptor que necesite revisión se tiene que desconectar el transformador o línea correspondiente.

- Esta configuración se adapta de buena manera a los sistemas enmallados
- Es posible conectar a una y otra barra circuitos provenientes de una misma fuente sin necesidad de hacer cruce de las líneas a la entrada de la subestación.
- La subestación en condiciones normales se encuentra con sus dos juegos de cuchillas en posición de cerrado, de tal manera que en caso de mantenimiento o alguna situación adversa en uno de los juegos de barras-
- Algunas disposiciones físicas de esta configuración permiten efectuar un by-pass o paso directo temporal o permanente por medio de cambios en las conexiones de los equipos y barrajes, para permitir una continuidad en el servicio durante prolongados periodos de mantenimiento o reparación del interruptor.

## **INSTRUMENTOS Y EQUIPO**

- Computador (portátil o de escritorio): Almacenamiento 55,5 Megabytes (MB)
- Software ejecutable: Compatible con sistema operativo MS Windows (Windows 7 hasta versión Windows 10)

## **PROCEDIMIENTOS**

### **Recomendaciones:**

- En esta práctica se hace uso de una herramienta informática (aplicación) por lo cual se recomienda leer el instructivo correspondiente para cada tipo de configuración.
- Es preferible no realizar alguna acción contraria a lo que se especifica en este manual
- Las maniobras en cada uno de los elementos se deben hacer conforme al procedimiento correcto.

El software presenta dos modos operativos (modo automático y manual). El modo automático brinda la posibilidad de que el estudiante se familiarice con los diferentes procedimientos necesario para la operación de los circuitos que componen la configuración de las barras con cada uno de las maniobras ya programadas. Modo manual se presenta el circuito unifilar de la configuración de barra correspondiente, totalmente a disposición abierta en donde es posible poner a prueba las destrezas del operador todo esto manteniendo una previa preparación de los principios operativos de los elementos de potencia.

La presenta práctica consta de 5 escenarios de funciones operativas que se desarrolla en una subestación perteneciente a la configuración de doble barra sencilla, en los cuales será posible identificar los elementos de potencia que permiten la diferentes maniobras.

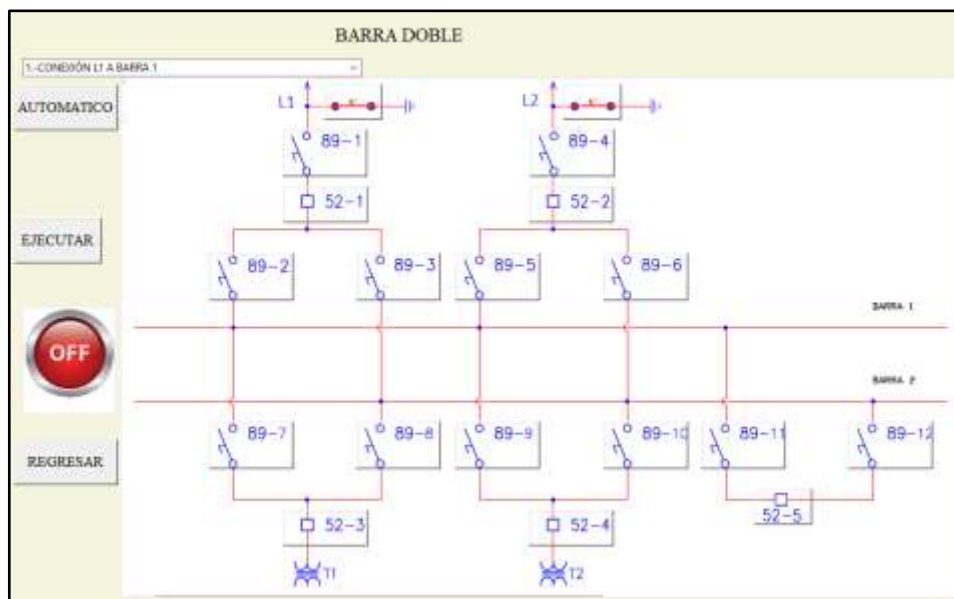
**Nota:** El modo automático cuenta con su respectivo botón de ayuda que brinda respaldo para la selección de las maniobras que deben cumplir con procedimientos previos de ciertas maniobras.

- En primer lugar, se debe ejecutar el programa en cualquier ordenador y poder visualizar el esquema de conexión de doble barra.
- Teniendo en cuenta que en condiciones normales de operación todas las líneas y transformadores están conectados a la única barra se procede a cumplir los siguientes procesos para cualquiera de las maniobras u operaciones.

### ESCENARIO 1

La Subestación Nueva Prosperina (230 kV) mantiene suministro de energía para satisfacer la demanda en los circuitos que alimentan las cargas (L1-Pacuales y L2-Trinitaria). Los circuitos de los transformadores y de las cargas están conectados a la primera barra.

#### Estado inicial de la configuración en barra doble



#### Procedimiento para la conexión de T1 a la barra 1

Maniobras necesarias para la operación:

- Conectar seccionador 89-7
- Conectar interruptor 52-3

### Procedimiento para la conexión de L1 a la barra 1

Maniobras necesarias para la operación:

- Desconectar seccionador de puesta a tierra
- Conectar seccionador 89-1
- Conectar seccionador 89-2
- Conectar interruptor 52-1

### Procedimiento para la conexión de T2 a la barra 1

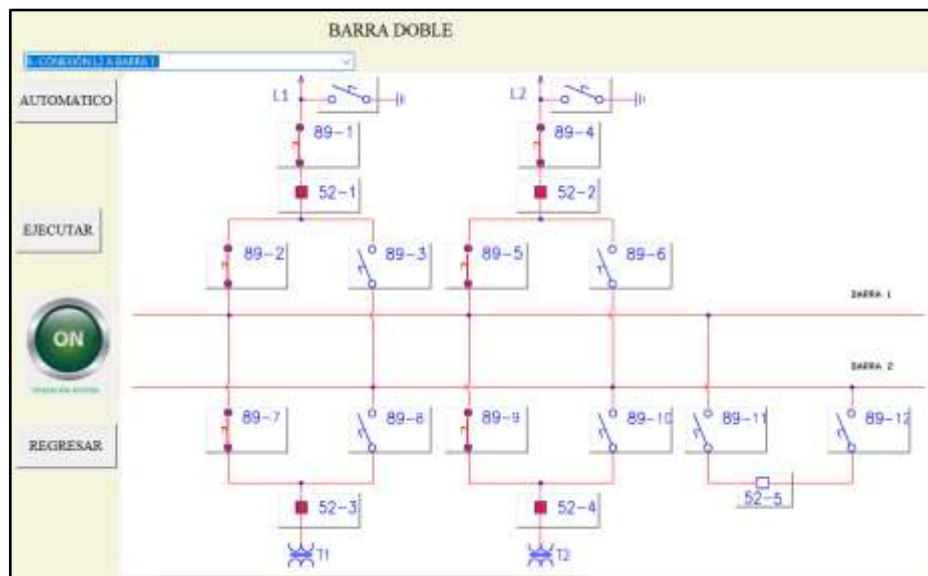
Maniobras necesarias para la operación:

- Conectar seccionador 89-9
- Conectar interruptor 52-4

### Procedimiento para la conexión de L2 a la barra 1

Maniobras necesarias para la operación:

- Desconectar seccionador de puesta a tierra
- Conectar seccionador 89-4
- Conectar seccionador 89-5
- Conectar interruptor 52-2

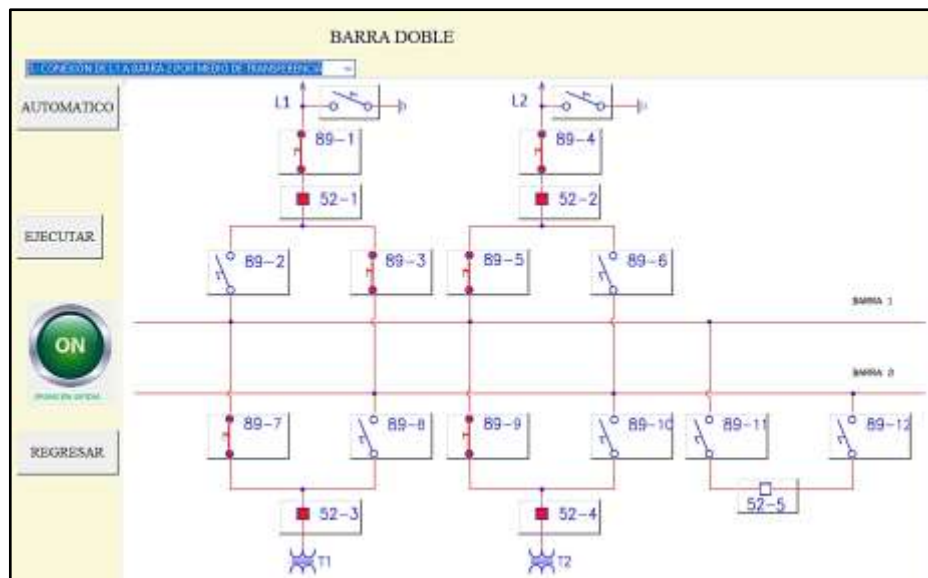


Tomando en cuenta el escenario anterior, se considera pertinente el cambio de conexión del circuito de la carga Pascuales hacia la barra 2 haciendo uso del módulo de acoplamiento.

**Procedimiento para la conexión de L a la barra 2** (ingresa en funcionamiento el módulo de acoplamiento)

Maniobras necesarias para la operación:

- Conectar seccionador 89-11
- Conectar seccionador 89-12
- Conectar interruptor 52-5
- Conectar seccionador 89-3
- Desconectar seccionador 89-2
- Desconectar interruptor 52-5
- Desconectar seccionador 89-11
- Desconectar seccionador 89-12



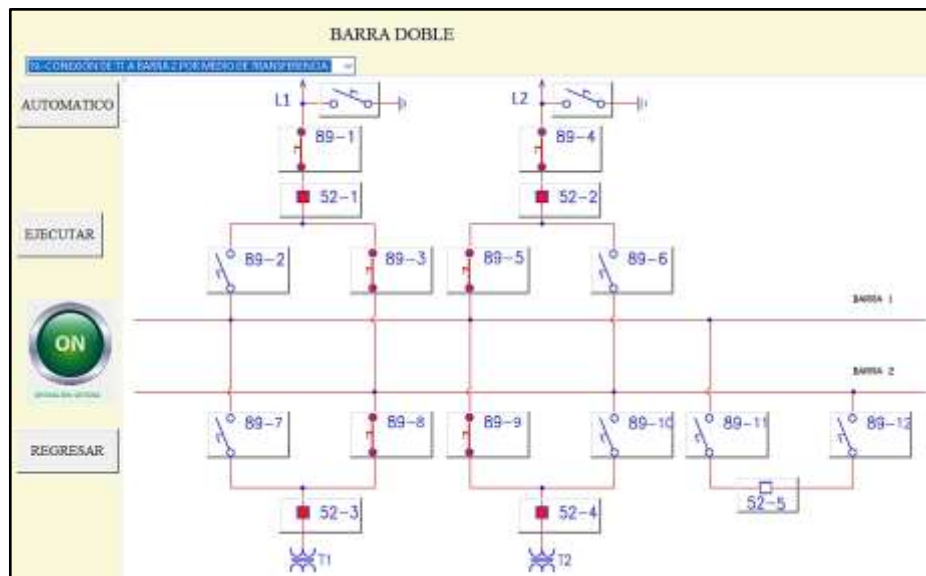
## ESCENARIO 2

El circuito que conecta el transformador 1 con la barra 1 debe entrar en periodo de mantenimiento por lo tanto pasa a estado inactivo y se conecta hacia la barra 2.

**Procedimiento para la conexión del transformador 1 a la barra 2** (ingresa en funcionamiento el módulo de acoplamiento)

Maniobras necesarias para la operación:

- Conectar seccionador 89-11
- Conectar seccionador 89-12
- Conectar interruptor 52-5
- Conectar seccionador 89-8
- Desconectar seccionador 89-7
- Desconectar interruptor 52-5
- Desconectar seccionador 89-11
- Desconectar seccionador 89-12



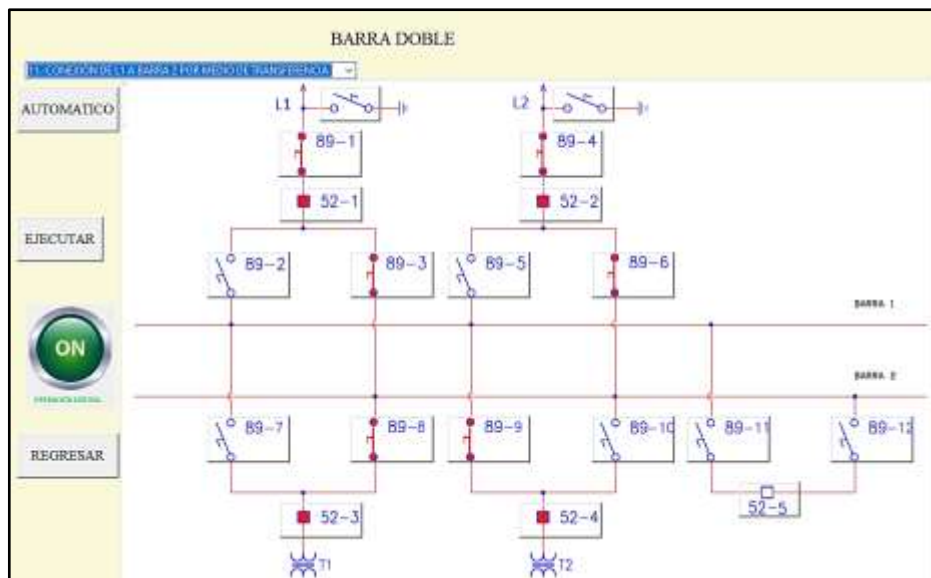
### ESCENARIO 3

Manteniendo el escenario anterior de operación del sistema, el transformador 2 ingresa al periodo de mantenimiento por lo cual se debe dejar inactivo. Para este proceso es conveniente no dejar sin servicio el circuito de carga 2, por lo que previamente este circuito pasa a mantener el suministro de energía a través de la barra 2.

#### Procedimiento para el cambio de conexión de la carga 2 de la barra 1 a la barra 2:

Maniobras necesarias para la operación:

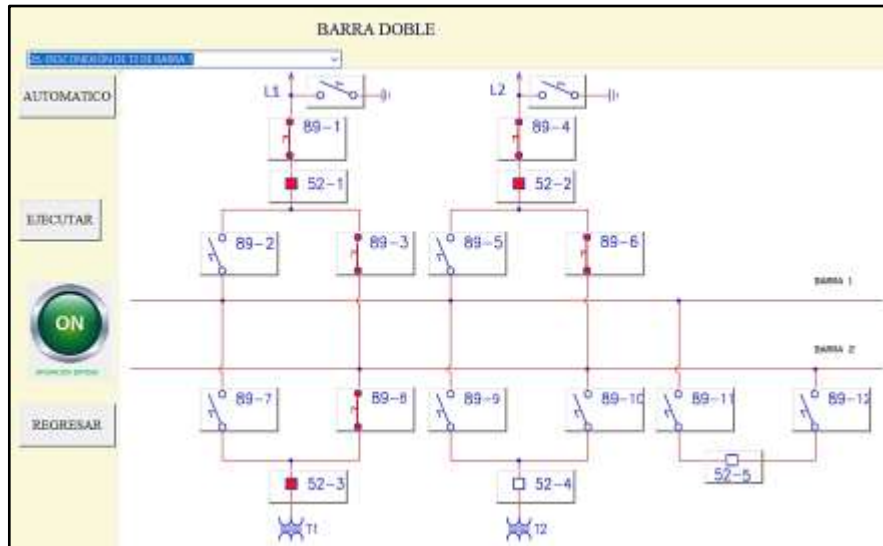
- Conectar seccionador 89-11
- Conectar seccionador 89-12
- Conectar interruptor 52-5
- Conectar seccionador 89-6
- Desconectar seccionador 89-5
- Desconectar interruptor 52-5
- Desconectar seccionador 89-11
- Desconectar seccionador 89-12



### Procedimiento para la desconexión del transformador T2 de la barra 1

Maniobras necesarias para la operación:

- Desconectar interruptor 52-4
- Desconectar seccionador 89-9



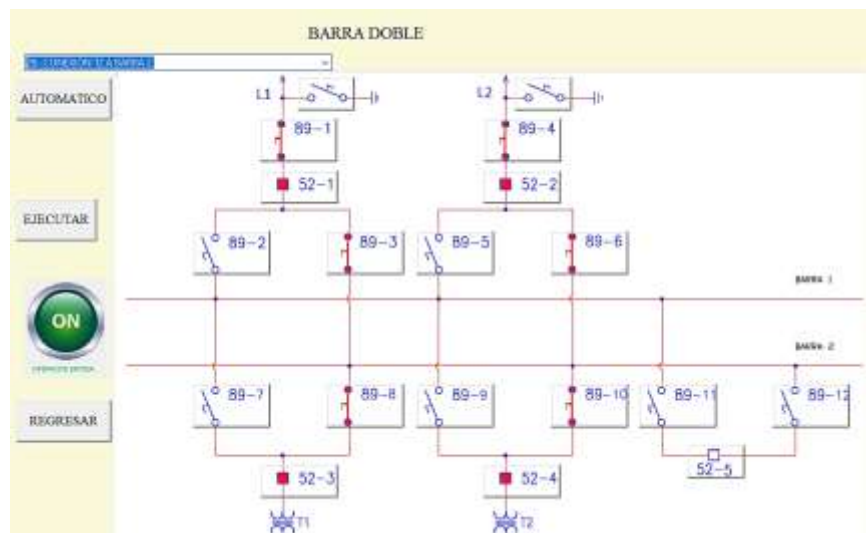
### ESCENARIO 4

Una vez culminado el periodo de mantenimiento del transformador 2, este vuelve a operar únicamente través de la barra 2, y de esta forma poder suministrar la demanda de energía en la carga 2 (Trinitaria).

### Procedimiento para la reposición del circuito del transformador T2 a la barra 2

Maniobras necesarias para la operación:

- Conectar seccionador 89-10
- Conectar seccionador 52-4

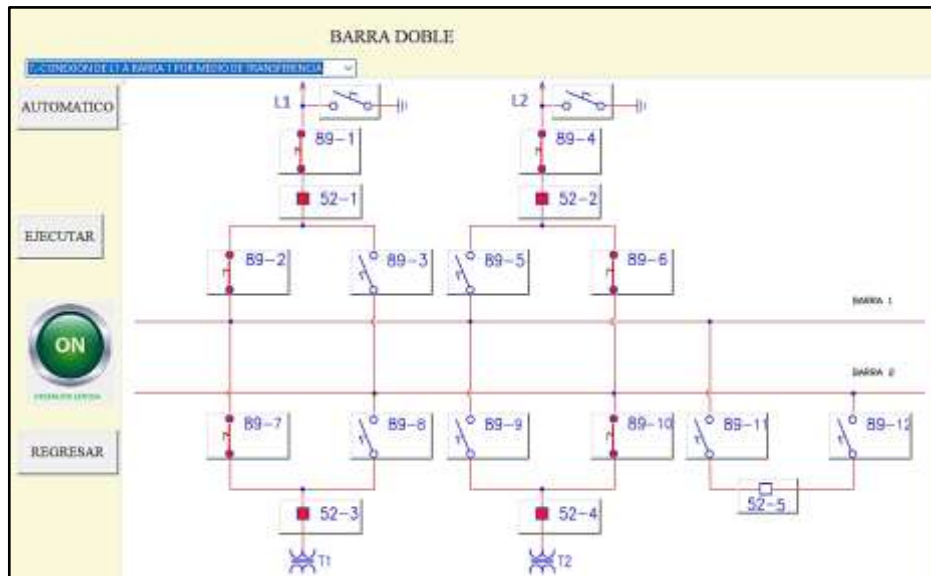




**Procedimiento para el cambio de conexión del circuito de carga 1 (desde la barra 2 hacia la barra 1 por medio de transferencia)**

Maniobras necesarias para la operación:

- Conectar seccionador 89-11
- Conectar seccionador 89-12
- Conectar interruptor 52-5
- Conectar seccionador 89-2
- Desconectar seccionador 89-3
- Desconectar interruptor 52-5
- Desconectar seccionador 89-11
- Desconectar seccionador 89-12



## **RESULTADOS**

Para este caso, en la configuración de doble barra con el planteamiento de cinco escenarios consecuentes ha permitido conocer un proceso de funcionamiento de manera correcta, siempre tratando de evitar maniobras erróneas que causen averías en el sistema (si se considera de manera real). En esta configuración se tiene un grado mayor de confiabilidad y flexibilidad que las anteriores, pero del mismo modo aumenta la probabilidad de cometer alguna maniobra incorrecta.

## **PRUEBA DE CONOCIMIENTOS**

1. De entre todos los escenarios planteados seleccione una y emita un comentario acerca del proceso de funcionamiento óptimo del sistema.

2. En base a su criterio ¿bajo qué circunstancias (reales) se presentaría una desconexión total de la subestación?

## EXPERIMENTO DE LABORATORIO N° 4

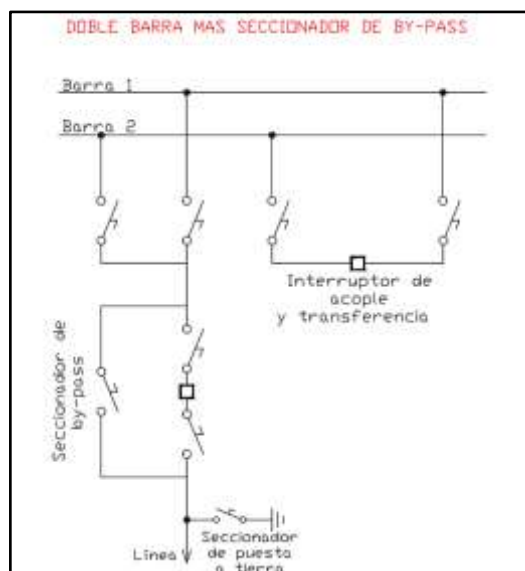
### SIMULACION DE OPERACIÓN DEL SISTEMA DE BARRAS EN LA CONFIGURACION DE DOBLE BARRA MÁS SECCIONADOR DE BY-PASS

#### OBJETIVOS:

- Realizar el proceso de operación de barras de una subestación a través de la ejecución del programa informático para el respectivo análisis de cada una de las maniobras que presenta la configuración de doble barra más seccionador de by-pass
- Comprender el proceso correcto que se debe seguir para la energización de los elementos que conforman la subestación.
- Identificar los elementos de maniobra existentes en la configuración

#### EXPOSICIÓN:

En esta configuración se requiere un número mayor de equipos por campo, presentándose así mismo una mayor posibilidad de operación errónea durante las maniobras. Generalmente, a esta configuración no se le explota su flexibilidad, pues se usa una de las barras como simple barra de reserva o de transferencia, no compensándose así la alta inversión que ella implica.



Este tipo de configuración reúne las características de la barra principal y de transferencia y la doble barra. Esto se logra a partir de la doble barra conectando un seccionador de by-pass o paso directo al interruptor de cada salida y adicionando además otro seccionador adyacente al interruptor para poder aislarlo. Con los seccionadores adicionales se puede operar la subestación, complementariamente a la operación normal de doble barra, una barra siendo la

principal y la otra la de transferencia, utilizando el interruptor (o módulo) de acoplamiento como transferencia para cualquiera de los interruptores que esté en mantenimiento.

Este tipo de configuración comparte diversas similitudes con la doble barra en la cual se dispone un seccionador de "by-pass" o de paso directo en paralelo con cada campo o bahía para facilitar el mantenimiento del interruptor de ese campo transfiriendo el circuito al campo de acople y empleando en este caso el barraje B2 como barraje de transferencia. El campo de acople hace estas funciones de transferencia, pero no en forma simultánea.

## **INSTRUMENTOS Y EQUIPO**

- Computador (portátil o de escritorio): Almacenamiento 55,5 Megabytes (MB)
- Software ejecutable: Compatible con sistema operativo MS Windows (Windows 7 hasta versión Windows 10)

## **PROCEDIMIENTOS**

### **Recomendaciones:**

- En esta práctica se hace uso de una herramienta informática (aplicación) por lo cual se recomienda leer el instructivo correspondiente para cada tipo de configuración.
- Es preferible no realizar alguna acción contraria a lo que se especifica en este manual
- Las maniobras en cada uno de los elementos se deben hacer conforme al procedimiento correcto.

El software presenta dos modos operativos (modo automático y manual). El modo automático brinda la posibilidad de que el estudiante se familiarice con los diferentes procedimientos necesario para la operación de los circuitos que componen la configuración de las barras con cada uno de las maniobras ya programadas. Modo manual se presenta el circuito unifilar de la configuración de barra correspondiente, totalmente a disposición abierta en donde es posible poner a prueba las destrezas del operador todo esto manteniendo una previa preparación de los principios operativos de los elementos de potencia.

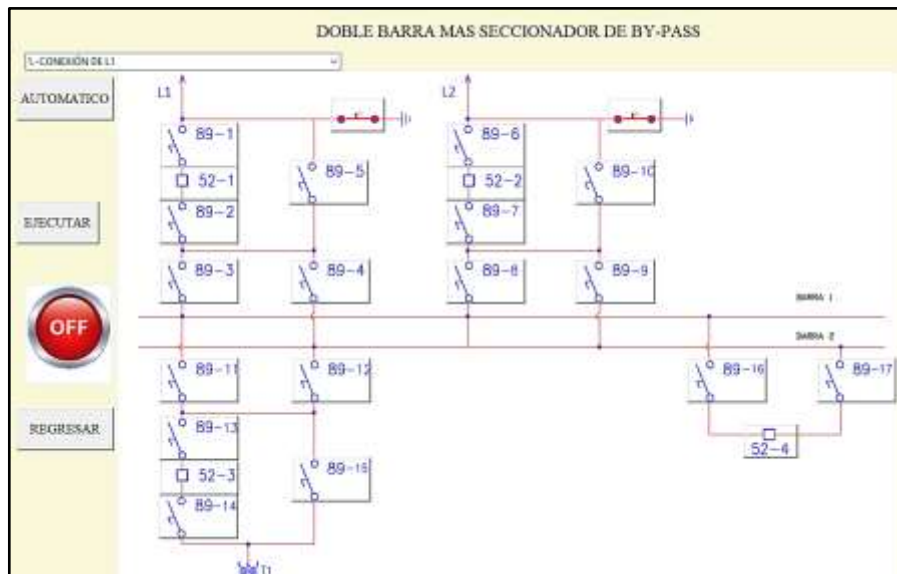
La presenta práctica consta de 5 escenarios de funciones operativas que se desarrolla en una subestación perteneciente a la configuración de doble barra sencilla, en los cuales será posible identificar los elementos de potencia que permiten la diferentes maniobras.

**Nota:** El modo automático cuenta con su respectivo botón de ayuda que brinda respaldo para la selección de las maniobras que deben cumplir con procedimientos previos de ciertas maniobras.

## ESCENARIO 1

Se requiere alimentar el circuito “Quinindé 2- L2” de la subestación Quinindé, por medio de la barra 2 para lo cual es necesario la conexión de su alimentador T1 a la mencionada barra, seguidamente se debe habilitar el circuito bypass de T1. Dado que su circuito principal saldrá de operación por un manteniendo planificado.

### Estado inicial de la configuración en doble barra más seccionador de by-pass



Una vez ejecutado la aplicación se procede a verificar cada una de las maniobras descritas y poder dar cumplimiento al escenario planteado.

### Procedimiento para la conexión del circuito de T1 a la barra 2

Maniobras necesarias para la operación:

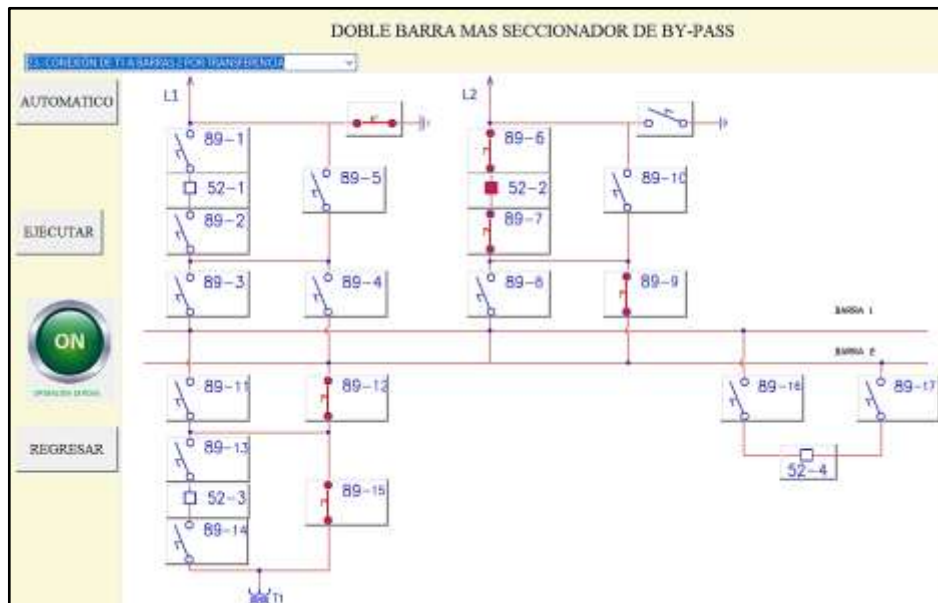
- Conectar seccionador 89-1
- Conectar seccionador 89-13
- Conectar seccionador 89-14
- Conectar interruptor 52-3



**Procedimiento para la conexión de T1 a través de su by-pass** (en respuesta al proceso de mantenimiento en su circuito principal).

Maniobras necesarias para la operación:

- Conectar seccionador 89-10
- Desconectar interruptor 52-2
- Desconectar seccionador 89-6
- Desconectar seccionador 89-7



## ESCENARIO 2

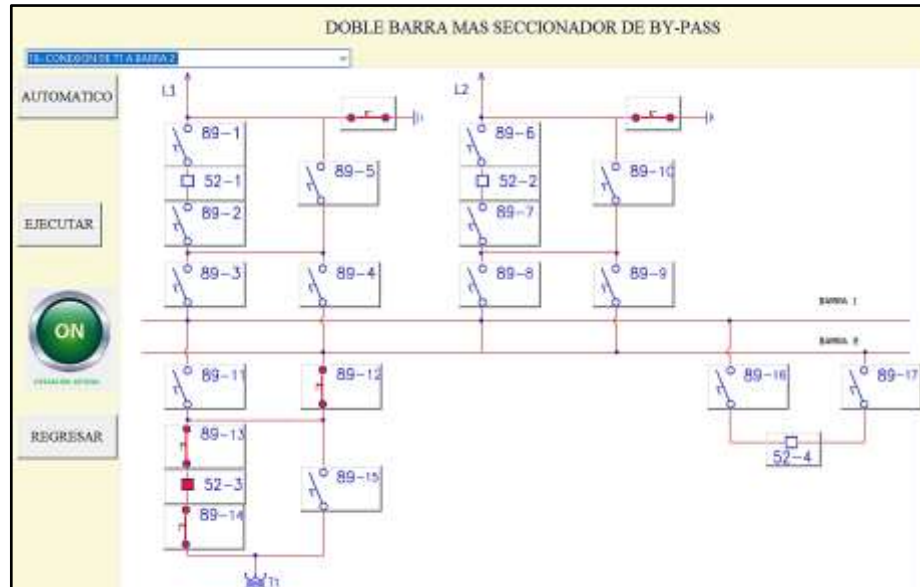
En la subestación “Quinindé” Se presenta demanda de potencia en el circuito “Quinindé 1- L1” el cual está conectado a la barra 1 por lo cual es necesario suplir esa necesidad de potencia por medio del alimentador T1 el cual está conectado a la barra 2, por tal motivo es necesario emplear el circulo de transferencia para lograr satisfacer la demanda de potencia de L1 por medio de la barra 2.

Una vez ejecutado la aplicación se procede a verificar cada una de las maniobras descritas y poder dar cumplimiento al escenario planteado.

**Procedimiento para la conexión del circuito de T1 a la barra 2**

Maniobras necesarias para la operación:

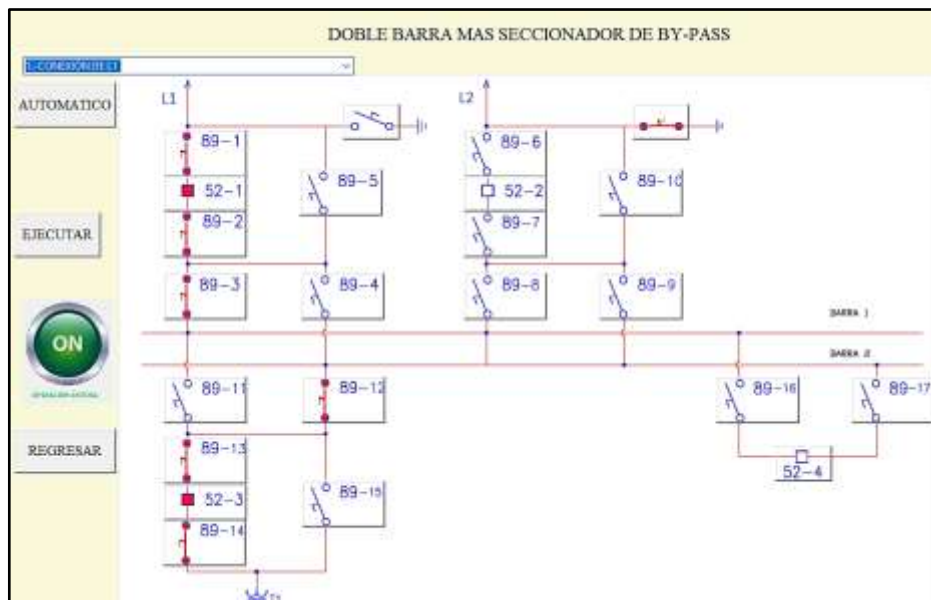
- Conectar seccionador 89-12
- Conectar seccionador 89-13
- Conectar seccionador 89-14
- Conectar interruptor 52-3



### Procedimiento para la conexión del circuito de carga L1 a la barra 1

Maniobras necesarias para la operación:

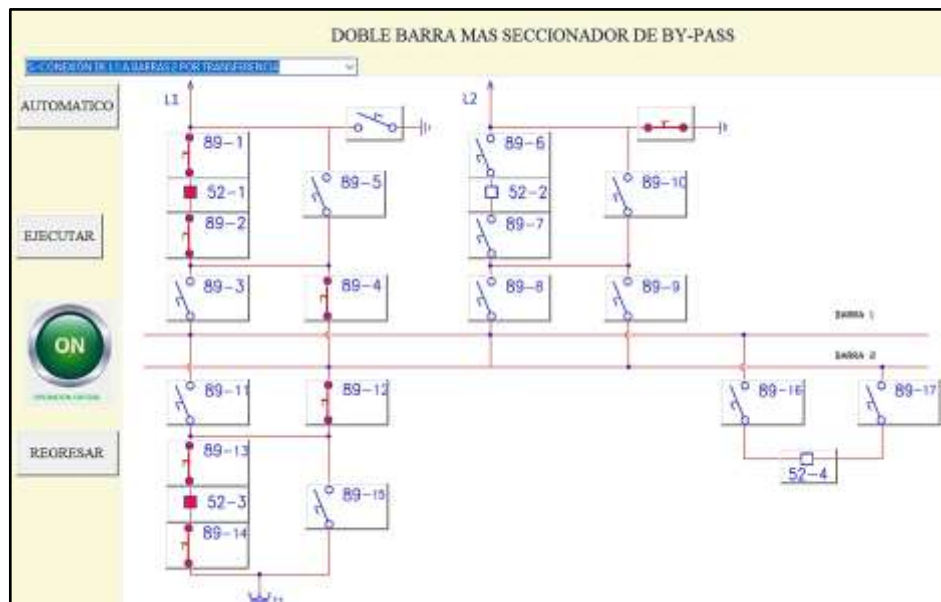
- Desconectar seccionador de puesta a tierra
- Conectar seccionador 89-1
- Conectar seccionador 89-2
- Conectar seccionador 89-3
- Conectar interruptor 52-1



**Procedimiento para la conexión del circuito de carga L1 a la barra 2 (por medio del circuito de transferencia)**

Maniobras necesarias para la operación:

- Conectar seccionador 89-16
- Conectar seccionador 89-17
- Conectar interruptor 52-4
- Conectar seccionador 89-4
- Desconectar seccionador 89-3
- Desconectar interruptor 52-4
- Desconectar seccionador 89-16
- Desconectar seccionador 89-17



### **ESCENARIO 3**

En la subestación Quinindé de 69 kV cuenta con su circuito de alimentador T1 el cual permite abastecer a “Quinindé 1-L1” y “Quinindé 2- L2” los cuales operan con normalidad hasta presentar una situación adversa la cual deja fuera de servicio al circuito principal de L1 por lo que se requiere mantener el suministro de potencia por medio de su circuito Bypass y dadas las correcciones correspondientes del circuito principal de L1 se requiere la reposición de la conexión del circuito principal de L1.

Una vez ejecutado la aplicación se procede a verificar cada una de las maniobras descritas y poder dar cumplimiento al escenario planteado.

#### **Procedimiento para la conexión del circuito de T1 a la barra 1**

Maniobras necesarias para la operación:

- Conectar seccionador 89-11
- Conectar seccionador 89-13
- Conectar seccionador 89-14
- Conectar interruptor 52-3

#### **Procedimiento para la conexión del circuito de carga L1 a la barra 1**

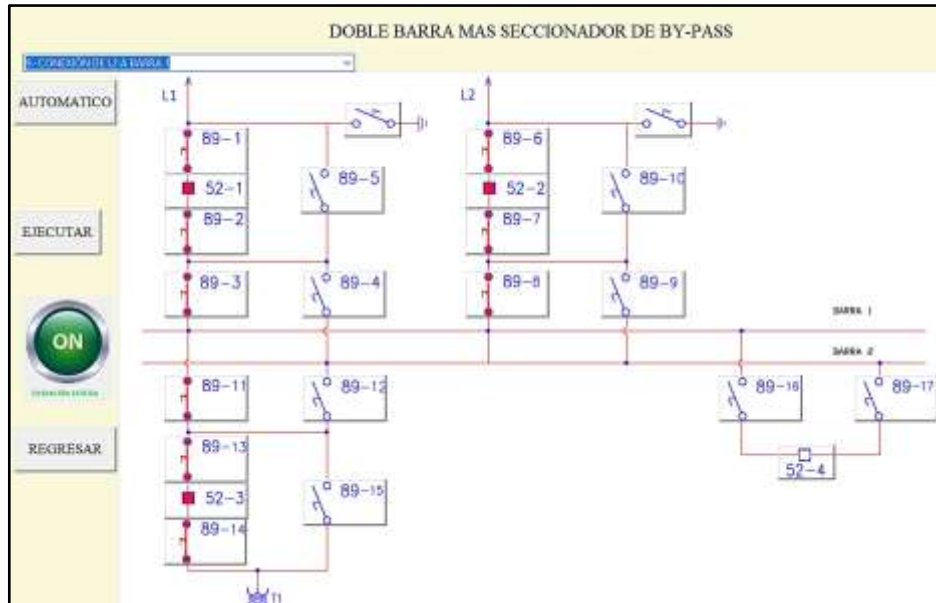
Maniobras necesarias para la operación:

- Desconectar seccionador de puesta a tierra
- Conectar seccionador 89-1
- Conectar seccionador 89-2
- Conectar seccionador 89-3
- Conectar interruptor 52-1

#### **Procedimiento para la conexión del circuito de carga L2 a la barra 1**

Maniobras necesarias para la operación:

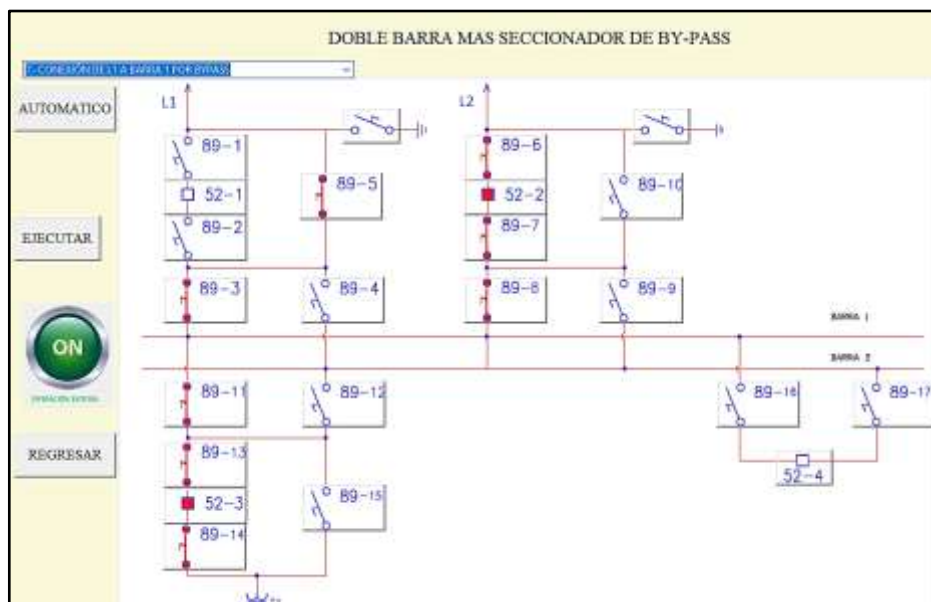
- Desconectar seccionador de puesta a tierra
- Conectar seccionador 89-6
- Conectar seccionador 89-7
- Conectar seccionador 89-8
- Conectar interruptor 52-2



### Procedimiento para la conexión del circuito de carga L1 a la barra 1 (mediante by-pass)

Maniobras necesarias para la operación:

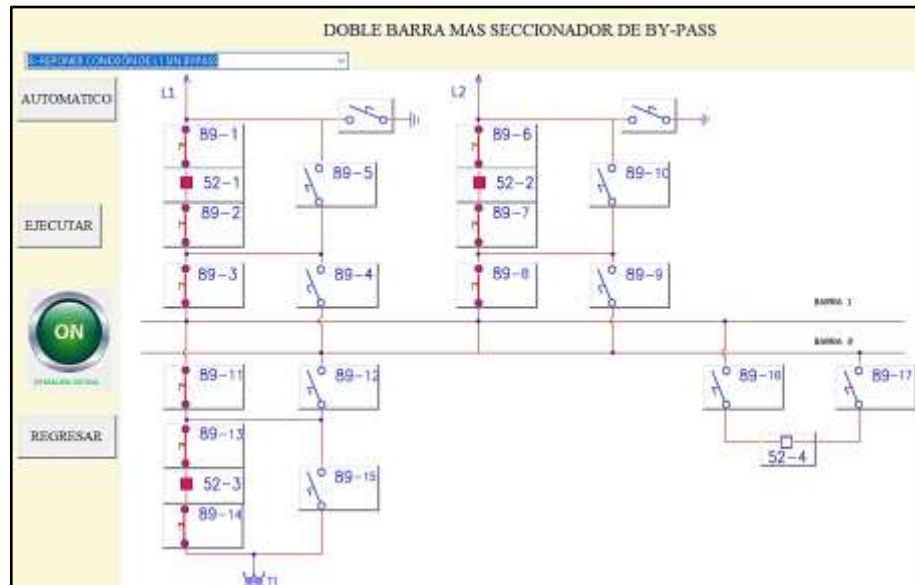
- Conectar seccionador 89-5
- Desconectar interruptor 52-1
- Desconectar seccionador 81-1
- Desconectar seccionador 89-2



### Procedimiento para la reposición de conexión del circuito de carga L1 sin su by-pass

Maniobras necesarias para la operación:

- Conectar seccionador 89-1
- Conectar seccionador 89-2
- Conectar interruptor 52-1
- Desconectar seccionador 89-5



### ESCENARIO 4

En la subestación Quinindé se requiere la conexión de sus circuitos “Quinindé 1-L1” y “Quinindé 2- L2” el cual esta alimentado por el circuito T1 ambos se conectarán a la barra 1 y mantendrán su conexión hasta presentarse condiciones adversas en donde se procede a un lastre de carga total y seguido se procede a la conexión del circuito “Quinindé 1-L1” el mismo que para su operación deberá mantener su conexión por medio de su circuito bypass.

Una vez ejecutado la aplicación se procede a verificar cada una de las maniobras descritas y poder dar cumplimiento al escenario planteado.

### Procedimiento para la conexión del circuito de T1 a la barra 2

Maniobras necesarias para la operación:

- Conectar seccionador 89-12
- Conectar seccionador 89-13
- Conectar seccionador 89-14
- Conectar interruptor 52-3

### Procedimiento para la conexión del circuito de carga L1 a la barra 2

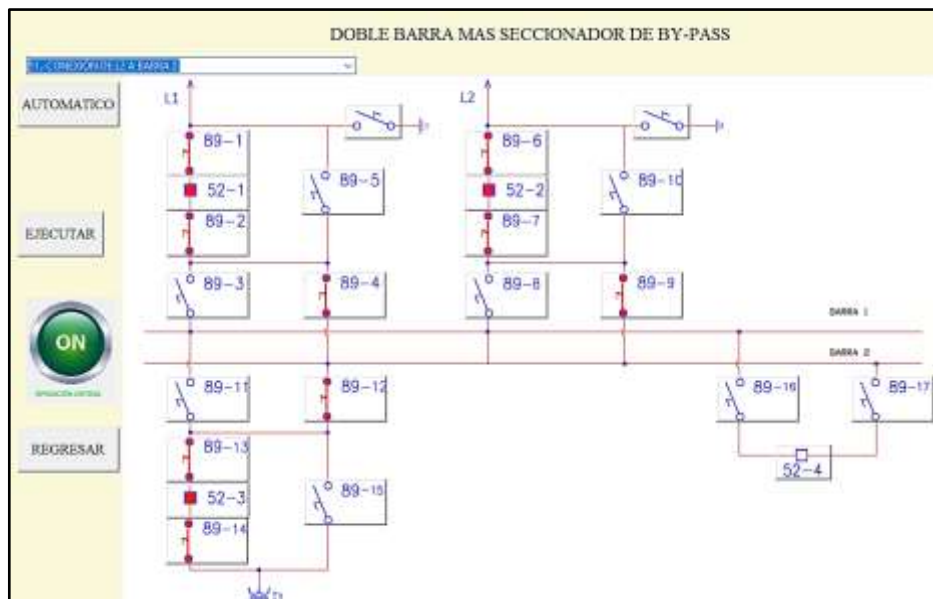
Maniobras necesarias para la operación:

- Desconectar seccionador de puesta a tierra
- Conectar seccionador 89-1
- Conectar seccionador 89-2
- Conectar seccionador 89-4
- Conectar interruptor 52-1

### Procedimiento para la conexión del circuito de carga L2 a la barra 2

Maniobras necesarias para la operación:

- Desconectar seccionador de puesta a tierra
- Conectar seccionador 89-6
- Conectar seccionador 89-7
- Conectar seccionador 89-9
- Conectar interruptor 52-2



### Procedimiento para la desconexión del circuito de carga L1 de la barra 2

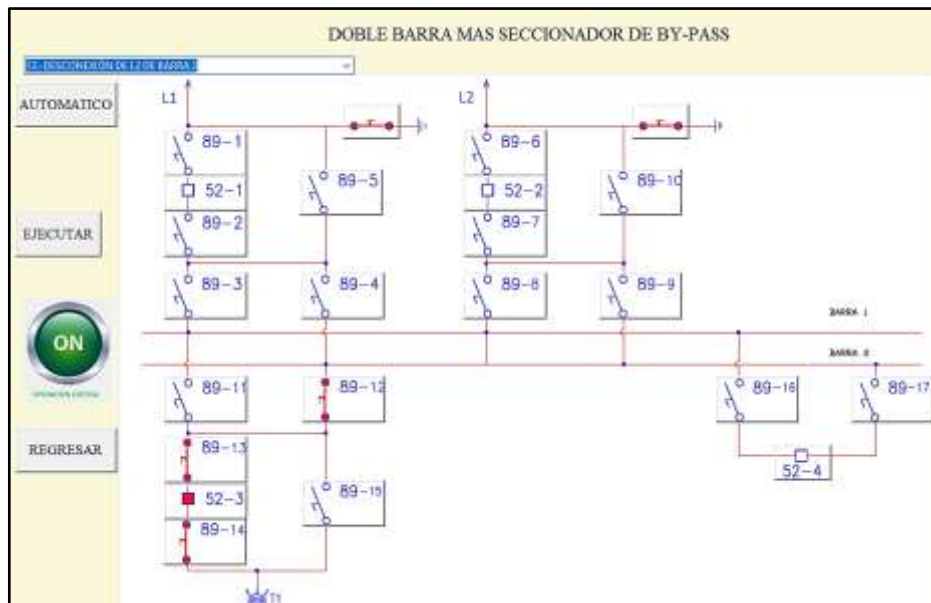
Maniobras necesarias para la operación:

- Desconectar interruptor 52-1
- Desconectar seccionador 89-1
- Desconectar seccionador 89-2
- Desconectar seccionador 89-4
- Conectar seccionador de puesta a tierra

### Procedimiento para la desconexión del circuito de carga L2 de la barra 2

Maniobras necesarias para la operación:

- Desconectar interruptor 52-2
- Desconectar seccionador 89-6
- Desconectar seccionador 89-7
- Desconectar seccionador 89-9
- Conectar seccionador de puesta a tierra



### Procedimiento para la conexión del circuito de carga L1 a la barra 1

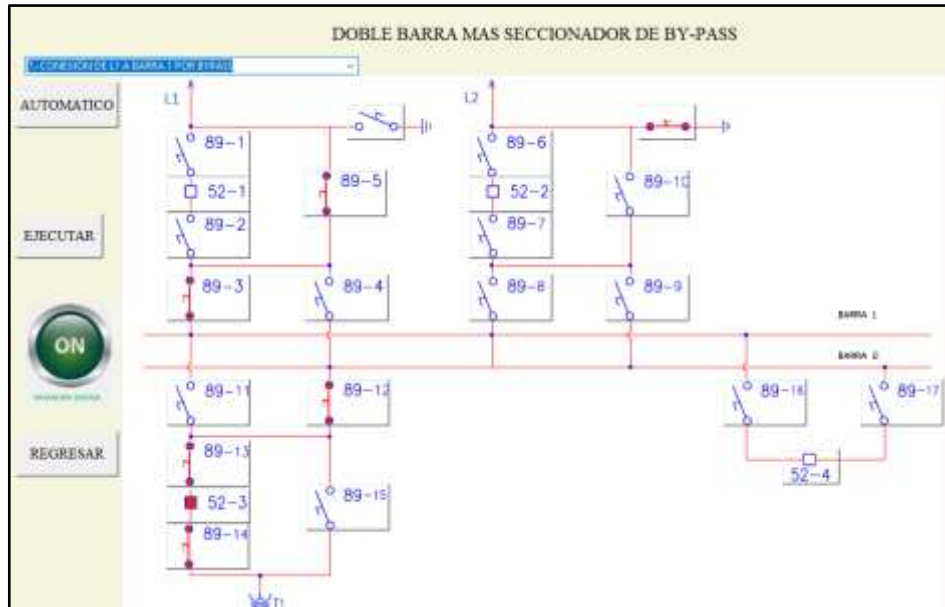
Maniobras necesarias para la operación:

- Desconectar seccionador de puesta a tierra
- Conectar seccionador 89-1
- Conectar seccionador 89-2
- Conectar seccionador 89-3
- Conectar interruptor 52-1

### Procedimiento para la conexión del circuito de carga L1 a la barra 1 (por medio de su by-pass)

Maniobras necesarias para la operación:

- Conectar seccionador 89-5
- Desconectar interruptor 52-1
- Desconectar seccionador 89-1
- Desconectar seccionador 89-2



### ESCENARIO 5

En la subestación Quinindé deberá presentar una conexión de su circuito “Quinindé 2- L2” y de su circuito de alimentador T1 ambos conectados a la barra 1, al presentar esta conexión se da lugar a una falla en la barra 1 dejándola en condiciones no operativas por lo cual es necesario mantener el abastecimiento de energía eléctrica al circuito “Quinindé 2- L2” todo esto será posible empleando el sistema de transferencia tanto para el circuito alimentador como para “Quinindé 2- L2” los que contarán con la barra 2 como punto de conexión.

Una vez ejecutado la aplicación se procede a verificar cada una de las maniobras descritas y poder dar cumplimiento al escenario planteado.

#### Procedimiento para la conexión del circuito de T1 a la barra 1

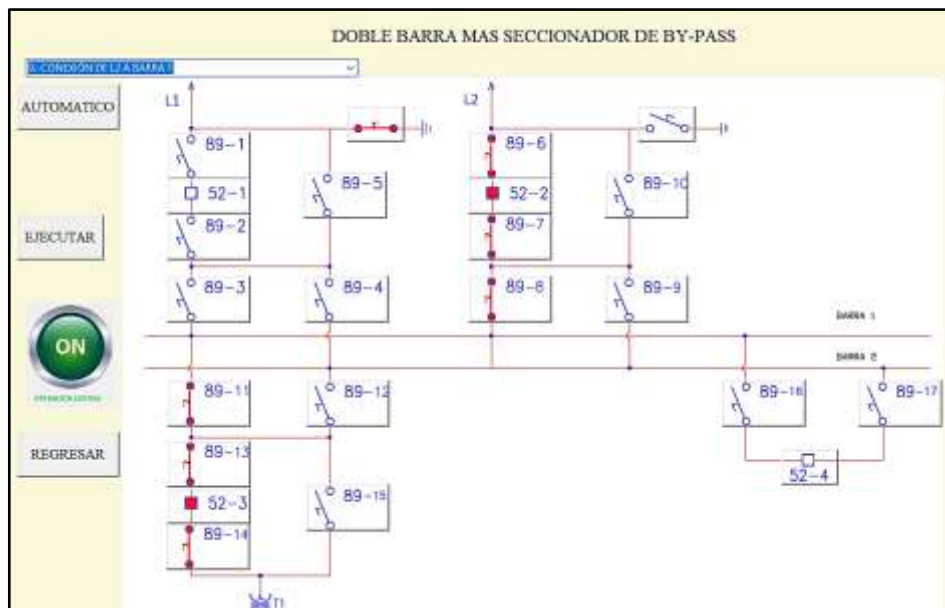
Maniobras necesarias para la operación:

- Conectar seccionador 89-11
- Conectar seccionador 89-13
- Conectar seccionador 89-14
- Conectar interruptor 52-3

### Procedimiento para la conexión del circuito de carga L2 a la barra 1

Maniobras necesarias para la operación:

- Desconectar seccionador de puesta a tierra
- Conectar seccionador 89-6
- Conectar seccionador 89-7
- Conectar seccionador 89-8
- Conectar interruptor 52-2



### Procedimiento para la conexión del circuito de T1 a la barra 2 (por medio de transferencia)

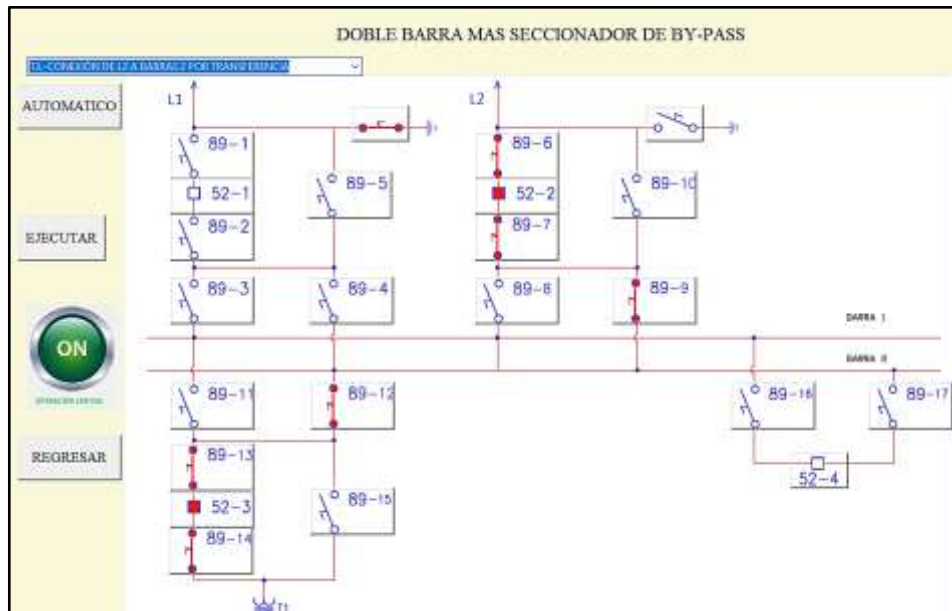
Maniobras necesarias para la operación:

- Conectar seccionador 89-16
- Conectar seccionador 89-17
- Conectar interruptor 52-4
- Conectar seccionador 89-12
- Desconectar seccionador 89-11
- Desconectar interruptor 52-4
- Desconectar seccionador 89-16
- Desconectar seccionador 89-17

**Procedimiento para la conexión del circuito de carga L2 a la barra 2 (por medio de transferencia)**

Maniobras necesarias para la operación:

- Conectar seccionador 89-16
- Conectar seccionador 89-17
- Conectar interruptor 52-4
- Conectar seccionador 89-9
- Desconectar seccionador 89-8
- Desconectar interruptor 52-4
- Desconectar seccionador 89-16
- Desconectar seccionador 89-17





## EXPERIMENTO DE LABORATORIO N° 5

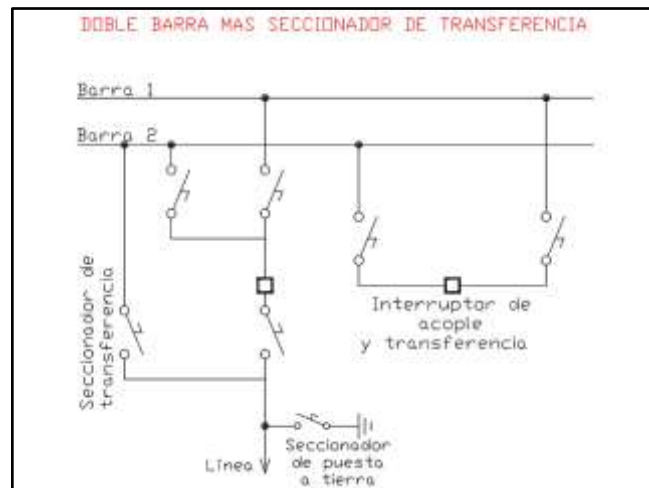
### SIMULACION DE OPERACIÓN DEL SISTEMA DE BARRAS EN LA CONFIGURACION DE DOBLE BARRA MÁS SECCIONADOR DE TRANSFERENCIA

#### OBJETIVOS:

- Realizar el proceso de operación de barras de una subestación a través de la ejecución del programa informático para el respectivo análisis de cada una de las maniobras que presenta la configuración de doble barra más seccionador de transferencia.
- Comprender el proceso correcto que se debe seguir para la energización de los elementos que conforman la subestación.
- Identificar los elementos de maniobra existentes en la configuración

#### EXPOSICIÓN:

Esta configuración tiene el mismo funcionamiento de la anterior, pero con un seccionador menos, el del lado aguas arriba del interruptor. En este caso el seccionador de transferencia conecta la salida del campo directamente al barraje "b2" al cual se denomina en este caso como de transferencia, de "by-pass" o de paso directo.



En cuanto a la disposición física, para lograr esta configuración en forma práctica se requiere la utilización de seccionadores del tipo pantógrafo o semipantógrafo (en donde la conexión o desconexión se efectúa de forma vertical) o seccionadores instalados en los pórticos de la subestación en por lo menos una de las conexiones a las barras.

En cuanto a principios de operación posee las mismas características generales de la configuración doble barra con seccionador de by-pass.

<b>Configuración doble barra más seccionador de transferencia</b>	
<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Una falla en unas de las barras no ocasiona pérdida de circuito alguno.</li> <li>• Facilita el mantenimiento de los seccionadores de barra ya que solo afecta el tramo al cual este está conectado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Requiere una mayor área para las instalaciones.</li> <li>• El costo se eleva en comparación con las otras configuraciones</li> </ul>

## **INSTRUMENTOS Y EQUIPO**

- Computador (portátil o de escritorio): Almacenamiento 55,5 Megabytes (MB)
- Software ejecutable: Compatible con sistema operativo MS Windows (Windows 7 hasta versión Windows 10)

## **PROCEDIMIENTOS**

### **Recomendaciones:**

- En esta práctica se hace uso de una herramienta informática (aplicación) por lo cual se recomienda leer el instructivo correspondiente para cada tipo de configuración.
- Es preferible no realizar alguna acción contraria a lo que se especifica en este manual
- Las maniobras en cada uno de los elementos se deben hacer conforme al procedimiento correcto.

El software presenta dos modos operativos (modo automático y manual). El modo automático brinda la posibilidad de que el estudiante se familiarice con los diferentes procedimientos necesario para la operación de los circuitos que componen la configuración de las barras con cada uno de las maniobras ya programadas. Modo manual se presenta el circuito unifilar de la configuración de barra correspondiente, totalmente a disposición abierta en donde es posible poner a prueba las destrezas del operador todo esto manteniendo una previa preparación de los principios operativos de los elementos de potencia.

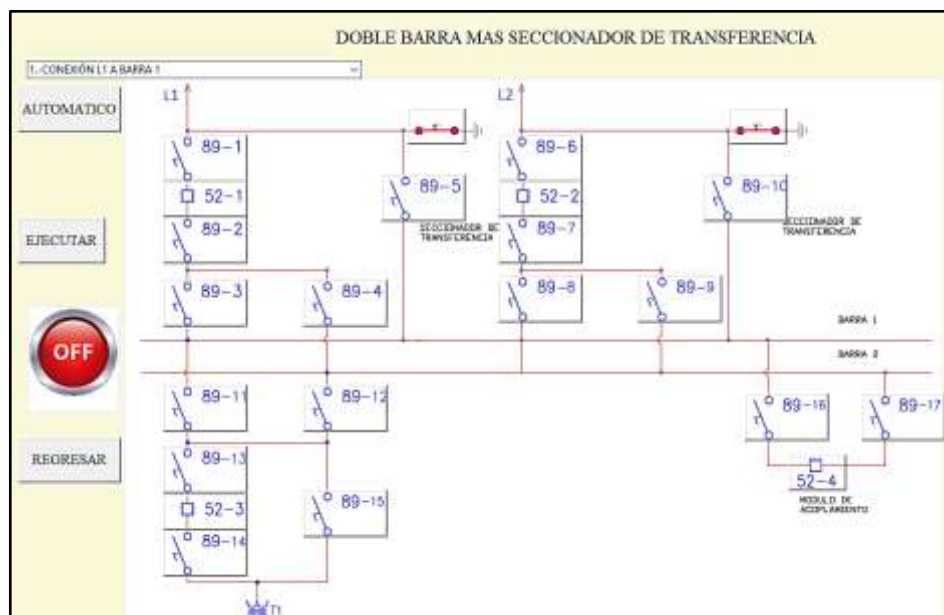
La presenta práctica consta de 5 escenarios de funciones operativas que se desarrolla en una subestación perteneciente a la configuración de doble barra sencilla, en los cuales será posible identificar los elementos de potencia que permiten la diferentes maniobras.

**Nota:** El modo automático cuenta con su respectivo botón de ayuda que brinda respaldo para la selección de las maniobras que deben cumplir con procedimientos previos de ciertas maniobras.

## ESCENARIO 1

Se considera la operación de la subestación “Chone” la cual cuenta con su circuito alimentador T1 y sus circuitos de carga “Calceta-L1” y “Tosagua-L2”. Del cual se requiere la conexión de su circuito alimentador y de sus circuitos de carga “Calceta-L1” y “Tosagua-L2”. Y durante la operación del circuito T1 se presenta fallas en el circuito principal de por lo que es necesario la puesta en operación de su circuito bypass y a la vez se requiere la conexión del circuito “Calceta-L1” por medio de su seccionador de transferencia.

### Estado inicial de la configuración en doble barra más seccionador de transferencia



Una vez ejecutado la aplicación se procede a verificar cada una de las maniobras descritas y poder dar cumplimiento al escenario planteado.

### Procedimiento para la conexión del circuito de T1 a la barra 1

Maniobras necesarias para la operación:

- Conectar seccionador 89-11
- Conectar seccionador 89-13
- Conectar seccionador 89-14
- Conectar interruptor 52-3

### Procedimiento para la conexión del circuito de carga L1 a la barra 1

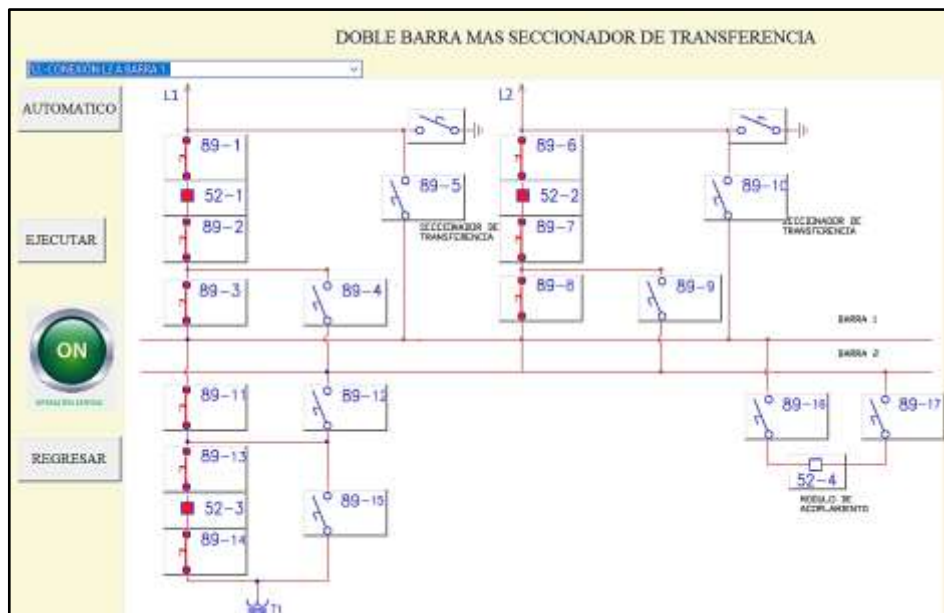
Maniobras necesarias para la operación:

- Desconectar seccionador de puesta a tierra
- Conectar seccionador 89-1
- Conectar seccionador 89-2
- Conectar seccionador 89-3
- Conectar interruptor 52-1

### Procedimiento para la conexión del circuito de carga L2 a la barra 1

Maniobras necesarias para la operación:

- Desconectar seccionador de puesta a tierra
- Conectar seccionador 89-6
- Conectar seccionador 89-7
- Conectar seccionador 89-8
- Conectar interruptor 52-2



### Procedimiento para la conexión del circuito de T1 por medio de su by-pass

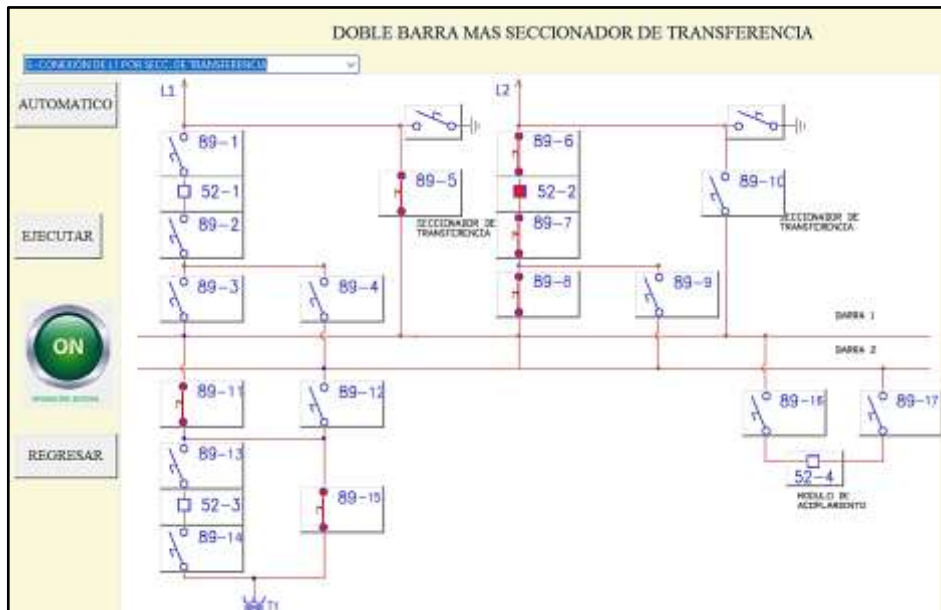
Maniobras necesarias para la operación:

- Conectar seccionador 89-15
- Desconectar interruptor 52-3
- Desconectar seccionador 89-13
- Desconectar seccionador 89-14

## Procedimiento para la conexión del circuito de L1 a través del seccionador de transferencia

Maniobras necesarias para la operación:

- Conectar seccionador 89-5
- Desconectar interruptor 52-1
- Desconectar seccionador 89-1
- Desconectar seccionador 89-2
- Desconectar seccionador 89-3



## ESCENARIO 2

Considerando la operación de la subestación “Chone”. Se requiere la conexión de su circuito alimentador y de su circuito de carga “Calceta-L1”. Y durante su operación se presenta fallas en la barra 1 en la cual presentan conexión de mencionados circuitos por lo cual se requiere emplear la conexión del módulo de acoplamiento para mantener la conexión del circuito alimentador como de “Calceta-L1” por medio de la barra 2.

Una vez ejecutado la aplicación se procede a verificar cada una de las maniobras descritas y poder dar cumplimiento al escenario planteado.

### Procedimiento para la conexión del circuito de T1 a la barra 1

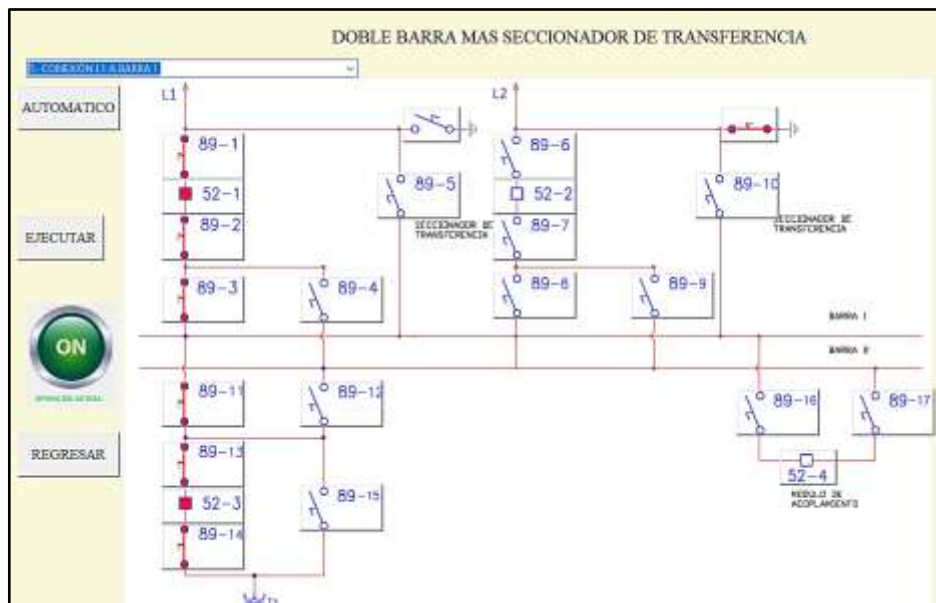
Maniobras necesarias para la operación:

- Conectar seccionador 89-11
- Conectar seccionador 89-13
- Conectar seccionador 89-14
- Conectar interruptor 52-3

### Procedimiento para la conexión del circuito de carga L1 a la barra 1

Maniobras necesarias para la operación:

- Desconectar seccionador de puesta a tierra
- Conectar seccionador 89-1
- Conectar seccionador 89-2
- Conectar seccionador 89-3
- Conectar interruptor 52-1





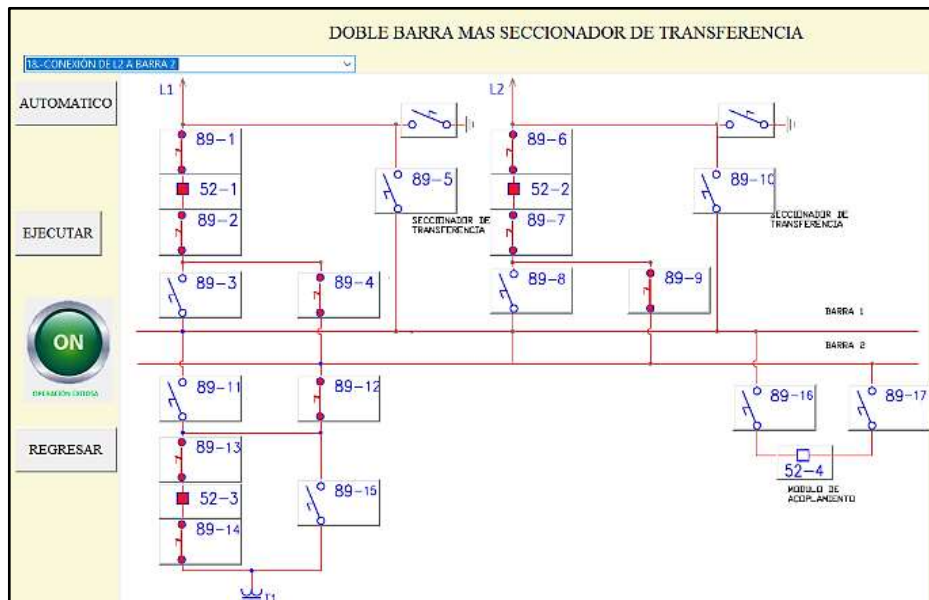
### ESCENARIO 3

Considerando el escenario 2 de la operación de la subestación “Chone”. Se requiere la conexión su circuito de carga “Tosagua-L2” a la barra 2. Y la desconexión del circuito de carga “Calceta-L1”

#### Procedimiento para la conexión del circuito de carga L2 a la barra 2

Maniobras necesarias para la operación:

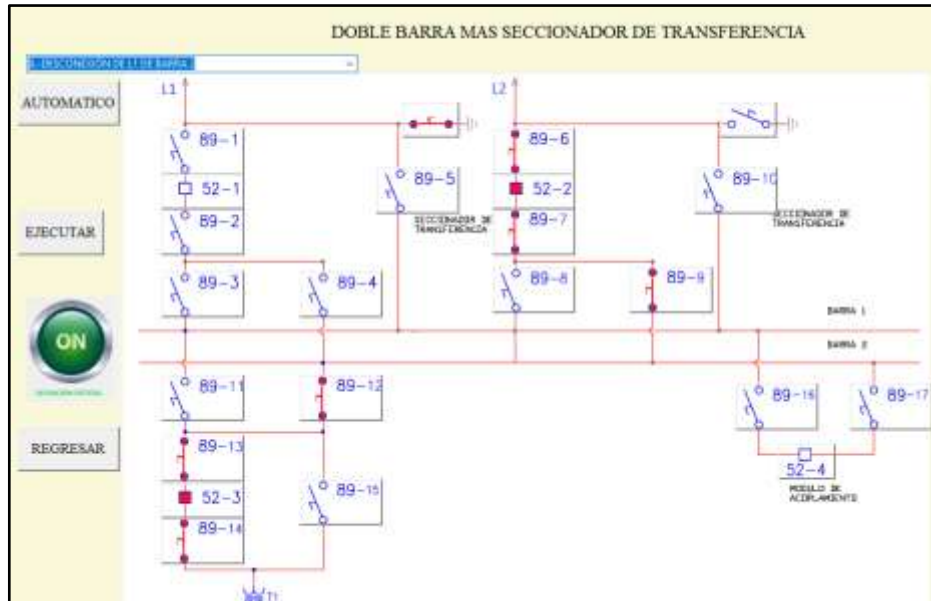
- Desconectar seccionador de puesta a tierra
- Conectar seccionador 89-6
- Conectar seccionador 89-7
- Conectar seccionador 89-9
- Conectar interruptor 52-2



#### Procedimiento para la desconexión del circuito L1 de la barra 2

Maniobras necesarias para la operación:

- Desconectar interruptor 52-1
- Desconectar seccionador 89-1
- Desconectar seccionador 89-2
- Desconectar seccionador 89-4
- Conectar seccionador de puesta a tierra



#### ESCENARIO 4

Se considera la operación de la subestación “Chone” la cual cuenta con su circuito alimentador T1 y sus circuitos de carga “Calceta-L1” y “Tosagua-L2”. Del cual se requiere la conexión de su circuito alimentador y de sus circuitos de carga “Calceta-L1” y “Tosagua-L2”. Y durante la operación del circuito T1 se presenta falla del transformador por lo cual es necesario sacar de servicio el circuito alimentador y seguidamente un lastre de los circuitos de carga.

Una vez ejecutado la aplicación se procede a verificar cada una de las maniobras descritas y poder dar cumplimiento al escenario planteado.

##### **Procedimiento para la conexión del circuito de T1 a la barra 1**

Maniobras necesarias para la operación:

- Conectar seccionador 89-11
- Conectar seccionador 89-13
- Conectar seccionador 89-14
- Conectar interruptor 52-3

##### **Procedimiento para la conexión del circuito de carga L1 a la barra 1**

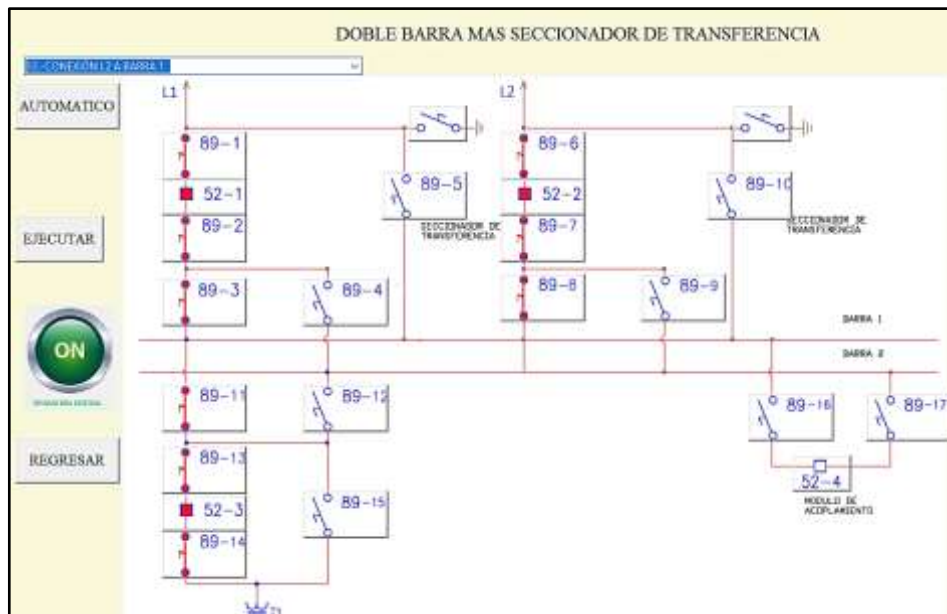
Maniobras necesarias para la operación:

- Desconectar seccionador de puesta a tierra
- Conectar seccionador 89-1
- Conectar seccionador 89-2
- Conectar seccionador 89-3
- Conectar interruptor 52-1

## Procedimiento para la conexión del circuito de carga L2 a la barra 1

Maniobras necesarias para la operación:

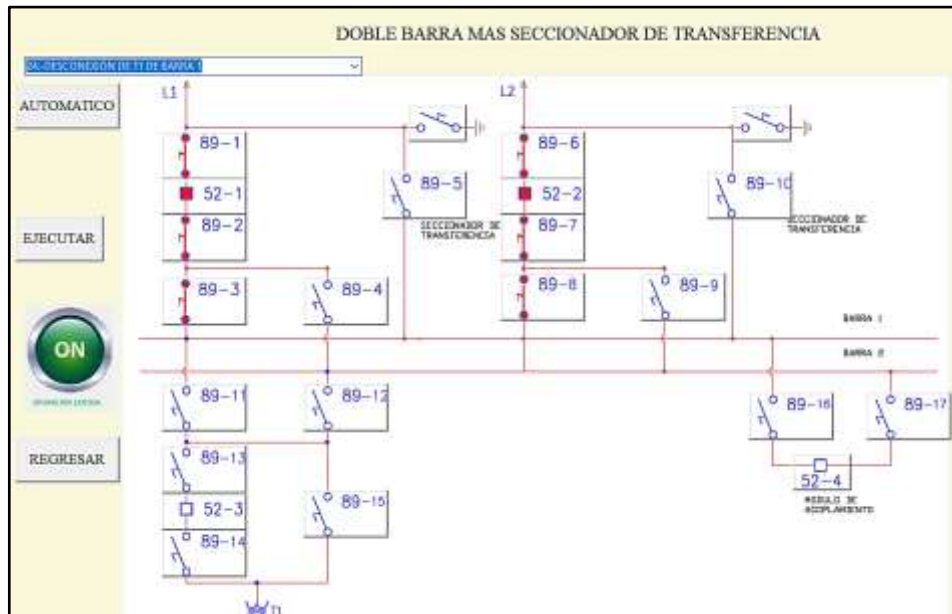
- Desconectar seccionador de puesta a tierra
- Conectar seccionador 89-6
- Conectar seccionador 89-7
- Conectar seccionador 89-8
- Conectar interruptor 52-2



## Procedimiento para la desconexión del circuito T1 de la barra 1

Maniobras necesarias para la operación:

- Desconectar interruptor 52-3
- Desconectar seccionador 89-14
- Desconectar seccionador 89-13
- Desconectar seccionador 89-11



### Procedimiento para la desconexión del circuito de carga L1 de la barra 1

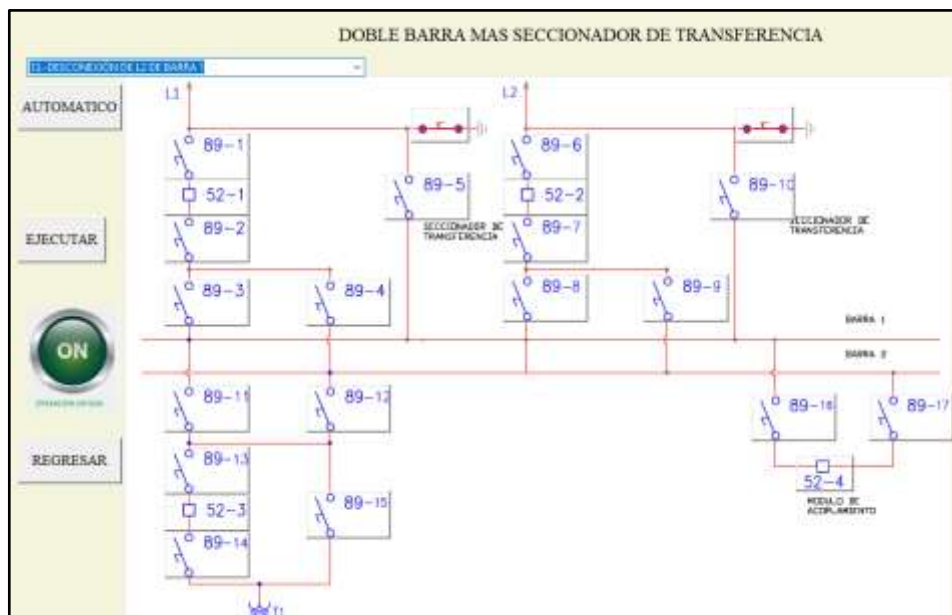
Maniobras necesarias para la operación:

- Desconectar interruptor 52-1
- Desconectar seccionador 89-1
- Desconectar seccionador 89-2
- Desconectar seccionador 89-3
- Conectar seccionador de puesta a tierra

### Procedimiento para la desconexión del circuito de carga L2 de la barra 1

Maniobras necesarias para la operación:

- Desconectar interruptor 52-2
- Desconectar seccionador 89-8
- Desconectar seccionador 89-7
- Desconectar seccionador 89-6
- Conectar seccionador de puesta a tierra



## ESCENARIO 5

Como parte de los protocolos de operación de la subestación “Chone” se desea constatar la correcta operación de los circuitos de transferencia de los circuitos de carga como el de bypass del circuito alimentador, todo esto ante posibles contratiempos que se pueden presentar en la subestación. Todo con el objetivo de comprobar que los sistemas brindaran la posibilidad de mantener el suministro a los usuarios en caso de presentarse una falle en cualquiera de estos circuitos.

Una vez ejecutado la aplicación se procede a verificar cada una de las maniobras descritas y poder dar cumplimiento al escenario planteado.

### **Procedimiento para la conexión del circuito de T1 a la barra 1**

Maniobras necesarias para la operación:

- Conectar seccionador 89-11
- Conectar seccionador 89-13
- Conectar seccionador 89-14
- Conectar interruptor 52-3

### **Procedimiento para la conexión del circuito de carga L1 a la barra 1**

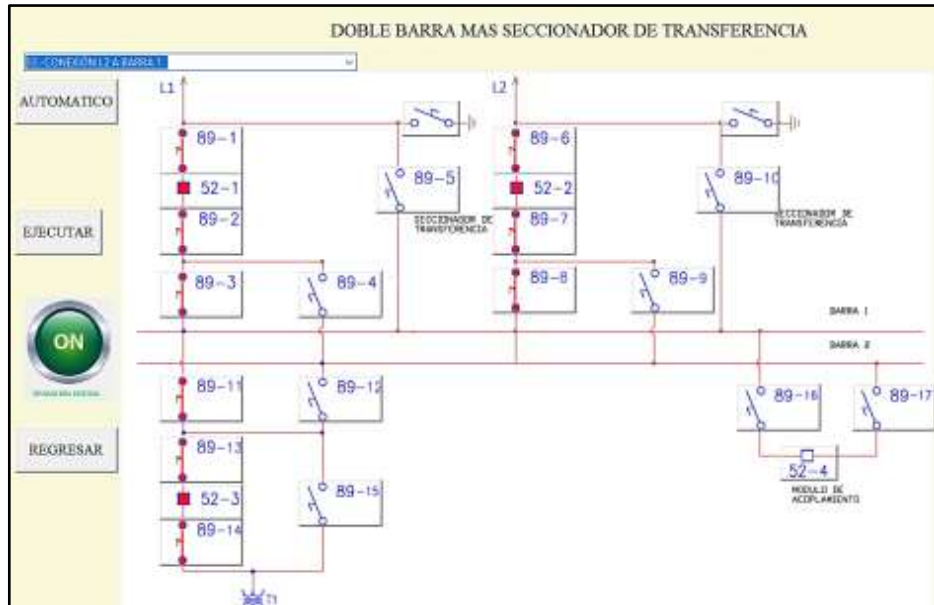
Maniobras necesarias para la operación:

- Desconectar seccionador de puesta a tierra
- Conectar seccionador 89-1
- Conectar seccionador 89-2
- Conectar seccionador 89-3
- Conectar interruptor 52-1

### **Procedimiento para la conexión del circuito de carga L2 a la barra 1**

Maniobras necesarias para la operación:

- Desconectar seccionador de puesta a tierra
- Conectar seccionador 89-6
- Conectar seccionador 89-7
- Conectar seccionador 89-8
- Conectar interruptor 52-2



Una vez dado cumplimiento a las tres primeras conexiones se continúa desarrollando el escenario planteado.

### **Procedimiento para la conexión del circuito de L1 a la barra 2 (por seccionador de transferencia)**

Maniobras necesarias para la operación:

- Conectar seccionador 89-5
- Desconectar interruptor 52-1
- Desconectar seccionador 89-1
- Desconectar seccionador 89-2
- Desconectar seccionador 89-3

### **Procedimiento para la conexión del circuito de carga L2 a la barra 2 (por seccionador de transferencia)**

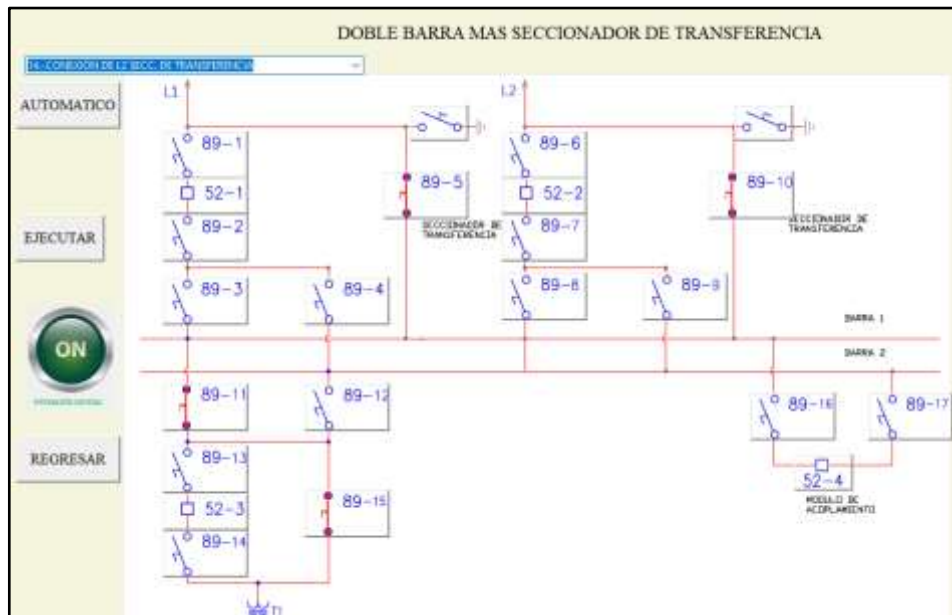
Maniobras necesarias para la operación:

- Conectar seccionador 89-10
- Desconectar interruptor 52-2
- Desconectar seccionador 89-6
- Desconectar seccionador 89-7
- Desconectar seccionador 89-8

## Procedimiento para la conexión del circuito de T1 (por medio de su by-pass)

Maniobras necesarias para la operación:

- Conectar seccionador 89-15
- Desconectar interruptor 52-3
- Desconectar seccionador 89-13
- Desconectar seccionador 89-14



## RESULTADOS

En consideración de la configuración doble barra más seccionador de transferencia, con el incremento del seccionador de transferencia es posible un arreglo que brinda simultáneamente confiabilidad y flexibilidad en su operación. Así también durante las labores de mantenimiento que pueden ser realizadas sin que se presente una interrupción del servicio de suministro de energía, esto por cuanto con la presencia de los seccionadores de transferencia también facilita el mantenimiento de la subestación.

Dentro de las desventajas que se pueden presentar en la presente configuración esta que el costo para su implementación es superior así también como que se necesita un área de construcción mayor a la configuración de doble barra y doble barra más seccionador de Bypass dado su mayor número de elementos y así también que se incrementa los elementos a los cuales se les debe brindar su respectivo mantenimiento.

**PRUEBA DE CONOCIMIENTOS**

1. ¿Es posible la conexión del circuito Bypass sin una previa energización del circuito principal?

2. ¿Cuál es normativa que establece la numeración de los elementos de potencia?

## EXPERIMENTO DE LABORATORIO N° 6

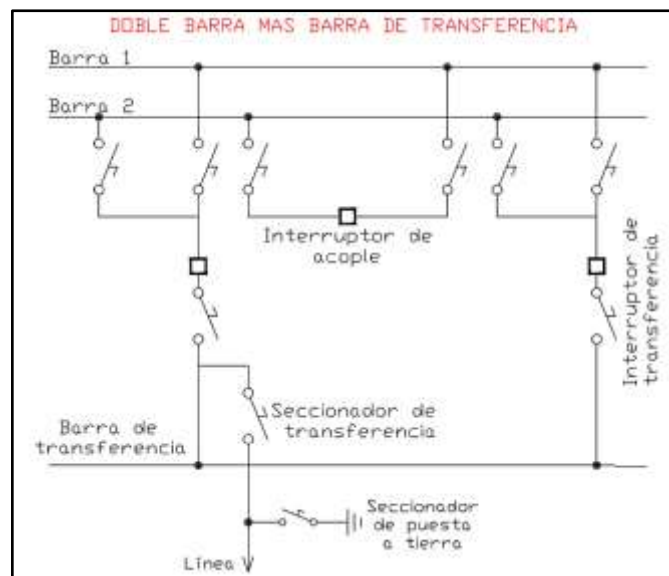
### SIMULACION DE OPERACIÓN DEL SISTEMA DE BARRAS EN LA CONFIGURACION DE DOBLE BARRA MÁS BARRA DE TRANSFERENCIA

#### OBJETIVOS:

- Realizar el proceso de operación de barras de una subestación a través de la ejecución del programa informático para el respectivo análisis de cada una de las maniobras que presenta la configuración de doble barra más barra de transferencia.
- Comprender el proceso correcto que se debe seguir para la energización de los elementos que conforman la subestación.
- Identificar los elementos de maniobra existentes en la configuración

#### EXPOSICIÓN:

Configuración con dos barrajes principales y un tercero empleado para transferir circuitos, con lo cual se logra independizar las funciones de acople y las de transferencia. El interruptor que une los dos barrajes principales entre sí se denomina interruptor de acople y el que une los dos barrajes principales con el barraje de transferencia se denomina interruptor de transferencia, aunque en ocasiones se acostumbra simplificar el esquema y utilizar un único interruptor para las funciones de acople y transferencia.



Este tipo de configuración resulta de la combinación de la barra principal y de transferencia y la doble barra, dando como resultado un arreglo que presenta confiabilidad y flexibilidad.

Generalmente se utilizan dos interruptores para funciones de acople y transferencia, pudiendo realizar en forma simultánea ambas operaciones. En ciertos casos se utiliza solamente un interruptor con el debido arreglo de seccionadores para ambas operaciones, perdiéndose así la unión principal de las tres barras.

En Europa, esta disposición o arreglo de barras encuentra un campo de aplicación muy amplio a niveles de 230 kV.

<b>Configuración doble barra más seccionador de transferencia</b>	
<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Las labores de mantenimiento pueden ser realizadas sin tener que interrumpir el servicio.</li> <li>• Facilita el mantenimiento de los seccionadores de barra ya que solo afecta el tramo al cual este está conectado.</li> <li>• Presenta todas las ventajas de las demás configuraciones</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Necesitan un área de construcción grande en comparación de otros tipos de arreglos.</li> <li>• Presenta una mayor complejidad en su instalación y maniobrado.</li> </ul>

## **INSTRUMENTOS Y EQUIPO**

- Computador (portátil o de escritorio): Almacenamiento 55,5 Megabytes (MB)
- Software ejecutable: Compatible con sistema operativo MS Windows (Windows 7 hasta versión Windows 10)

## **PROCEDIMIENTOS**

### **Recomendaciones:**

- En esta práctica se hace uso de una herramienta informática (aplicación) por lo cual se recomienda leer el instructivo correspondiente para cada tipo de configuración.
- Es preferible no realizar alguna acción contraria a lo que se especifica en este manual
- Las maniobras en cada uno de los elementos se deben hacer conforme al procedimiento correcto.

El software presenta dos modos operativos (modo automático y manual). El modo automático brinda la posibilidad de que el estudiante se familiarice con los diferentes procedimientos necesario para la operación de los circuitos que componen la configuración de las barras con cada uno de las maniobras ya programadas. Modo manual se presenta el circuito unifilar de la configuración de barra correspondiente, totalmente a disposición abierta en donde es posible poner a prueba las destrezas del operador todo esto manteniendo una previa preparación de los principios operativos de los elementos de potencia.

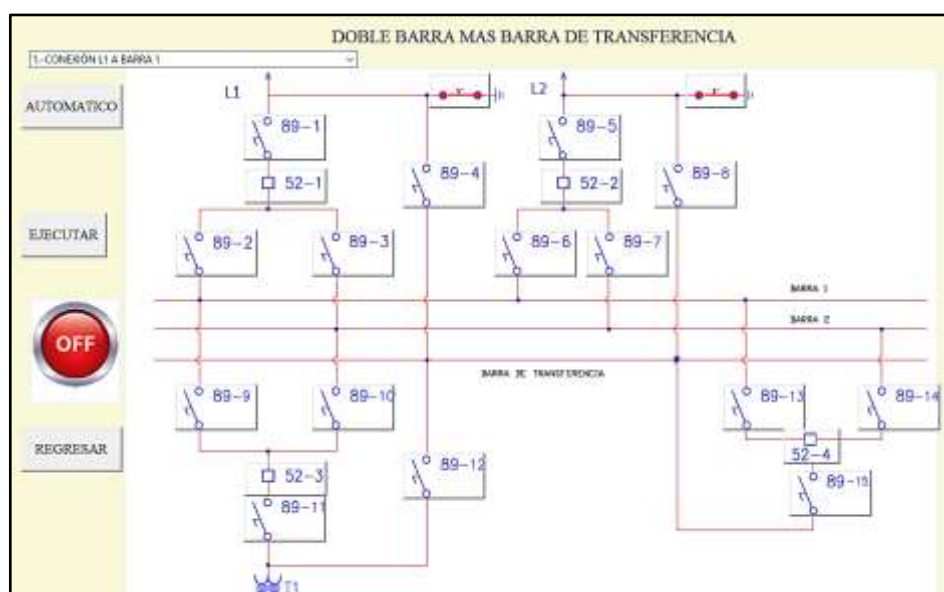
La presenta práctica consta de 5 escenarios de funciones operativas que se desarrolla en una subestación perteneciente a la configuración de doble barra sencilla, en los cuales será posible identificar los elementos de potencia que permiten la diferentes maniobras.

**Nota:** El modo automático cuenta con su respectivo botón de ayuda que brinda respaldo para la selección de las maniobras que deben cumplir con procedimientos previos de ciertas maniobras.

### ESCENARIO 1

Considerando la operación de la Subestación “Milagro” es necesario la conexión de su circuito alimentador T1 que permita la alimentación del circuito de carga “San Carlos-L2” los cuales presenta una correcta operación hasta presentar fallas en el circuito principal de “San Carlos-L2” por lo que es necesario la conexión de su bypass y atreves de su barra de transferencia para lograr la continuidad de servicio.

#### Estado inicial de la configuración de doble barra más barra de transferencia



Una vez ejecutado la aplicación se procede a verificar cada una de las maniobras descritas y poder dar cumplimiento al escenario planteado.

### Procedimiento para la conexión del circuito de T1 a la barra 1

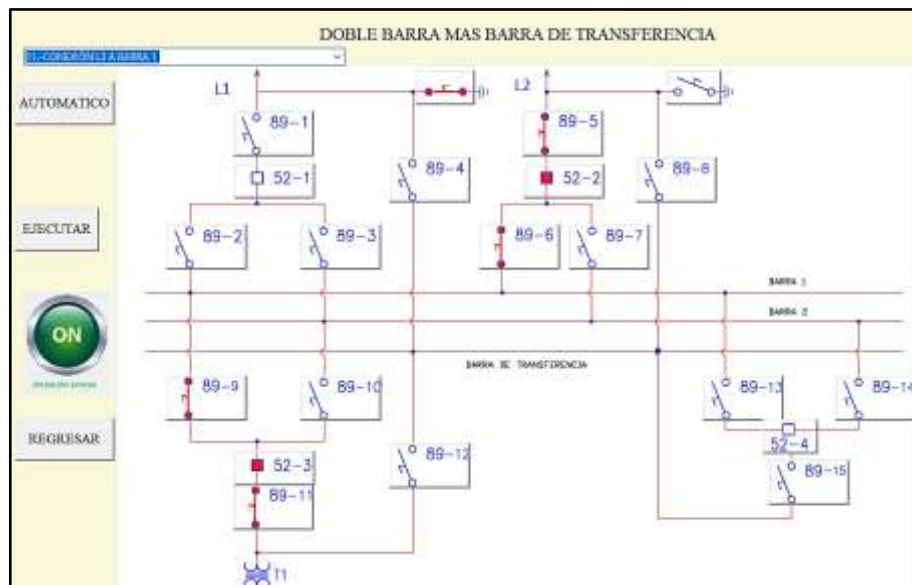
Maniobras necesarias para la operación:

- Conectar seccionador 89-9
- Conectar seccionador 89-11
- Conectar interruptor 52-3

### Procedimiento para la conexión del circuito de carga L2 a la barra 1

Maniobras necesarias para la operación:

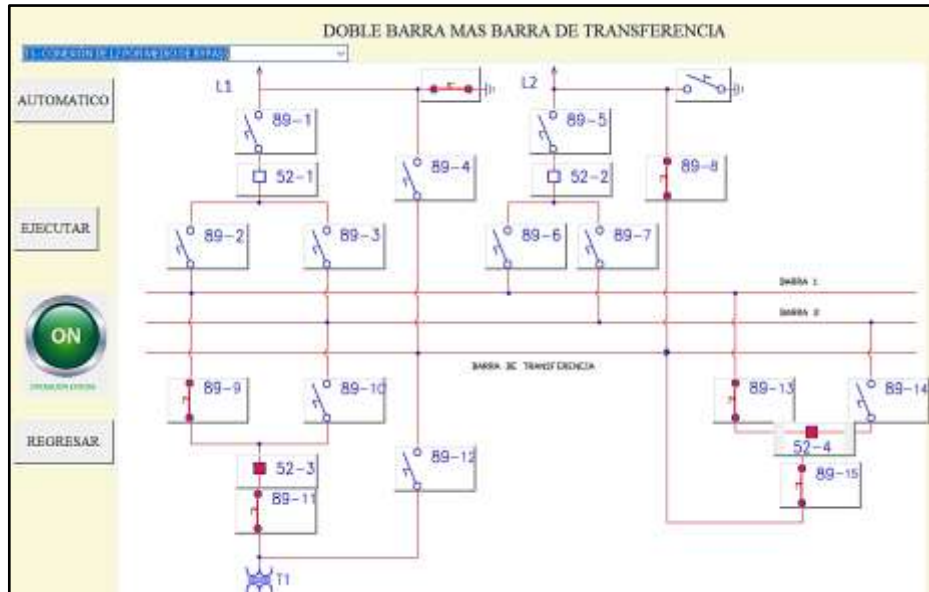
- Desconectar seccionador de puesta a tierra
- Conectar seccionador 89-5
- Conectar seccionador 89-6
- Conectar seccionador 52-2



### Procedimiento para la conexión del circuito de carga L2 por medio de by-pass

Maniobras necesarias para la operación:

- Conectar seccionador 89-13
- Conectar seccionador 89-15
- Conectar interruptor 52-4
- Conectar seccionador 89-8
- Desconectar interruptor 52-2
- Desconectar seccionador 89-6
- Desconectar seccionador 89-5



Una vez culminados las primeras tres conexiones se continúa desarrollando el escenario de operación planteado.

## ESCENARIO 2

Durante la operación de la Subestación “Milagro” es necesario la conexión de su circuito alimentador T1 que permita la alimentación del circuito de carga “Milagro 1-L1” y “San Carlos-L2” a la barra 1, la cual, al presentar un incremento de la demanda de potencia, la barra 1 presenta dificultades por lo cual es necesario transferir la conexión a la barra 2. Tanto el circuito de alimentación como los circuitos de carga.

Una vez ejecutado la aplicación se procede a verificar cada una de las maniobras descritas y poder dar cumplimiento al escenario planteado.

### Procedimiento para la conexión del circuito de T1 a la barra 1

Maniobras necesarias para la operación:

- Conectar seccionador 89-9
- Conectar seccionador 89-11
- Conectar interruptor 52-3

### Procedimiento para la conexión del circuito de carga L1 a la barra 1

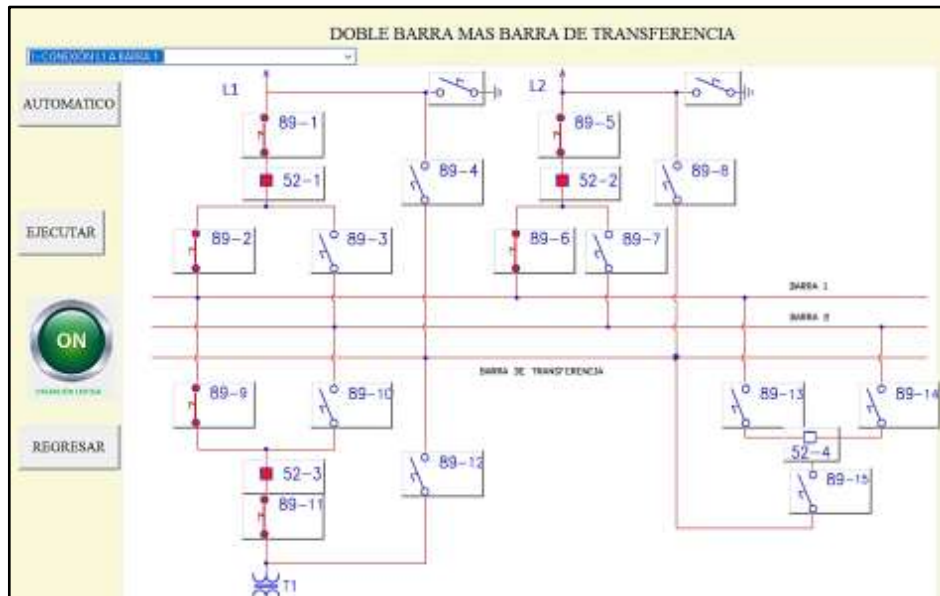
Maniobras necesarias para la operación:

- Desconectar seccionador de puesta a tierra
- Conectar seccionador 89-1
- Conectar seccionador 89-2
- Conectar seccionador 52-1

### Procedimiento para la conexión del circuito de carga L2 a la barra 1

Maniobras necesarias para la operación:

- Desconectar seccionador de puesta a tierra
- Conectar seccionador 89-5
- Conectar seccionador 89-6
- Conectar seccionador 52-2



**Procedimiento para la conexión del circuito de T1 a la barra 2 (por medio de barra transferencia)**

**Maniobras requeridas:**

- Conectar seccionador 89-13
- Conectar seccionador 89-14
- Conectar interruptor 52-4
- Conectar seccionador 89-10
- Desconectar seccionador 89-9
- Desconectar interruptor 52-4
- Desconectar seccionador 89-13
- Desconectar seccionador 89-14

**Procedimiento para la conexión del circuito de carga L1 a la barra 2 (por medio de barra transferencia)**

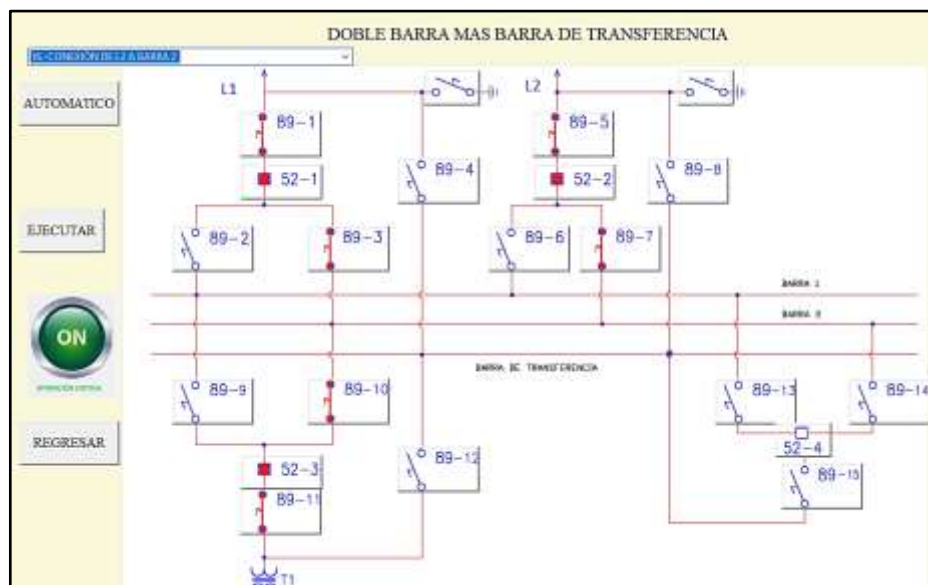
Maniobras necesarias para la operación:

- Conectar seccionador 89-13
- Conectar seccionador 89-14
- Conectar interruptor 52-4
- Conectar seccionador 89-3
- Desconectar seccionador 89-2
- Desconectar interruptor 52-4
- Desconectar seccionador 89-14
- Desconectar seccionador 89-13

**Procedimiento para la conexión del circuito de carga L2 a la barra 2 (por medio de barra transferencia)**

Maniobras necesarias para la operación:

- Conectar seccionador 89-13
- Conectar seccionador 89-14
- Conectar interruptor 52-4
- Conectar seccionador 89-7
- Desconectar seccionador 89-6
- Desconectar interruptor 52-4
- Desconectar seccionador 89-14
- Desconectar seccionador 89-13



### **ESCENARIO 3**

Para la operación de la Subestación “Milagro” es necesario la conexión de su circuito alimentador T1 que permita la alimentación de los circuitos de carga “Milagro 1-L1” y “San Carlos-L2” a la barra. Lo cual le permite abastecer a la carga hasta que se presenta un incremento de la misma por los que el interruptor 52-2 presenta problemas operativos y el circuito queda fuera de la conexión. Y ante la brusca desconexión del circuito de carga, el circuito principal de alimentación también presenta repercusiones por tal motivo es necesario ingresar su circuito de transferencia para mantener el suministro al circuito “Milagro 1-L1”.

Una vez ejecutado la aplicación se procede a verificar cada una de las maniobras descritas y poder dar cumplimiento al escenario planteado.

#### **Procedimiento para la conexión del circuito de T1 a la barra 1**

Maniobras necesarias para la operación:

- Conectar seccionador 89-9
- Conectar seccionador 89-11
- Conectar interruptor 52-3

#### **Procedimiento para la conexión del circuito de carga L1 a la barra 1**

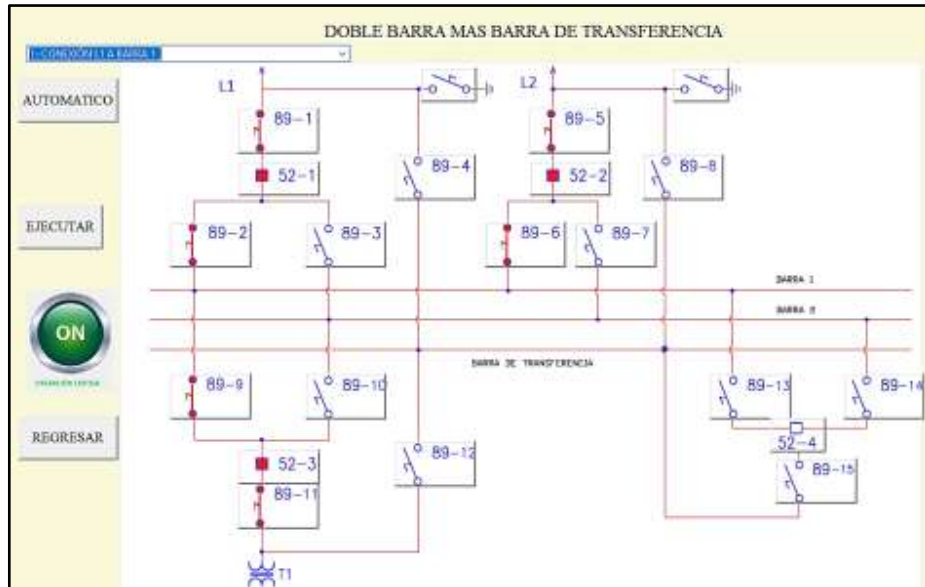
Maniobras necesarias para la operación:

- Desconectar seccionador de puesta a tierra
- Conectar seccionador 89-1
- Conectar seccionador 89-2
- Conectar seccionador 52-1

#### **Procedimiento para la conexión del circuito de carga L2 a la barra 1**

Maniobras necesarias para la operación:

- Desconectar seccionador de puesta a tierra
- Conectar seccionador 89-5
- Conectar seccionador 89-6
- Conectar seccionador 52-2

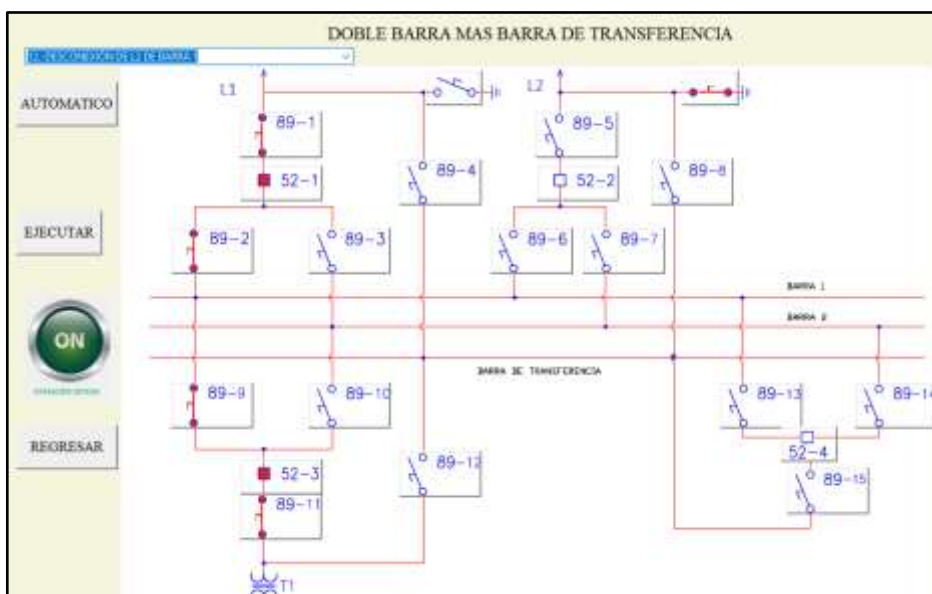


Una vez culminados las primeras tres conexiones se continúa desarrollando el escenario de operación planteado.

### Procedimiento para la desconexión del circuito L2 de la barra 1

Maniobras necesarias para la operación:

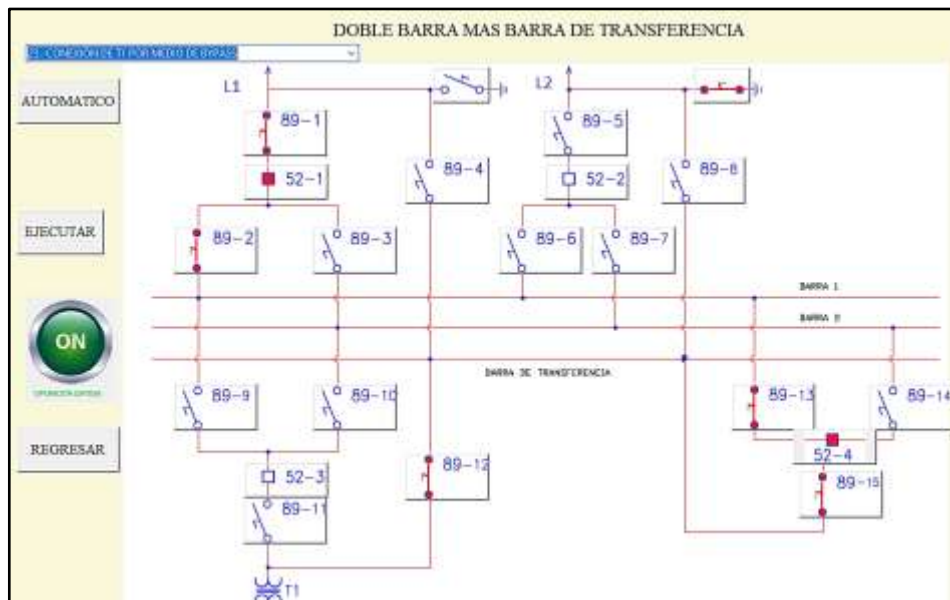
- Desconectar interruptor 52-2
- Desconectar seccionador 89-6
- Desconectar seccionador 89-5
- Conectar seccionador de puesta a tierra



### Procedimiento para la conexión del circuito de T1 (por medio de su by-pass)

Maniobras necesarias para la operación:

- Conectar seccionador 89-13
- Conectar seccionador 89-15
- Conectar interruptor 52-4
- Conectar seccionador 89-12
- Desconectar interruptor 52-3
- Desconectar seccionador 89-11
- Desconectar seccionador 89-9



Una vez realizadas todas y cada una de las maniobras se da cumplimiento al escenario operativo planteado.

## ESCENARIO 4

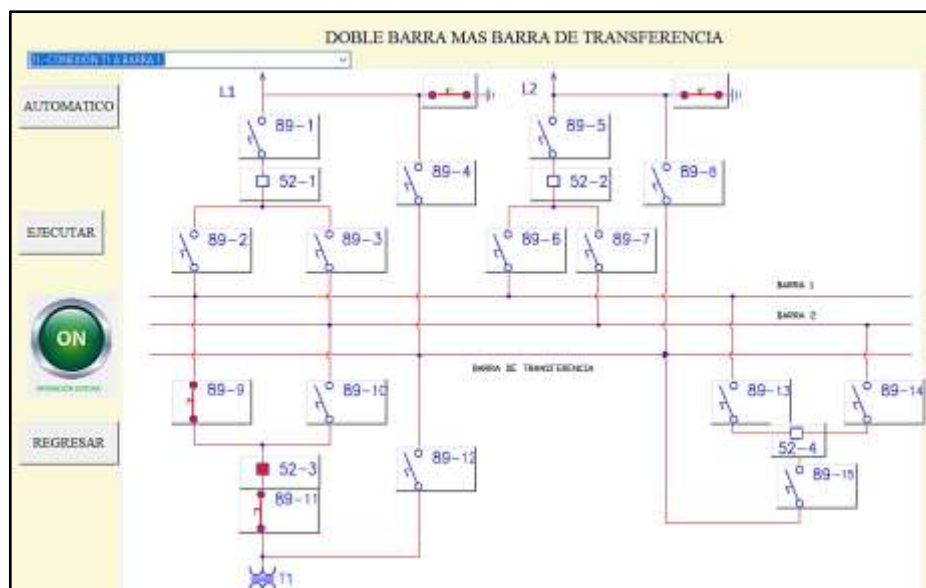
Durante la operación de la subestación “Milagro” esta presenta cierto grado de desabastecimiento de potencia de parte de su circuito alimentador por tal razón solo se puede abastecer la demanda de uno de los circuitos de carga, en este caso se a priorizado al circuito “San Carlos-L2” a la barra 2 por lo que es necesario la conexión del circuito alimentador a dicha barra ya que el mismo se encuentra en conexión con la barra 1.

Una vez ejecutado la aplicación se procede a verificar cada una de las maniobras descritas y poder dar cumplimiento al escenario planteado.

### Procedimiento para la conexión del circuito de T1 a la barra 1

Maniobras necesarias para la operación:

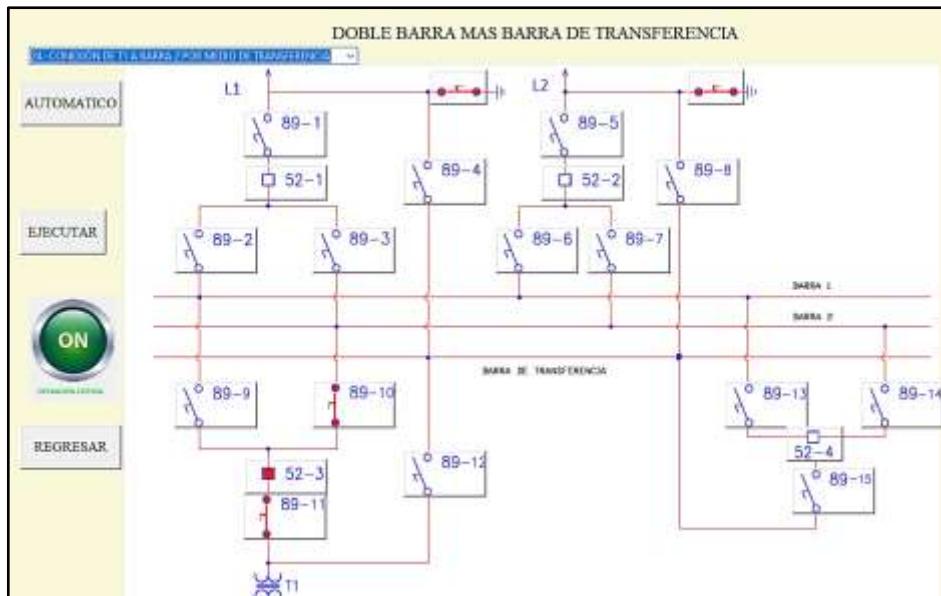
- Conectar seccionador 89-9
- Conectar seccionador 89-11
- Conectar interruptor 52-3



## Procedimiento para la conexión del circuito de T1 a la barra 2 (por medio de transferencia)

Maniobras necesarias para la operación:

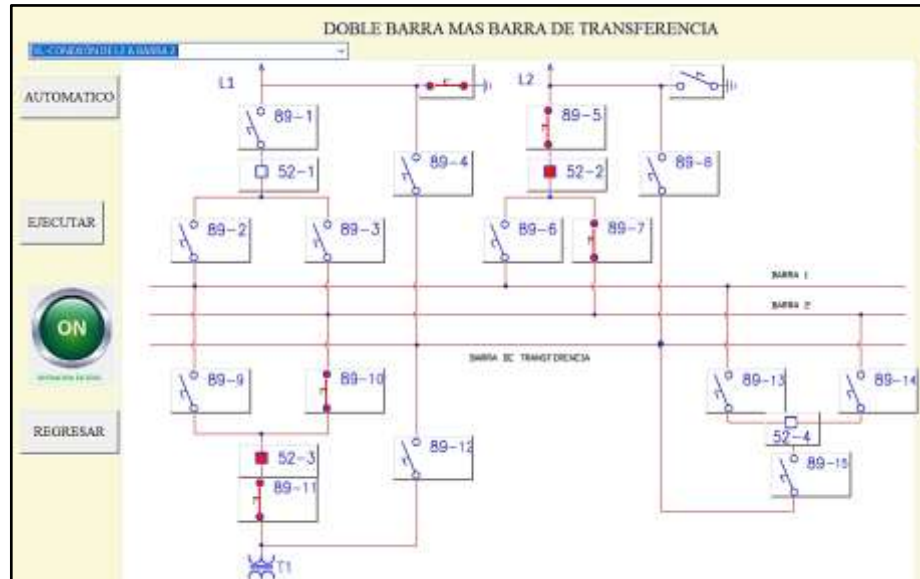
- Conectar seccionador 89-13
- Conectar seccionador 89-14
- Conectar interruptor 52-4
- Conectar seccionador 89-10
- Desconectar seccionador 89-9
- Desconectar interruptor 52-4
- Desconectar seccionador 89-13
- Desconectar seccionador 89-14



## Procedimiento para la conexión del circuito de carga L2 a la barra 2

Maniobras necesarias para la operación:

- Desconectar seccionador de puesta a tierra
- Conectar seccionador 89-5
- Conectar seccionador 89-7
- Conectar interruptor 52-2



## **ESCENARIO 5**

Para la operación de la subestación “Milagro” se dispone la conexión de circuito alimentador a la barra 1 así también la conexión de los circuitos de carga “Milagro 1-L1” y “San Carlos-L2” a la mencionada barra los cuales presenta un estado operativo normal hasta que se presenta problemas en el sistema de transmisión lo que conlleva que los circuitos de carga presenten inconvenientes en su circuito principal por lo que es necesario poner en marcha la conexión de su circuito bypass por medio de su barra de transferencia, pero dicha maniobra se ve reflejada en perturbaciones en todo el sistema y al mantenerse las perturbaciones el circuito alimentador presenta una desconexión total del sistema.

Una vez ejecutado la aplicación se procede a verificar cada una de las maniobras descritas y poder dar cumplimiento al escenario planteado.

### **Procedimiento para la conexión del circuito de T1 a la barra 1**

Maniobras necesarias para la operación:

- Conectar seccionador 89-9
- Conectar seccionador 89-11
- Conectar interruptor 52-3

### **Procedimiento para la conexión del circuito de carga L1 a la barra 1**

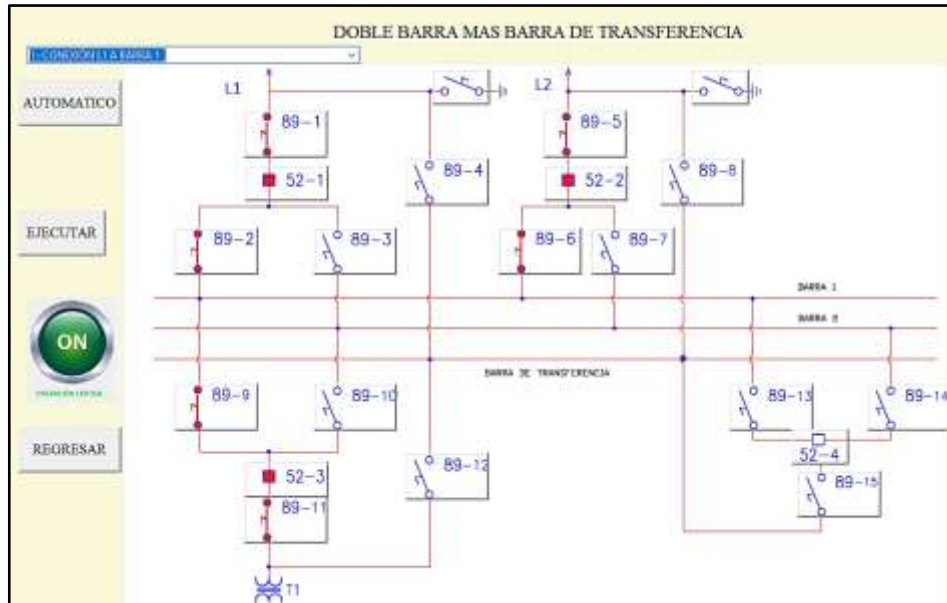
Maniobras necesarias para la operación:

- Desconectar seccionador de puesta a tierra
- Conectar seccionador 89-1
- Conectar seccionador 89-2
- Conectar interruptor 52-1

### **Procedimiento para la conexión del circuito de carga L2 a la barra 1**

Maniobras necesarias para la operación:

- Desconectar seccionador de puesta a tierra
- Conectar seccionador 89-5
- Conectar seccionador 89-6
- Conectar interruptor 52-2



Una vez realizadas las tres primeras operaciones se continúa el desarrollo del escenario planteado en esta configuración de doble barra más barra de transferencia.

#### **Procedimiento para la conexión del circuito de L1 por medio de su by-pass**

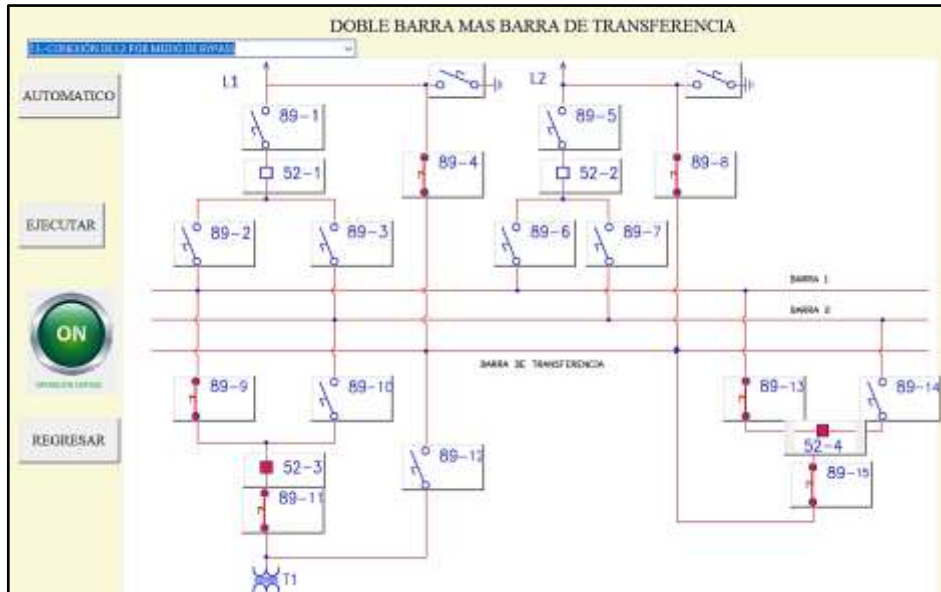
Maniobras necesarias para la operación:

- Conectar seccionador 89-13
- Conectar seccionador 89-15
- Conectar interruptor 52-4
- Conectar seccionador 89-4
- Desconectar interruptor 52-1
- Desconectar seccionador 89-2
- Desconectar seccionador 89-1

#### **Procedimiento para la conexión del circuito de carga L2 por medio de su by-pass**

Maniobras necesarias para la operación:

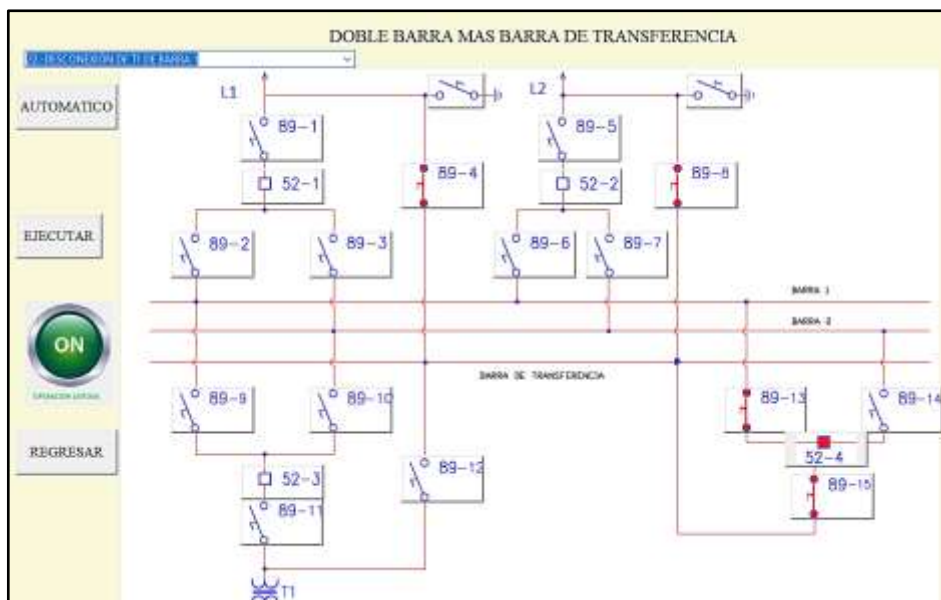
- Conectar seccionador 89-13
- Conectar seccionador 89-15
- Conectar interruptor 52-4
- Conectar seccionador 89-8
- Desconectar interruptor 52-2
- Desconectar seccionador 89-6
- Desconectar seccionador 89-5



### Procedimiento para la conexión del circuito T1 de la barra 1

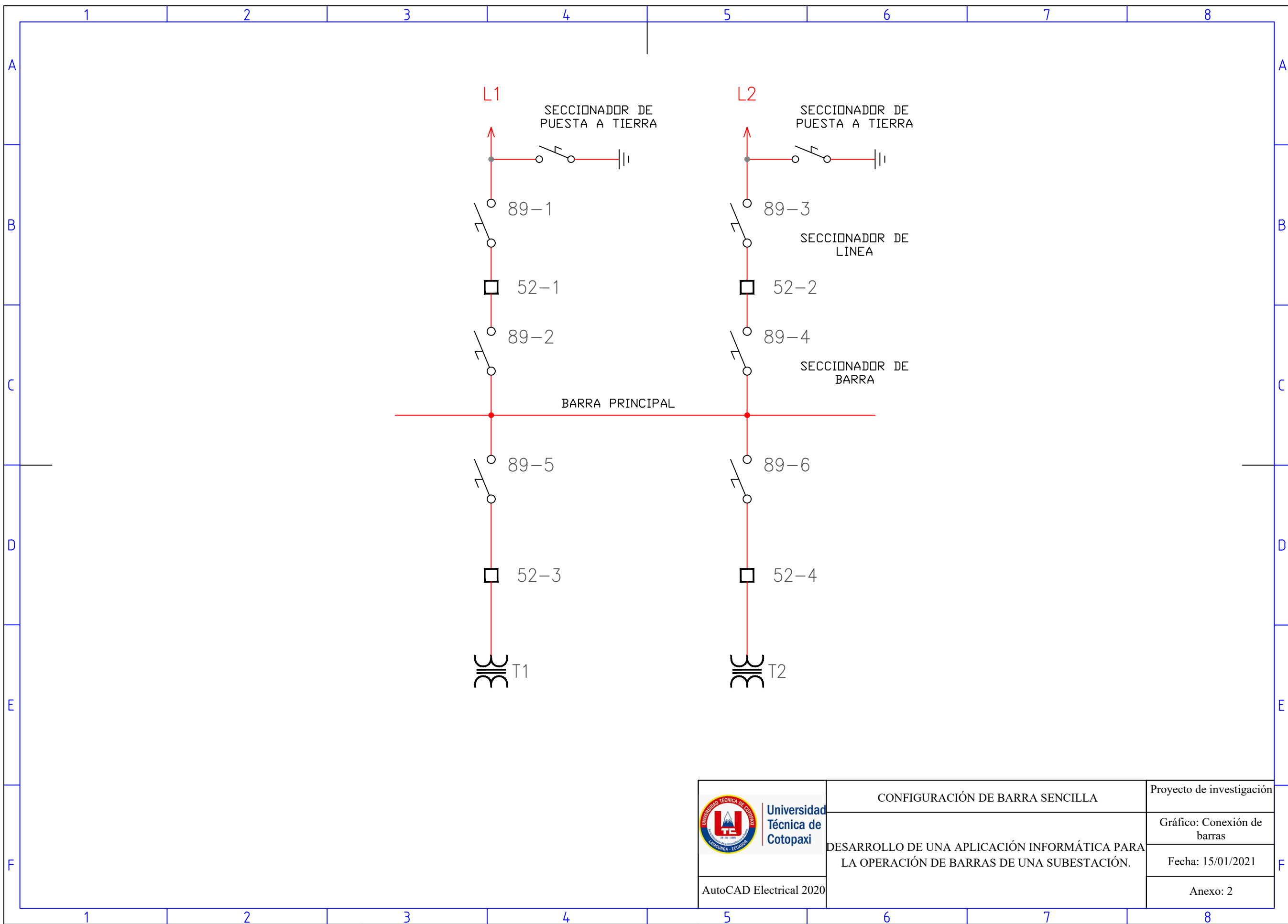
Maniobras necesarias para la operación:


- Desconectar interruptor 52-3
- Desconectar seccionador 89-11
- Desconectar seccionador 89-9



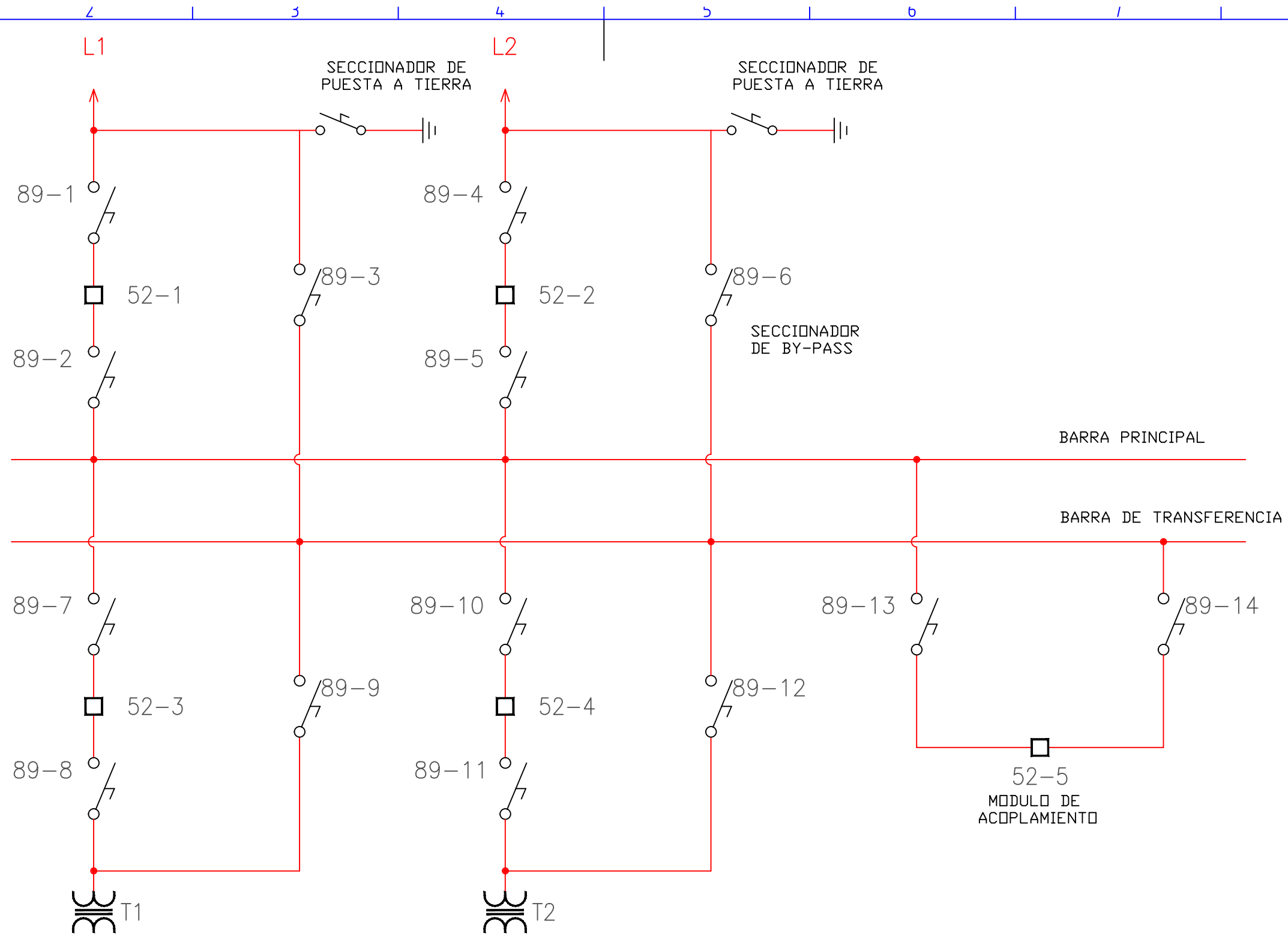



# **ANEXO 2**



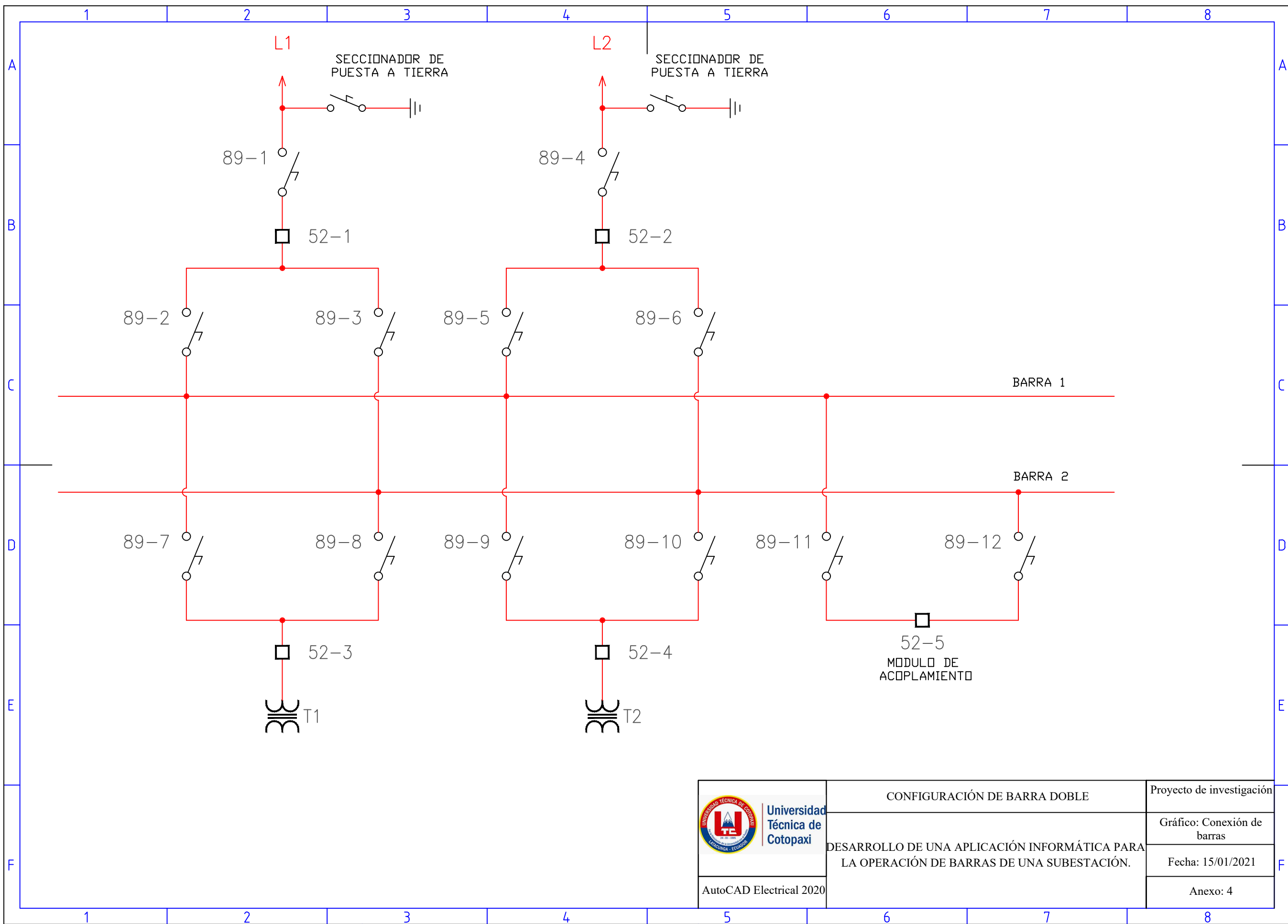
 <p>Universidad Técnica de Cotopaxi</p>	CONFIGURACIÓN DE BARRA SENCILLA	Proyecto de investigación
	DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN INFORMÁTICA PARA LA OPERACIÓN DE BARRAS DE UNA SUBESTACIÓN.	Gráfico: Conexión de barras
		Fecha: 15/01/2021
		Anexo: 2
AutoCAD Electrical 2020		


# **ANEXO 3**



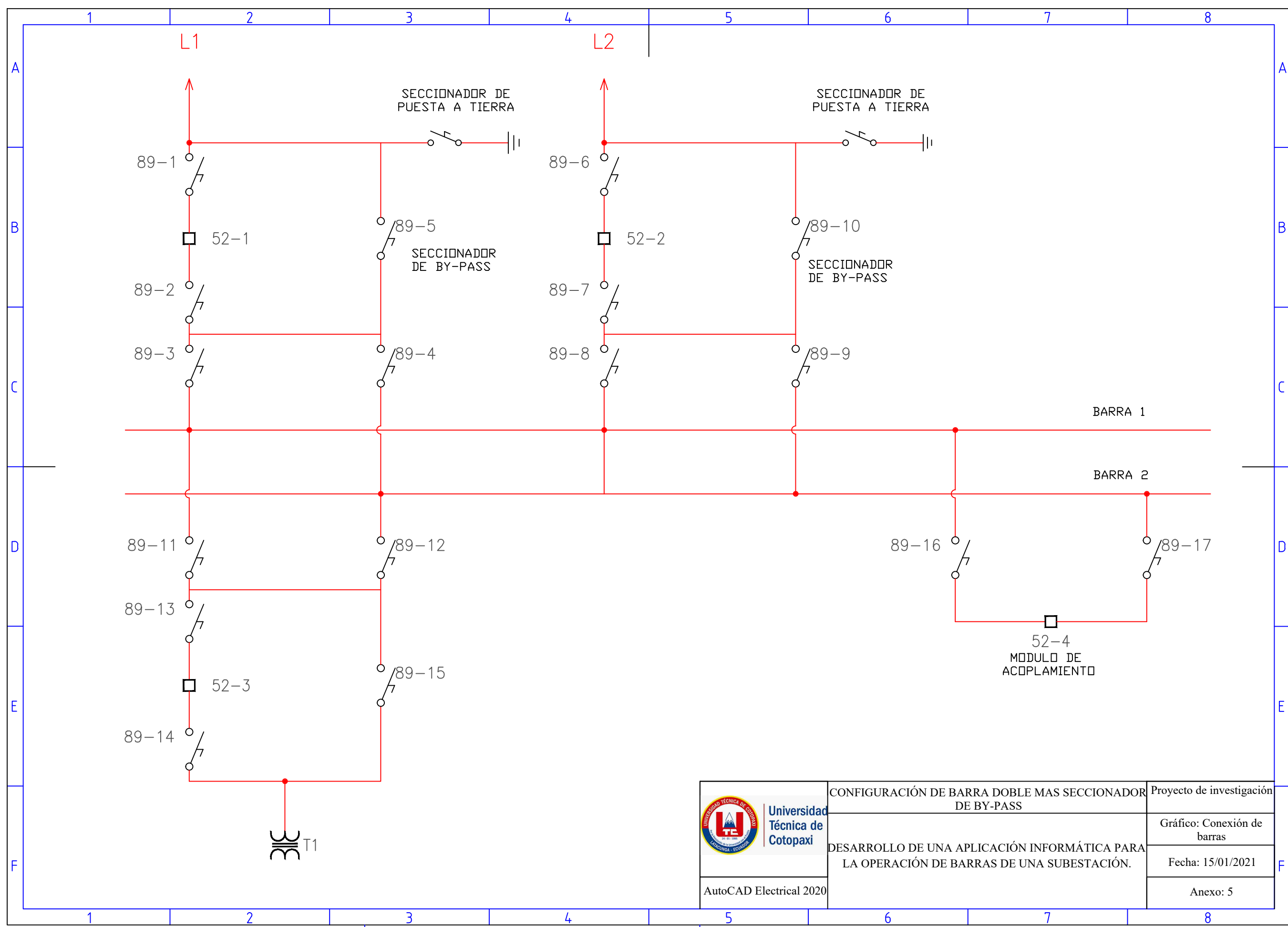
 <b>Universidad Técnica de Cotopaxi</b> <small>LAZARILLO - ECUADOR</small>	CONFIGURACIÓN DE BARRA PRINCIPAL MAS BARRA DE TRANSFERENCIA	Proyecto de investigación
	DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN INFORMÁTICA PARA LA OPERACIÓN DE BARRAS DE UNA SUBESTACIÓN.	Gráfico: Conexión de barras
	AutoCAD Electrical 2020	Fecha: 15/01/2021
		Anexo: 3


# **ANEXO 4**



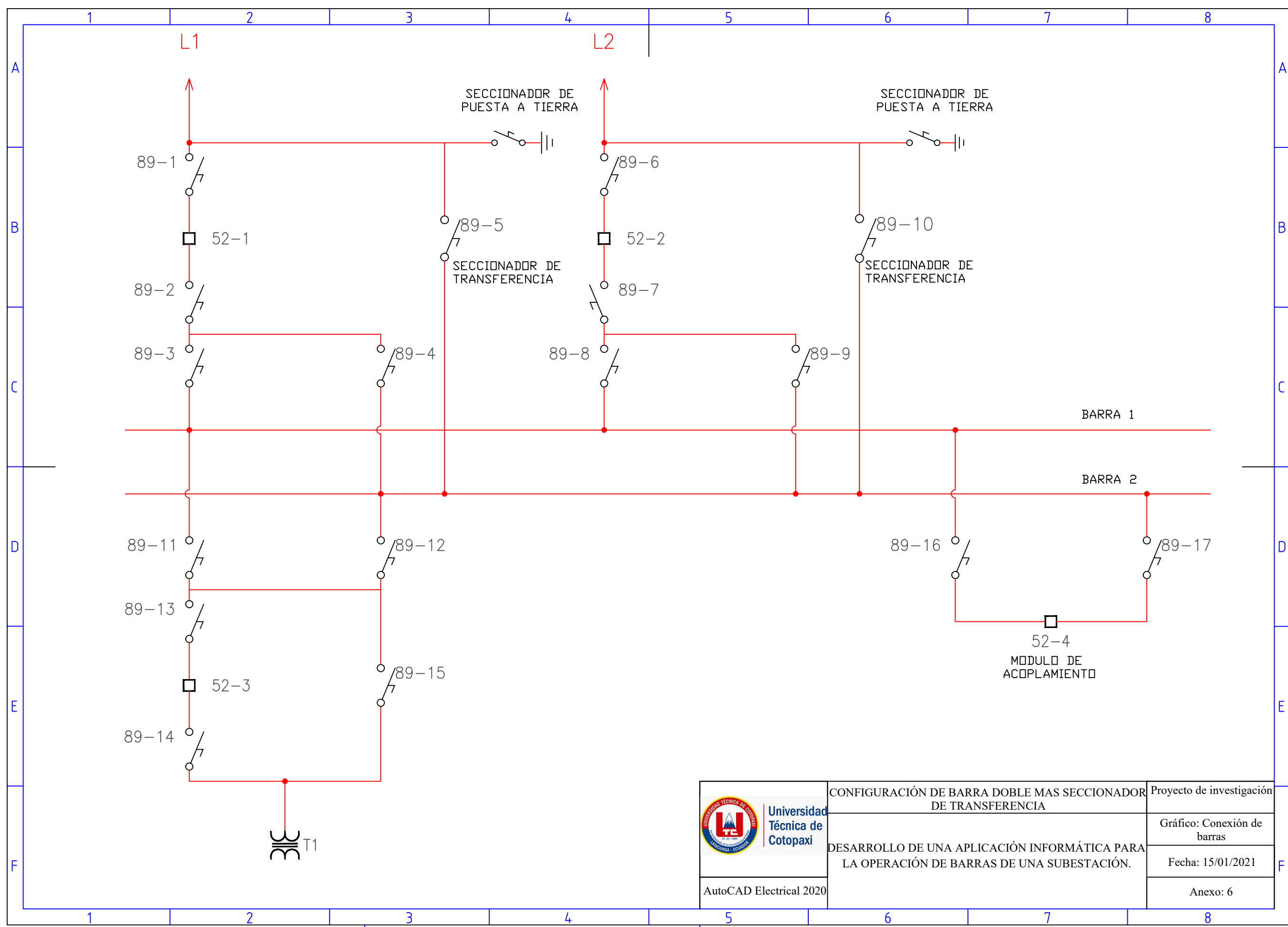
 Universidad Técnica de Cotopaxi	CONFIGURACIÓN DE BARRA DOBLE	Proyecto de investigación
	DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN INFORMÁTICA PARA LA OPERACIÓN DE BARRAS DE UNA SUBESTACIÓN.	Gráfico: Conexión de barras
		Fecha: 15/01/2021
		Anexo: 4
AutoCAD Electrical 2020		


# **ANEXO 5**



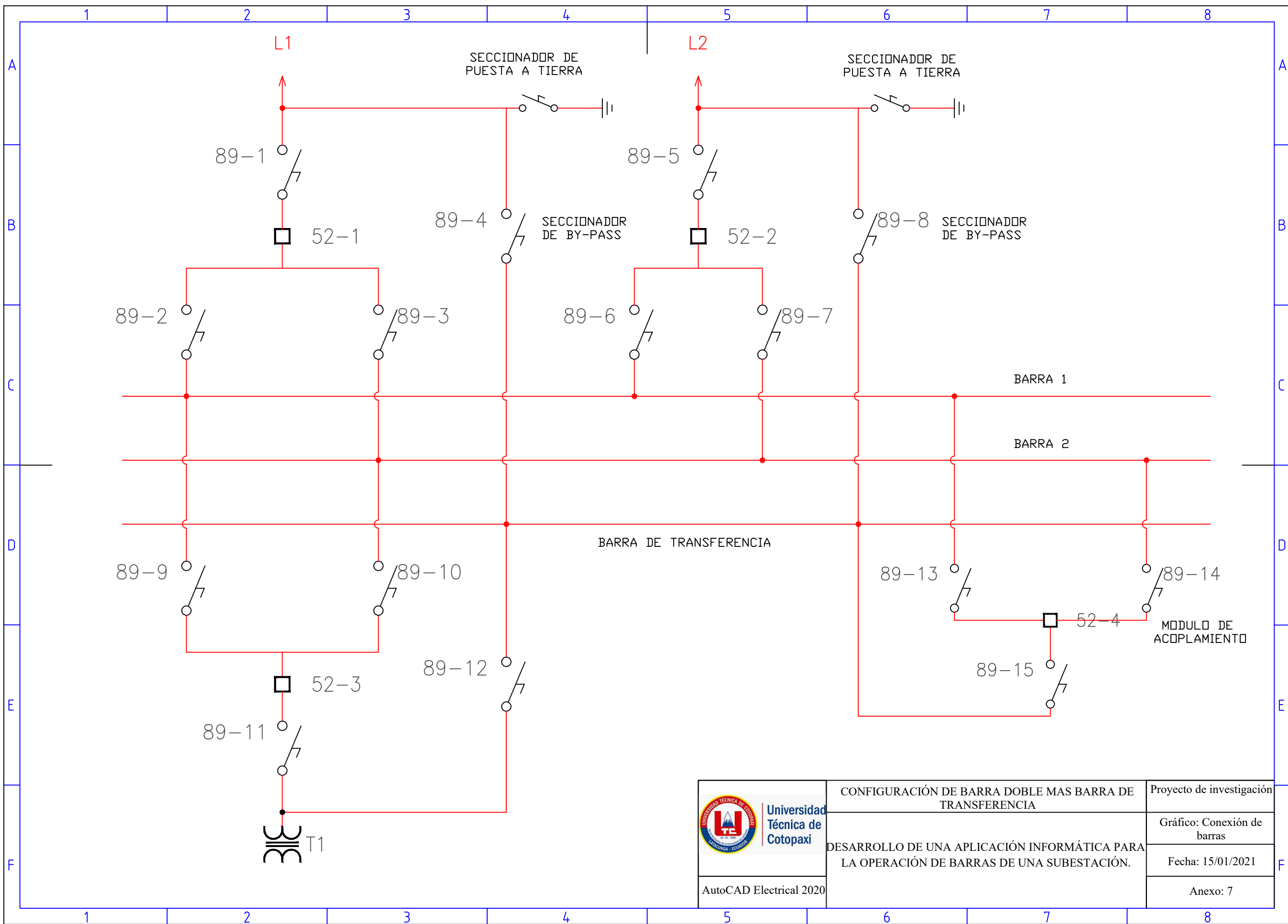
 <p>Universidad Técnica de Cotopaxi</p>	CONFIGURACIÓN DE BARRA DOBLE MAS SECCIONADOR DE BY-PASS	Proyecto de investigación
	DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN INFORMÁTICA PARA LA OPERACIÓN DE BARRAS DE UNA SUBESTACIÓN.	Gráfico: Conexión de barras
	AutoCAD Electrical 2020	Fecha: 15/01/2021
		Anexo: 5

# **ANEXO 6**



 Universidad Técnica de Cotopaxi	CONFIGURACIÓN DE BARRA DOBLE MAS SECCIONADOR DE TRANSFERENCIA	Proyecto de investigación
	DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN INFORMÁTICA PARA LA OPERACIÓN DE BARRAS DE UNA SUBESTACIÓN.	Gráfico: Conexión de barras
	AutoCAD Electrical 2020	Fecha: 15/01/2021
		Anexo: 6

# **ANEXO 7**




Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi

AutoCAD Electrical 2020

CONFIGURACIÓN DE BARRA DOBLE MAS BARRA DE TRANSFERENCIA

DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN INFORMÁTICA PARA LA OPERACIÓN DE BARRAS DE UNA SUBESTACIÓN.

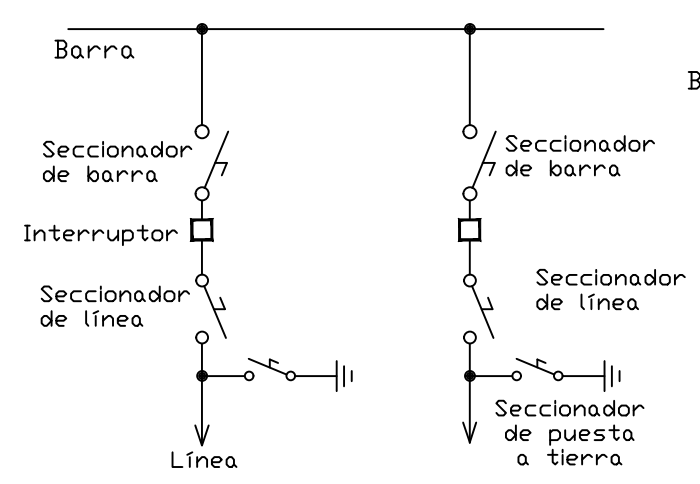
Proyecto de investigación
Gráfico: Conexión de barras
Fecha: 15/01/2021
Anexo: 7

# ANEXO 8

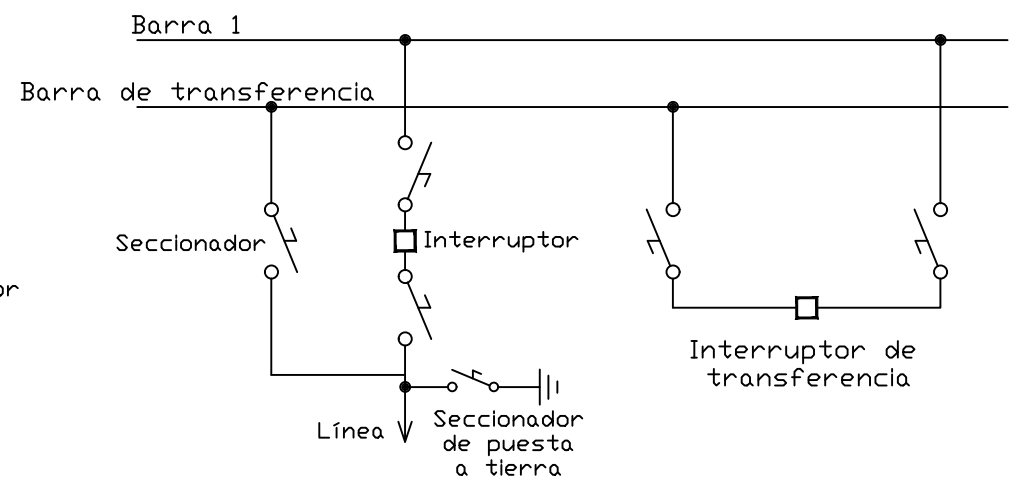
1 2 3 4 5 6 7 8

A

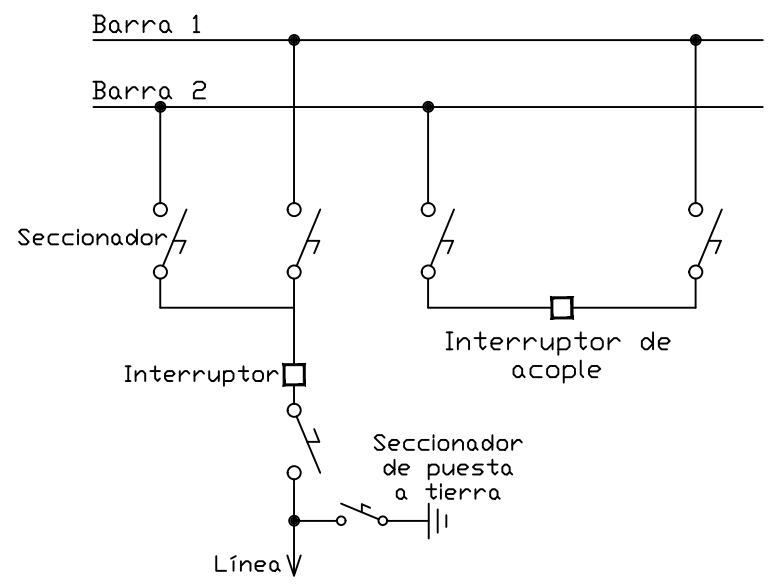
**BARRA SENCILLA**



**BARRA PRINCIPAL MAS BARRA DE TRANSFERENCIA**



**BARRA DOBLE**

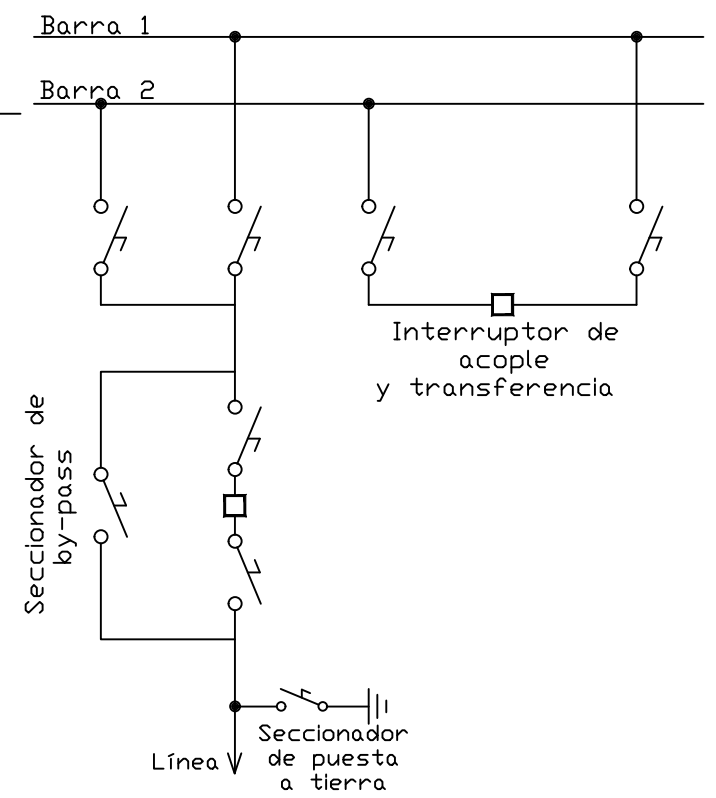


B

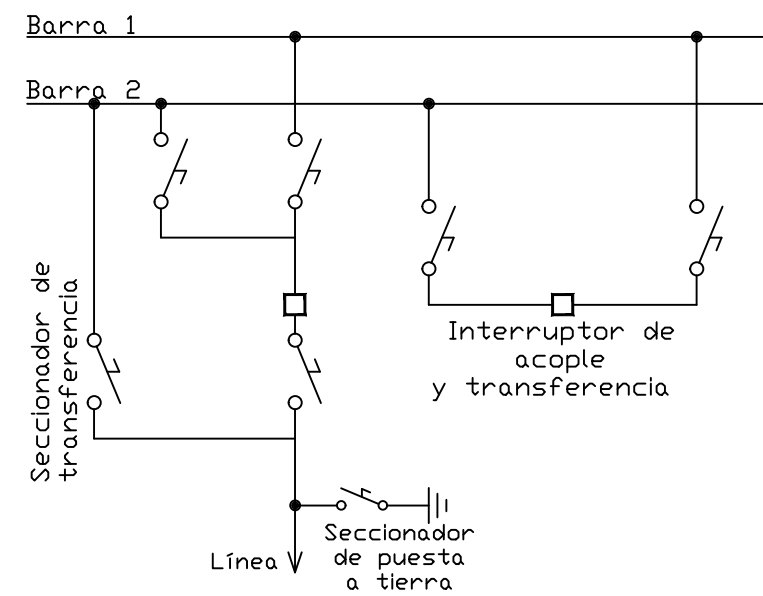
B

C

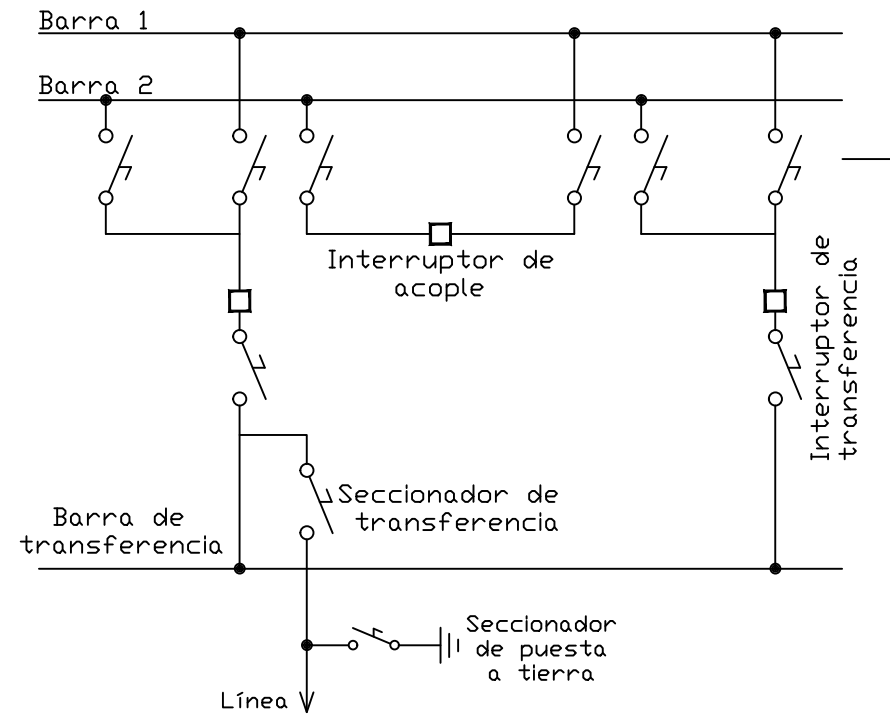
**DOBLE BARRA MAS SECCIONADOR DE BY-PASS**



**DOBLE BARRA MAS SECCIONADOR DE TRANSFERENCIA**



**DOBLE BARRA MAS BARRA DE TRANSFERENCIA**



D

D


E

E

F

F

1 2 3 4 5 6 7 8

 <p>Universidad Técnica de Cotopaxi</p>	<p>CONFIGURACIONES DE CONEXIÓN DE BARRAS PERTENECIENTES A LA TENDENCIA EUROPEA</p>	<p>Proyecto de investigación</p>
	<p>DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN INFORMÁTICA PARA LA OPERACIÓN DE BARRAS DE UNA SUBESTACIÓN.</p>	<p>Gráfico: Conexión de barras</p>
	<p>AutoCAD Electrical 2020</p>	<p>Fecha: 15/01/2021</p>
		<p>Anexo: 8</p>

# **ANEXO 9**

# MANUAL DE USUARIO

## Introducción

La presente consiste en una aplicación informática que permita simular la operación de distintas configuraciones de barras en subestaciones eléctricas mediante un lenguaje de programación que satisfaga todos los resultados esperados. Este proyecto mantiene como parte central el estudio de las partes constitutivas, esquemas de conexión y funcionamiento de las subestaciones eléctricas a partir de su simulación, considerando la clasificación de tendencia europea.

Este programa se ha diseñado para su uso como aplicación de aplicación informática que permita simular la operación de distintas configuraciones de barras en subestaciones eléctricas mediante un lenguaje de programación que satisfaga todos los resultados esperados. Este proyecto mantiene como parte central el estudio de las partes constitutivas, esquemas de conexión y funcionamiento de las subestaciones eléctricas a partir de su simulación, considerando la clasificación de tendencia europea., y se ha programado para la plataforma Python. Por tanto, puede ejecutarse en cualquier sistema operativo así no cuente con el software. El trabajo multimedia, que se puede encontrar en la dirección web: <https://drive.google.com/drive/folders/1iTMi6y2JOcmX7VhJN9HQxCXDYUT90r0X?usp=sharing>



**Figura 1.** Interfaz gráfico de la aplicación informática

## Requisitos del programa

Para el correcto funcionamiento del programa es necesario tener cubiertos una serie de requisitos.

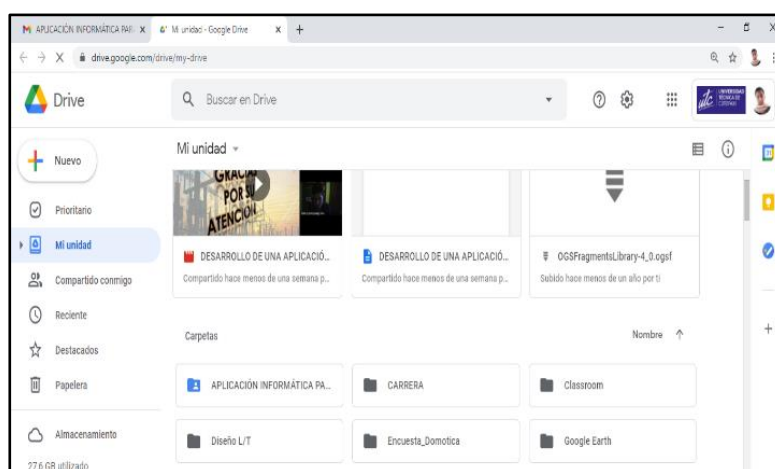
Los requisitos mínimos de hardware serían los siguientes:

- Disposición de almacenamiento de 55,5 Megabytes (MB)
- Computador con sistema operativo MS Windows (Windows 7 hasta versión Windows 10)

## Proceso de instalación

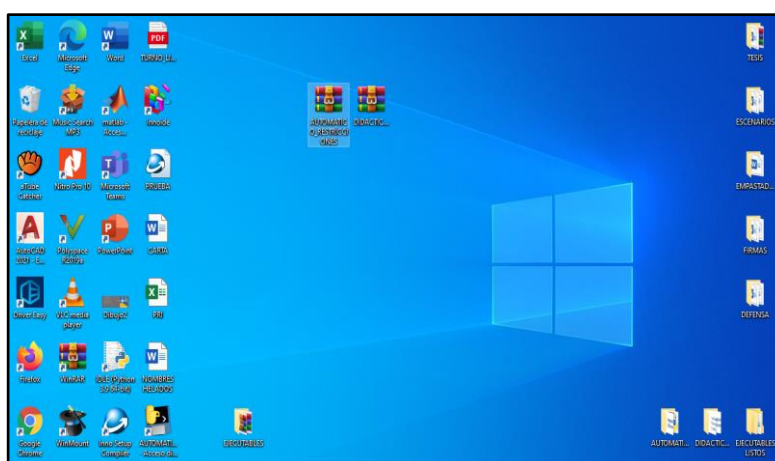
Para el proceso de adquisición de la “Aplicación informática para la operación de barras de una subestación” Es necesario descargar sus archivos ejecutables del siguiente enlace: [https://drive.google.com/drive/folders/1iTMi6y2JOcmX7VhJN9HQxCXDYUT90r0X?usp=s\\_haring](https://drive.google.com/drive/folders/1iTMi6y2JOcmX7VhJN9HQxCXDYUT90r0X?usp=s_haring).

En donde se podrá encontrar la carpeta con el nombre “APLICACIÓN INFORMÁTICA PARA LA OPERACIÓN DE BARRAS DE UNA SUBESTACIÓN. \_BARBOSA\_PULLUTASIG” esta carpeta es pertinente descargarla en su computador.



**Figura 2.** Carpeta de Drive que contiene la aplicación informática

Una vez descargados los archivos con nombres DIDACTICO\_SIN\_RESTRICC y AUTOMATICO\_RESTRICCIONES, es necesario extraer los documentos.



**Figura 3.** Archivos .RAR que contiene la aplicación informática

Extraídos los documentos que se encuentran en los archivos .RAR es necesario copiarlos en el “Disco local C”- Archivos de programa (x86)

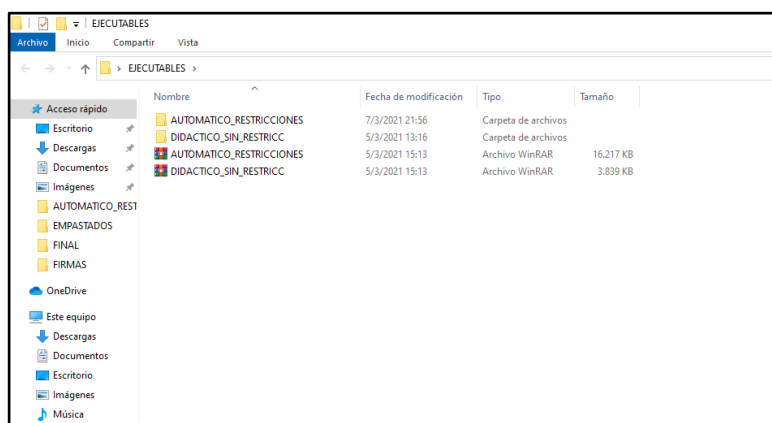


Figura 4. Extracción de archivos .RAR que contiene la aplicación informática

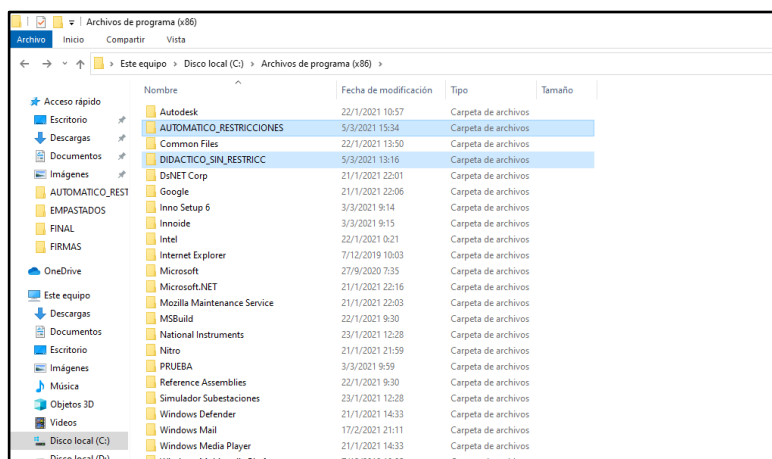


Figura 5. Proceso de copias de carpetas que contienen ejecutables en disco local C.

Una vez copiados los ejecutables en el Disco local C es pertinente ingresar a la carpeta “dist” en la cual se encuentran los ejecutables de las aplicaciones informáticas tanto del modo automático como didáctico.

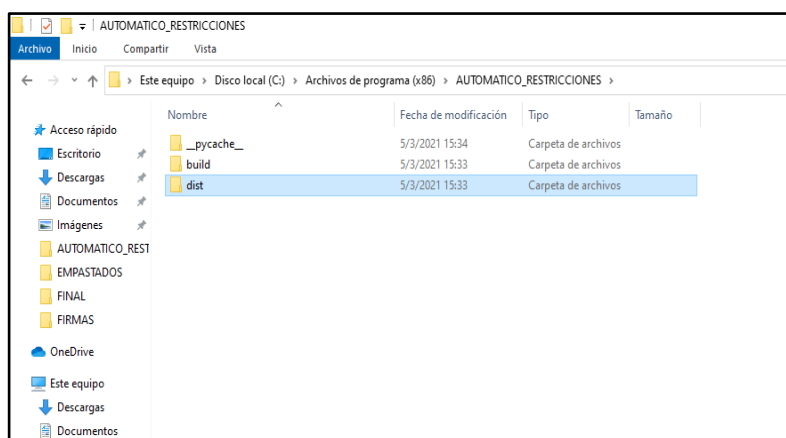


Figura 6. Contenido de las carpetas AUTOMATICO\_RESTRICCIONES y DIDACTICO SIN RESTRICCC.

En el interior de las carpeta “dist” se posible ubicar la aplicación informática la cual presenta el nombres AUTOMATICO\_RESTRICCIONES y DIDACTICO SIN RESTRICCC.

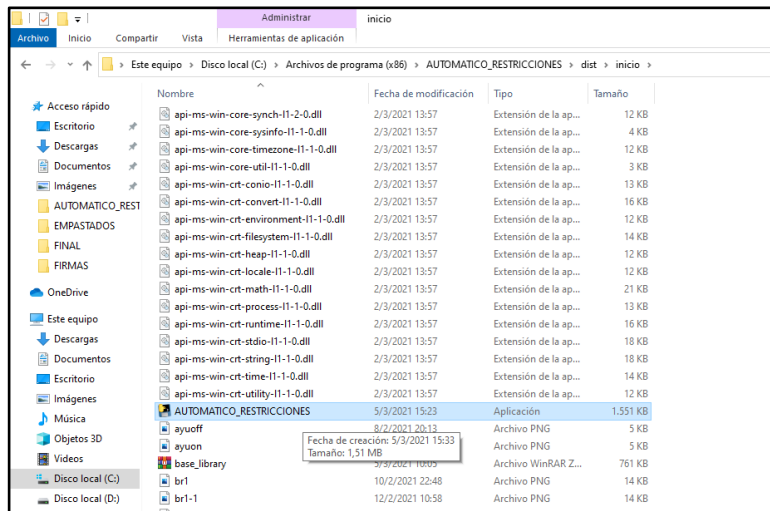


Figura 7. Contenido de carpeta “dist”

Para finalizar el procedimiento es necesario crear un acceso directo de la aplicación tanto del modo automático como didáctico o de la version que se requiera.

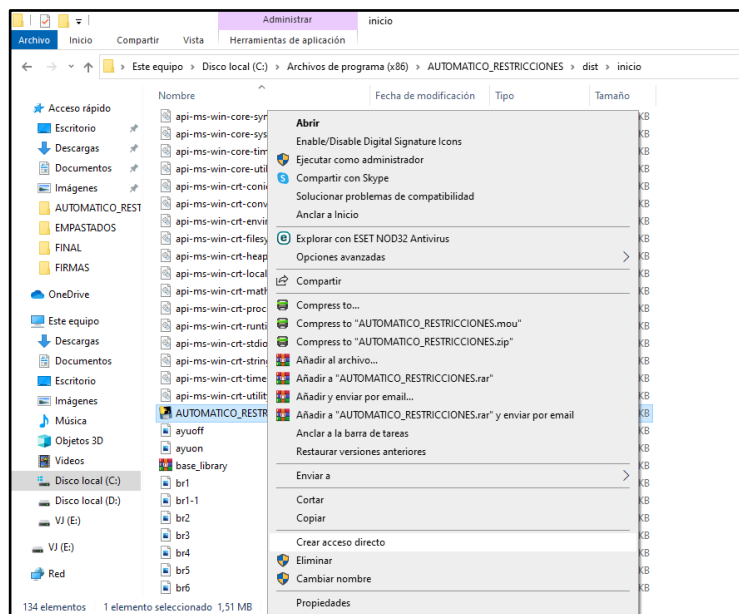


Figura 8. Creación de accesos directos de las aplicaciones

Creado los accesos directos de las aplicaciones es posible ejecutarlos sin restriccion alguna.

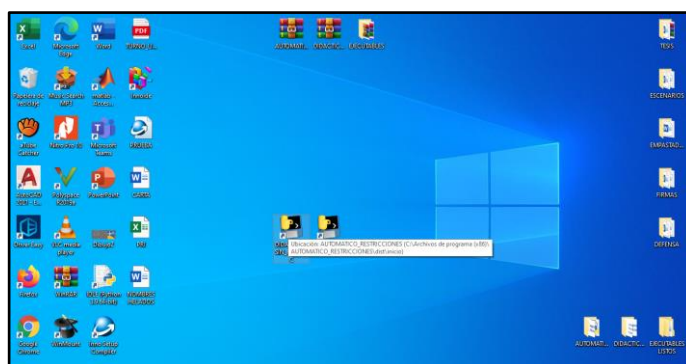


Figura 9. Confirmación de operación de accesos directos de las aplicaciones.

## Disposición de la aplicación

Con la correcta apertura de la aplicación informática es posible constatar inicialmente con su portada, y dar paso a su menú de opciones a través de su botón “INICIAR”.

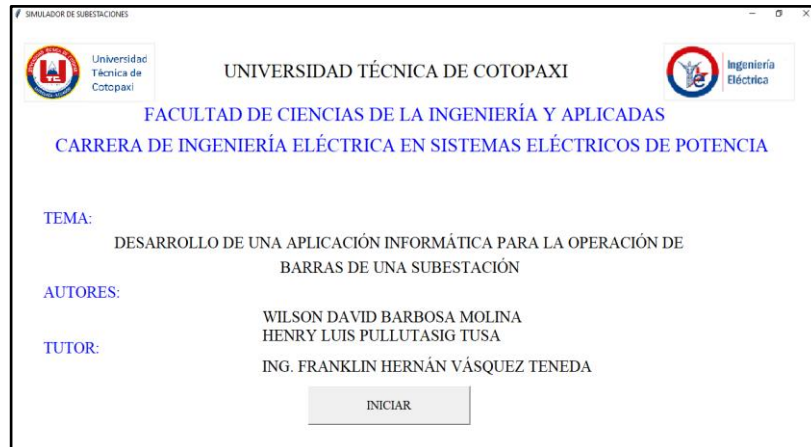


Figura 10. Portada de las aplicaciones.

## Menú de opciones

El interfaz del programa ofrece al usuario un menú de opciones con el que poder acceder a las distintas configuraciones, como se muestra en la Figura 11:

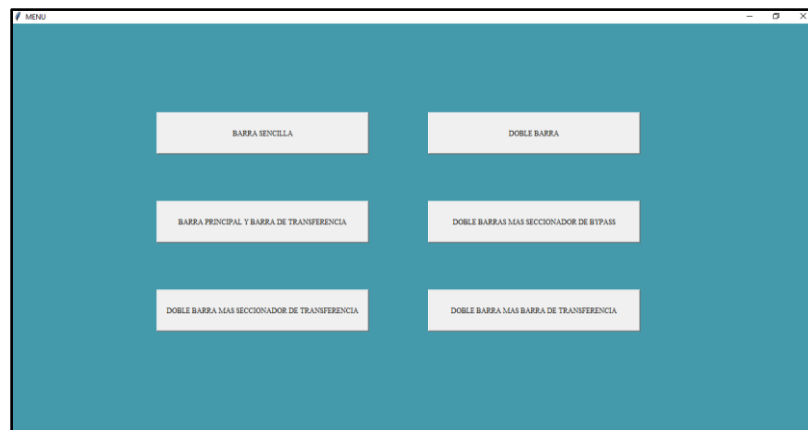


Figura 11. Menú de opciones de configuración

Una vez seleccionado la configuración de barra que se requiere ejecutar se presenta el siguiente sub menú:

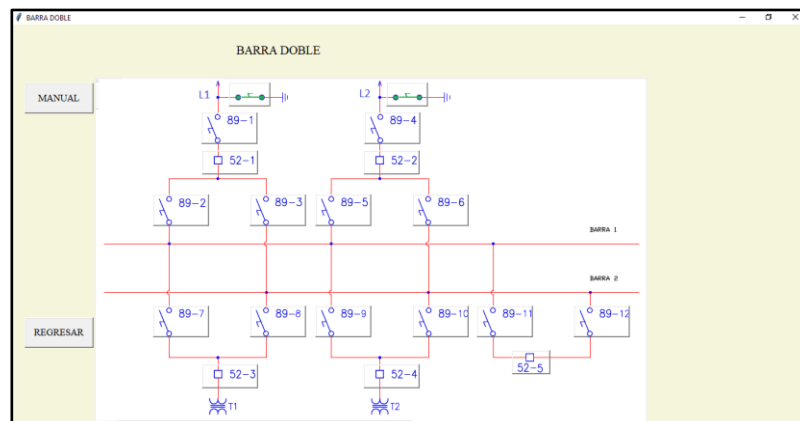


Figura 12. Sub Menú de opciones de configuración

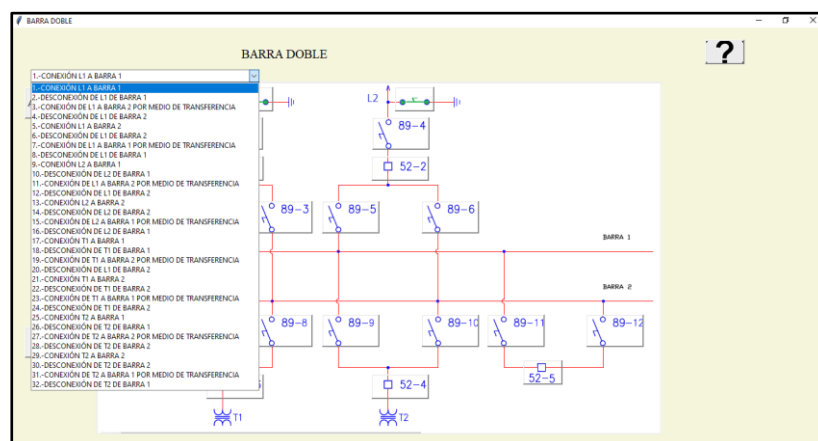
Los modos operativos con los que cuenta la aplicación destaca su modo Automático, Manual y Didáctico en los cuales es posible ubicar los botones que se detalla en tabla 1.

**Tabla 1.** Menú de opciones de la aplicación

Opción	Funcionalidad
Modo manual	Abre una ventana en la que se puede apreciar la configuración seleccionada y los respectivos elementos manipulables
Modo automático/ Didáctico	Abre una ventana en la que se puede apreciar la configuración seleccionada y la barra de maniobras programadas.
Ayuda	Asistente para llevar una correcta secuencia de conexión de maniobras
Ejecutar	Brinda la posibilidad de ejecutar cada una de las maniobras definidas dentro de modo automático

Para llevar a cabo una maniobra dentro del modo Manual o Didáctico es necesario este tipo de modos operativos.

Dentro del modo automático como didáctico es posible contar con un menú en una lista desplegable de las posibles conexiones de cada uno de los circuitos que se presenta en cada configuración de barra, por lo que es necesario la selección de la maniobra requerida y seguidamente presionar “EJECUTAR” lo que hará posible evidenciar el proceso de la maniobra seleccionada como a la par con una lista detallando los pasos requeridos ´para dar cumplimiento a la maniobra.

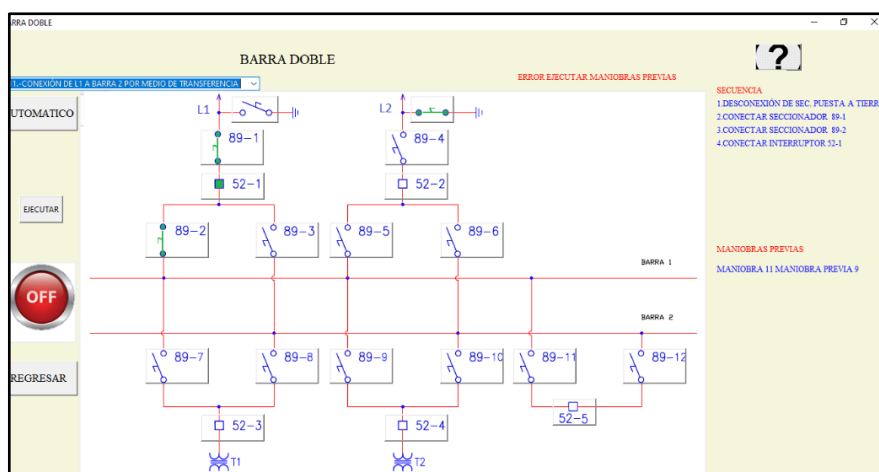


**Figura 13.** Menú de posibles conexiones dentro de las configuraciones de barra.

Cabe mencionar que la diferencia entre el modo Automático y Didáctico recae en que el modo Didáctico no cuenta con restricciones operativas que precautelen la correcta conexión de los diferentes circuitos dentro de cada configuración de barra.

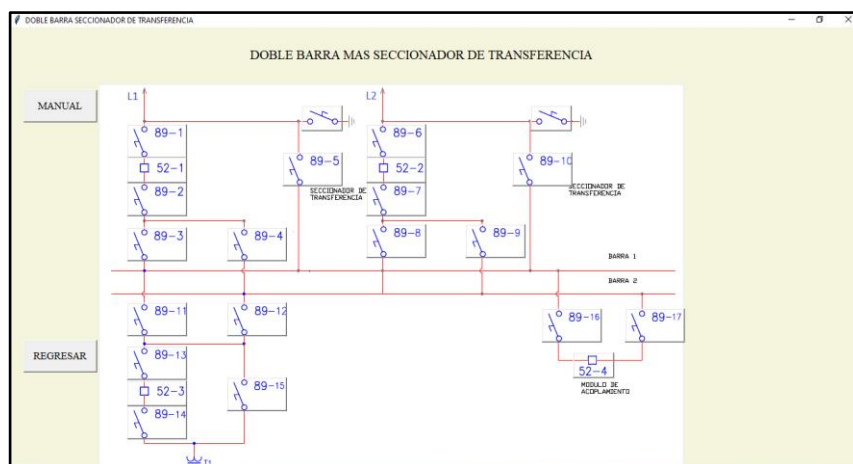
Así también el modo automático al contar con restricciones que permitan el correcto funcionamiento de la aplicación se puede tornar dificultosa su operación por lo que en este modo se cuenta con su botón de ayuda el mismo que brinda información de las maniobras necesarias que permitan el cumplimiento de una conexión correcta.

Otro medio de verificación de la correcta operación de la aplicación es que cuenta con una señal grafica que cambia de color a verde siempre y cuando se haya ejecutado la manobra correctamente.



**Figura 14.** Funcionamiento de botón de ayuda.

En consideración a lo que corresponde al modo manual con el que cuenta la ampliación, es posible apreciar que presenta cada una de las configuraciones de barra, en donde es posible manipular cada uno de los elementos que conforman estas configuraciones. Para de esta manera dar paso a un proceso de practica que permia el dominio de los procesos operativos dentro de una subestación.



**Figura 15.** Funcionamiento de modo manual

### Salir del programa

Para terminar la ejecución del programa y salir de él, basta con cerrar la ventana principal de la aplicación o bien seleccionar la opción Salir del menú.