



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**  
**Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación**

“IMPLEMENTACIÓN MEDIANTE PROGRAMACIÓN EN  
MATLAB DE LA OPERACIÓN DEL SISTEMA DE  
CONTROL AUTOMATIZADO DEL PATIO DE 230KV DE  
LA S/E PASCUALES”

**INFORME DE MATERIA INTEGRADORA**

Previo a la obtención del Título de:

**INGENIERO EN ELECTRICIDAD ESPECIALIZACIÓN  
POTENCIA**

SANTIAGO MARCELO LOZADA ESPINOZA

CRISTHIAN EDUARDO QUEZADA LÓPEZ

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO: 2016

## AGRADECIMIENTOS

A Dios por ayudarme en la culminación de esta etapa estudiantil.

A mi familia que siempre estuvieron pendientes de mí y más aún cuando los necesitaba. Siempre fueron unos de los motivos del porque tenía que cumplir esta meta.

A los profesores quienes de manera generosa brindaron consejos de cómo ser mejores profesionales.

### **Santiago Marcelo Lozada Espinoza**

A Dios por brindarme salud y guiarme en todo el camino estudiantil, por darme el conocimiento para avanzar en cada momento de la carrera y ser guía espiritual para no desfallecer en los momentos difíciles.

A mis padres por ser el principal pilar de mi vida, ya que con sus consejos he podido culminar con éxito la carrera, además por el sacrificio que han hecho por mí les debo todo a ellos.

A la universidad y especialmente a los profesores quienes nos brindaron sus conocimientos para crecer intelectualmente y guiarnos de la mejor manera en el proceso estudiantil y para prepararnos en el mundo laboral.

### **Cristhian Eduardo Quezada López**

## DEDICATORIA

**A mi madre Lupe:** Por estar en todo momento conmigo y darme fuerzas para lograr cumplir siempre mis metas.

**A mi padre Santiago:** Por brindarme sus sabios consejos de acuerdo a sus experiencias y aprendizajes, su infinito anhelo por querer siempre lo mejor para mí, esto ha logrado tenerlo como un ejemplo para mi vida personal y profesional.

**A mis seres queridos:** A mis hermanas Virginia, Carolina y Gabriela; a mis abuelos maternos Polivio y América; a mi tía Cecilia; a Amalia y a Lady Carriel por ofrecerme ánimos en todos los momentos de mi carrera universitaria.

Al Sr. Cristhian Quezada, compañero del proyecto integrador quien con su ayuda se pudo lograr la elaboración de este documento y culminar tal como se lo planificó.

Al director de la materia integradora el Ing. David Endara y a nuestro tutor el Ing. Jimmy Córdova quienes ayudaron a la elaboración de este proyecto.

### **Santiago Marcelo Lozada Espinoza**

Dedico a mis padres Wilfrido Quezada y Libia López quienes a lo largo de mi vida siempre me han inculcado valores para ser una persona de bien, que siempre me han enseñado que el sacrificio siempre es recompensado y por brindarme la mejor herencia que es el estudio.

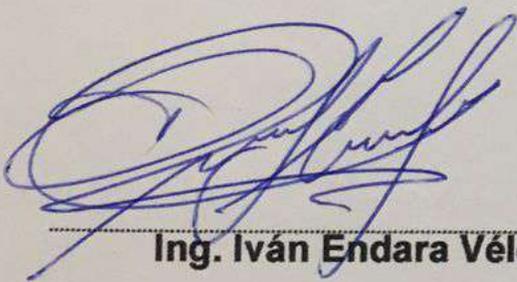
A mis hermanos Wilfrido y Ricardo quienes siempre me han alentado a no rendirme y dar lo mejor de mí para cumplir mis metas, además por siempre levantarme el ánimo y contagiar a toda la familia de felicidad.

Al Sr. Santiago Lozada compañero del proyecto integrador con quien he trabajado todo este tiempo a la elaboración de este documento y por culminar con éxito.

Al director de la materia integradora el Ing. David Endara y a nuestro tutor el Ing. Jimmy Córdova, quienes ayudaron en el proceso de elaboración de este proyecto.

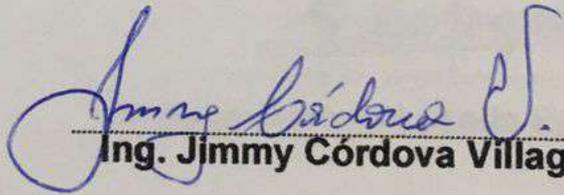
### **Cristhian Eduardo Quezada López**

## TRIBUNAL DE EVALUACIÓN



Ing. Iván Endara Vélez

PROFESOR EVALUADOR

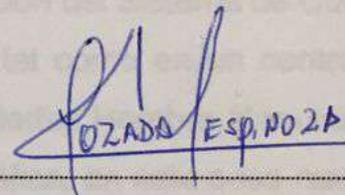


Ing. Jimmy Córdova Villagómez

PROFESOR EVALUADOR

## DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad y la autoría del contenido de este Trabajo de Titulación, nos corresponde exclusivamente; damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"



LOZADA ESPINOZA

Santiago Marcelo Lozada Espinoza



Cristhian Eduardo Quezada López

## RESUMEN

Hoy en día, debido a la expansión del Sistema Eléctrico Ecuatoriano se ha dado un cambio en pasar del control convencional al control numérico mediante IED`s que reducen cableado, espacio, costos, aumentan confiabilidad, rapidez de respuesta, etc.

Por lo tanto el presente proyecto ayuda a que los estudiantes de la carrera de Ingeniería Eléctrica especialización Potencia puedan realizar simulaciones tal como en un software de control de una subestación eléctrica, mediante una aplicación desarrollada en el software Matlab el cual simula la operación del Sistema de Control Automatizado del patio de 230kV de la S/E Pascuales, tal como en un centro de control de una subestación (nivel 2); se simula la IHM (Interfaz Hombre Maquina) lo que significa que podemos realizar desde una interfaz gráfica, en este caso nuestro computador, las operaciones de los equipos de patio de la subestación Pascuales.

Cada equipo de la subestación tiene permisos o condiciones que si cumplen pueden operar y siguiendo una secuencia de maniobras se puede realizar las operaciones de una subestación que son: Energización, Desenergización y Transferencia.

La importancia del programa es que el usuario siempre estará guiado con un procedimiento para ejecutar cualquier operación, además se puede simular cualquier condición que se plantee, es decir pueden estar abiertos o cerrados los equipos de manera aleatoria y el programa lo reconoce llegando a una solución, al mismo tiempo puede resolver situaciones anómalas tales como cortocircuitos en bahía, corrientes capacitivas, equipos en modo local o dañado, voltajes fuera de rango, transferencia de más de una bahía, además mantiene alerta al usuario de sus operaciones utilizando mensajes o menús para continuar o corregir algún problema y así concluir una operación correctamente.

El programa cuenta con un diagrama unifilar de las bahías que muestra el estado de los equipos (Abierto/Cerrado) pudiendo observarse aperturas y cierres, cuando se realiza una operación en la interfaz gráfica.

El programa incorpora condiciones que deben cumplir los TP`s, TC`s e IED`s para realizar operaciones de los equipos de bahía, los equipos de medición e IED`s son fundamentales para las operaciones de una subestación ya que miden los parámetros eléctricos y controlan los equipos, por lo tanto fueron incluidos en el programa, así el usuario visualiza todas las condiciones que incorpora el software de control real de una subestación eléctrica.

La configuración de doble barra aplica para todas las subestaciones de 230kV por lo tanto no solo sirve para comprender la S/E Pascuales sino para cualquier patio de una subestación eléctrica con este nivel de voltaje.

## ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS.....	ii
DEDICATORIA .....	iii
TRIBUNAL DE EVALUACIÓN .....	iv
DECLARACIÓN EXPRESA .....	v
RESUMEN.....	vi
ÍNDICE GENERAL.....	viii
CAPÍTULO 1 .....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Sistema eléctrico de potencia.....	2
1.1.1. Centrales de generación eléctrica .....	2
1.1.2. Línea de transmisión .....	2
1.1.3. Sistemas de distribución.....	3
1.2. Descripción del sistema de potencia actual.....	3
1.3. Subestaciones .....	4
1.3.1. Subestación Pascuales .....	5
1.4. Sistema de control.....	8
1.4.1. Tipos de control .....	8
1.5. Automatización .....	9
1.5.1. Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA).....	9
1.5.2. Automatización en Subestaciones Eléctricas .....	11
1.5.3. Niveles de Automatización para una subestación eléctrica	11
1.5.4. Unidades de Terminales Maestras (MTU) .....	12
1.6. MATLAB .....	13
1.7. Justificación .....	15
1.8. Alcance.....	15
1.9. Objetivos.....	16

1.9.1. Objetivo General.....	16
1.9.2. Objetivos Específicos .....	16
1.10. Recursos Tecnológicos .....	17
CAPÍTULO 2.....	18
2. DESARROLLO DE LA PROGRAMACIÓN.....	18
2.1. Configuración doble barra .....	18
2.2. Equipos.....	19
2.3. Transformadores de medida y protección .....	20
2.4. Enclavamientos .....	26
2.5. Nomenclatura empleada para los elementos de bahía .....	29
2.6. Programación en Matlab.....	31
2.6.1. Generación y cargas implementadas en el programa .....	32
2.6.2. Botoneras .....	34
2.6.3. Matrices usadas en el programa .....	34
2.6.4. Ejecución del programa.....	38
2.6.5. Condiciones anormales programadas .....	39
2.6.6. Procedimientos programados en el software Matlab .....	41
2.6.7. Lógicas operación individual.....	50
CAPÍTULO 3.....	53
3. SIMULACIÓN DE OPERACIONES CON SUS CORRESPONDIENTES OPCIONES.....	53
3.1. Condiciones anormales .....	54
3.2. Energizar .....	57
3.3. Transferencia de un alimentador posterior a una energización. ...	71
3.4. Energizar una alimentadora desde Operación Individual posterior a una energización y transferencia. ....	80
3.5. Desenergización de una alimentadora .....	83
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	90
BIBLIOGRAFÍA.....	92
ANEXOS.....	94

# CAPÍTULO 1

## 1. INTRODUCCIÓN.

El sistema eléctrico ecuatoriano atraviesa un estado de expansión tanto de generación, transmisión y distribución como de demanda debido a varios proyectos hidroeléctricos que el MEER (Ministerio de Electricidad y Energía Renovable) ha llevado a cabo tales como: Toachi-Pilatón, Coca Codo Sinclair, Minas San Francisco, Manduriacu, Quijos, Delsitanisagua, Sopladora y Mazar Dudas.

La necesidad de un servicio confiable y de calidad lleva a la implementación de los recientes avances tecnológicos en generación renovable a pequeña y gran escala, además el uso de sistemas para la transmisión eficiente, medición, protección y comunicación, y lo más importante implementar la automatización de las subestaciones de distribución eléctrica. [1]

El control de las subestaciones ha ido evolucionando en el tiempo, las primeras se construyeron hace más o menos cien años y en aquella época los interruptores eran voluminosos, complicados y necesitaban supervisión constante y mantenimiento frecuente. El siglo XX se focalizó en el desarrollo de nuevas tecnologías que incrementaron la capacidad y disponibilidad, así como reducir el mantenimiento y además la solución de aspectos tales como el tamaño, la velocidad y la automatización.

En la década de los 60 se lograron avances que permitieron el lanzamiento de la aparamenta aislada en gas (GIS). Estos equipos disminuyeron las dimensiones de una subestación convencional aislada en aire alrededor de un 90%. En la década de 1970 la protección electromecánica fue reemplazada por la protección estática y los avances posteriores han dado lugar a los sistemas actuales de control numérico y protección, equipados de numerosas funciones que se comunican con varios sistemas a través de la tecnología digital. En la actualidad las subestaciones se pueden controlar y manejar a distancia sin necesidad de mantener personal en las instalaciones. [2]

Para que exista un control de las subestaciones es fundamental un software, ya que este nos brindará la posibilidad de interactuar con los equipos de campo y realizar las maniobras necesarias y protecciones adecuadas; por lo tanto es fundamental que existan programas que ayuden a simular el funcionamiento de las subestaciones orientados al control y además que los estudiantes tengan acceso y estén familiarizados, como por ejemplo el software desarrollado por MathWorks llamado Matlab.

### **1.1. Sistema eléctrico de potencia**

Un Sistema Eléctrico de Potencia está conformado por centrales generadoras, sistemas de transmisión y sistemas de distribución; la operación en conjunto de estos componentes permite el proceso de transformación de la energía eléctrica con la finalidad de obtener el nivel requerido para los usuarios.

#### **1.1.1. Centrales de generación eléctrica**

Una central de generación es una instalación en la cual la energía primaria es convertida en energía eléctrica, y dependiendo de la energía primaria se clasificará en: Centrales Termoeléctricas, Hidroeléctricas, Energía Renovables No Convencionales, etc. Es necesario que las operaciones en paralelo estén sincronizadas entre sí a una frecuencia de 60 Hz para Ecuador.

#### **1.1.2. Línea de transmisión**

La línea de transmisión es un elemento del sistema de potencia encargado de transportar la energía eléctrica desde los puntos de generación hasta los centros de consumo. Las líneas de transmisión son aquellas complejas estructuras que transportan grandes bloques de energía desde los diferentes puntos de la red que conforma el sistema de potencia, además son los elementos físicamente más simples, pero más extensos.

La clasificación de los sistemas de transmisión puede ser desde varios puntos de vista como es el medio: en líneas aéreas y líneas subterráneas.

El sistema de transmisión puede clasificarse según el nivel de tensión en el cual transportan los grandes bloques de potencia.

### **1.1.3. Sistemas de distribución**

Un sistema de distribución de energía eléctrica es un grupo de equipos que permiten energizar en forma adecuada y segura a las cargas, en determinados niveles de tensión, ubicados en varios lugares. Los objetivos de un sistema de distribución es mantener el servicio eléctrico al área de carga que se ha considerado, haciéndolo siempre con la mejor eficiencia de operación. El sistema de distribución debe brindar servicio con un mínimo de interrupciones y mínimo de variaciones de voltajes, debe permitir la expansión para pequeños incrementos de carga teniendo en cuenta un mínimo de modificaciones y costos.

## **1.2. Descripción del sistema de potencia actual**

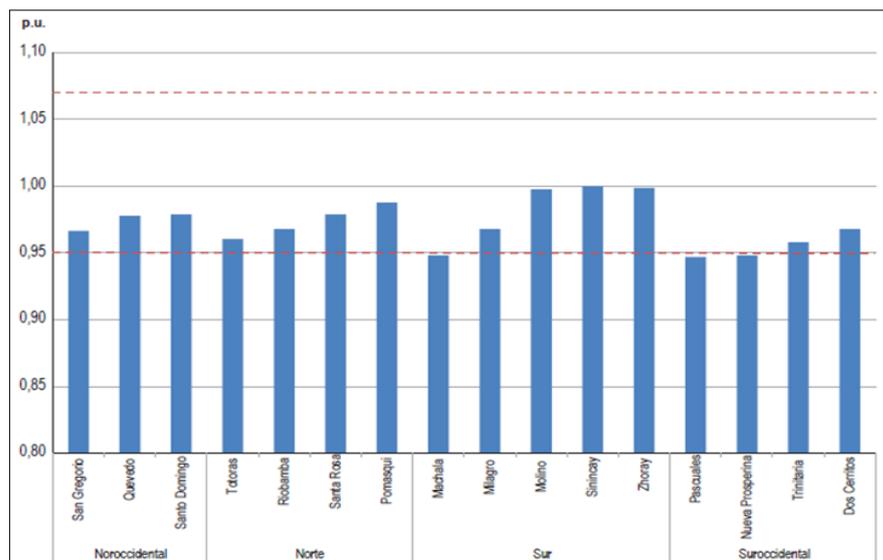
El Sistema Nacional Interconectado (SNI) se encuentra constituido por el Sistema Nacional de Transmisión, las empresas asociadas de generación y distribución eléctrica, el cual proporciona la productividad y transferencia de energía eléctrica entre los puntos de distribución de generación y carga.

El Sistema Nacional de Transmisión (SNT) es el sistema conformado por líneas de transmisión y subestaciones eléctricas, cuya finalidad es entregar la energía eléctrica al servicio público del Ecuador. Este proceso lo controla la empresa de transmisión CELEC EP- TRANSELECTRIC.

La unidad de negocio Transelectric tiene el compromiso de garantizar la operación óptima del Sistema Nacional de Transmisión, siendo su objetivo principal entregar la energía eléctrica a las redes de transmisión para los grandes consumidores del Mercado Eléctrico. [3]

Las líneas de transmisión de CELEC EP -TRANSELECTRIC, en la actualidad están estructuradas en un anillo troncal 230kV, cuyo recorrido cierra el circuito Molino (Paute) –Milagro – Pascuales (Guayaquil) – Quevedo – Sto. Domingo – Santa Rosa (Quito) – Totoras (Ambato) – Riobamba - Molino (Paute). Desde las subestaciones mencionadas se derivan las líneas a 230kV y 138kV para





**Figura 1.2: Perfiles de voltajes en el anillo de transmisión 230kV. [1]**

En la Figura 1.2, se muestran los valores promedio de voltajes en barras de 230kV del SIN. Estos datos son tomados en demanda máxima con condiciones normales de operación y de hidrología alta en la cadena Mazar-Paute. Las subestaciones Pascuales y Nueva Prosperina registran bajos perfiles de voltajes, debido al bajo aporte de la generación térmica local en condiciones de alta hidrología. Es de vital importancia indicar que para mantener una adecuada operación del SIN es indispensable establecer un conveniente perfil de voltaje dentro del rango (+7%/-5%) en todo el sistema de anillo troncal de transmisión de 230kV. [1]

### 1.3.1. Subestación Pascuales

La Subestación Pascuales representa un componente importante para el Sistema Nacional de Transmisión por cubrir una amplia zona de influencia a nivel de transmisión y distribución de energía eléctrica, la cual se encuentra dentro del anillo de 230kV y se la considera como centro de transferencia de energía eléctrica, debido que interconecta varias ciudades como: Guayaquil, Milagro, Santa Elena, Quevedo, Esmeraldas; y a su vez recibe energía eléctrica desde Termo Guayas, Paute, etc.

La Subestación Pascuales pertenece al grupo de las subestaciones que maneja los niveles de voltajes de 230/138/69 kV y a su vez forma parte del SNT Zona Sur, mencionada anteriormente. Se encuentra ubicada en la parroquia Pascuales en el km 16.5 vía Guayaquil – Daule y cuenta con la configuración doble barra a nivel de 230kV, Barra principal y transferencia a nivel de 138 y 69kV. [1]

### **Elementos de la Subestación Pascuales**

La subestación Pascuales como parte importante del SNT abarca una mayor área de influencia para transmisión y distribución de la energía eléctrica, es un vértice clave del anillo de 230kV, centro principal de transferencia de energía eléctrica. Los elementos que lo conforman son los siguientes:

#### **Transformador**

Es un dispositivo que permite generalmente modificar los valores de voltaje alterno y corriente de salida con respecto a los valores de entrada. Es una máquina estática de bajas pérdidas cuyo uso es común en los sistemas eléctricos de transmisión y distribución de energía eléctrica.

En sistemas de potencia los transformadores generalmente tienen dos tipos de funciones:

Función elevadora: El voltaje de salida es mayor que el de entrada; en cambio la corriente de salida es menor que la de entrada.

Función reductora: El voltaje de salida es menor que el de entrada; en cambio la corriente de salida es mayor que la de entrada.

Cuando se necesita transportar energía eléctrica desde los centros de generación, que son las centrales eléctricas, hasta los centros de carga se eleva la tensión (desde 15kV hasta 138, 230 o 500kV). La potencia en ambos lados del transformador es casi la misma, pero las corrientes a través de las líneas aéreas o subterráneas disminuyen con lo cual se reduce las pérdidas en transmisión.

En la etapa de distribución los voltajes se reducen hasta valores nominales (240/120) empleando los transformadores adecuados.

### **Interruptor**

Es un dispositivo que opera bajo carga, cuya función es garantizar el flujo de corriente en condiciones normales e interrumpirlo cuando se encuentre en condiciones de falla o anormales en un circuito eléctrico.

El interruptor está compuesto por una parte mecánica y una de control integrado por los relés de protección, este último es el encargado de mandar a operar si detecta condiciones anormales de funcionamiento.

### **Seccionador**

Es un dispositivo que opera sin carga utilizado en subestaciones eléctricas, sistemas de transmisión, distribución, entre otros; cuya función es separar circuitos como también aislar equipos para dar mantenimiento o ejecutar una reconfiguración del sistema eléctrico.

### **Barra Doble**

Este tipo de configuración utiliza dos barras principales, además cada alimentador dispone de dos seccionadores para elegir una u otra barra. Se dispone de un disyuntor junto a un par de seccionadores acoplados que pueden conectar ambas barras entre sí, posibilitando la transferencia de un circuito desde una barra a otra, evitando la interrupción del servicio.

Los alimentadores pueden estar conectados desde una sola barra, estar repartidos o conectados entre ambas barras con el disyuntor de acoplamiento cerrado; no obstante para este tipo de maniobras se necesita que las protecciones tengan una coordinación muy selectiva, para evitar que toda la subestación salga fuera de servicio cuando se presente una falla en alguna de las barras. A continuación se mencionarán algunas ventajas y desventajas de la barra doble:

### **Ventajas**

- Se eleva la confiabilidad y su operación es fácil.
- Se tiene doble alimentación para cada circuito.
- Si hay una falla de la barra no existe interrupción del servicio en cualquier circuito.
- Se pierde un circuito solo cuando falla un interruptor.

### **Desventajas**

- Es el más costoso en comparación a la barra principal y de transferencia o a una barra simple.
- Si no se desconectan ambas barras hay la posibilidad de dejar sin servicio a la mitad de los alimentadores.

## **1.4. Sistema de control**

Un sistema dinámico es aquel que recibe variables externas y cuya respuesta se denomina variables de salida. Un sistema de control es una clase de sistema caracterizado por la existencia de una serie de elementos que permiten influir en el funcionamiento del sistema.

El objetivo de un sistema de control es lograr, a través de la manipulación de las variables de control, un dominio en las variables de salida, de tal manera que estas obtengan unos valores determinados.

### **1.4.1. Tipos de control**

En función de la Industria:

#### **Control de procesos**

Los sistemas de control de proceso son aquellos que requieren la regulación de variables de proceso tales como temperaturas, caudales, niveles. Estos sistemas requieren el manejo de unidades de proceso continuas (el flujo no se interrumpe) y discontinuas o por lotes (el flujo se interrumpe). Ejemplos: petroleras, centrales eléctricas, papelera.

## **Control de máquinas manufactureras**

- **Control numérico**

Emplea un programa para controlar el proceso de operación de una máquina, el cual abarca instrucciones que establecen direcciones, posiciones, velocidades.

- **Control de robots**

Es un manipulador programable fabricado para trasladar materiales y herramientas en un tipo de secuencia y así realizar una determinada tarea.

### **1.5. Automatización**

La automatización se denomina a la operación de determinadas acciones que se desarrolla por medio de procesos previamente programados y dependerá del mando del personal para realizar las operaciones. Va de la mano de programas informáticos para su ejecución, ya que el personal puede trabajar a distancia desde un computador. La automatización cuenta con ventajas como las mencionadas a continuación:

- Ofrece una alta precisión en el desarrollo de tareas.
- Mejora las condiciones de trabajo del personal, a través de ahorro de tiempo en mano de obra.
- Ejecución de operaciones que suele ser difíciles para el personal (por ejemplo: Coordinaciones complejas, operaciones rápidas, entre otros.)

#### **1.5.1. Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA)**

SCADA es un sistema de control, que se encuentra integrado por una computadora principal (comúnmente denominada Estación Maestra o Master Terminal Unit (MTU)), una o varias unidades de control para adquirir datos de campo, la cual es llamada Remote Terminal Units (RTU), que puede ser automático, comandado por el mismo operador, etc. La adquisición de datos es obtenida por las RTU, cuya función es analizar las entradas de información de campo. [12]

Adicionalmente utiliza un software para controlar y supervisar de manera remota los equipos de campo.

El sistema SCADA generalmente se lo utiliza en industrias, sistemas de generación, transmisión, distribución, etc. La transmisión de datos puede ser vía Local Area Network (LAN), que suele ser confiable. Su implementación optimiza los procesos del control y monitoreo ofreciendo a distancia una amplia información para toma de decisiones operacionales por medio de interfaces gráficas en el que se comunica el usuario con el sistema.

SCADA tiene la característica que puede controlar procesos de manera automática.

El proceso a controlar debe tener las siguientes características:

- Existe un gran número de variables a monitorear.
- La información se requiere en el momento, en decir en tiempo real.
- Optimizar la toma de decisiones y operaciones de la planta; decisiones tanto gerenciales como operativas.
- Los beneficios obtenidos justifican los costos, que pueden traducirse en un aumento de efectividad, seguridad, producción, etc.
- Las acciones de control deben ser iniciadas por un operador debido a la velocidad y complejidad del proceso.

#### **Beneficios:**

Existe una serie de beneficios que pueden ser resumidos de la siguiente forma:

- Incrementar la eficiencia del personal, como también una mayor seguridad en la operación.
- Bajo riesgo de contaminación ambiental.
- Disminuir costos; menor costo de operación y mantenimiento.
- Reasignar o reducción de personal.
- Bajo costo por transporte de personal.
- Disminuir requisitos futuros de control.

- Aumenta el servicio de los equipos.
- Disminución de la incidencia de fallas.
- Actualizar sistemas de control antiguos o aquellos basados en hardware.
- Información real para todos los niveles de la empresa.

### 1.5.2. Automatización en Subestaciones Eléctricas

Existen procesos dentro de una subestación eléctrica que vienen siendo controlados por equipos como es el caso de las protecciones eléctricas, por lo que el objetivo de un ingeniero de control es integrar de manera confiable los equipos que se encuentran dentro de una subestación eléctrica y sea capaz de funcionar de forma continua, logrando una operación óptima del sistema, monitoreando y guardando información sobre los eventos ocurridos.

El proceso de automatización es necesaria para que pueda implementarse dentro de un sistema SCADA y que se pueda comunicar con otros sistemas para así transferir información de manera automática. Se conoce que la automatización va progresando constantemente por lo que la misión es poder integrar cada uno de los equipos y la operación sea de manera conjunta entre todos ellos, para lograr operaciones en el menor tiempo posible y mayor precisión.

### 1.5.3. Niveles de Automatización para una subestación eléctrica

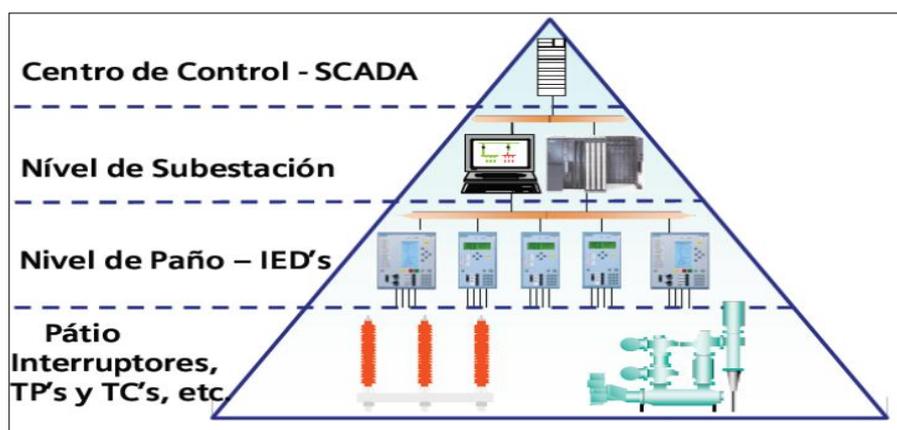


Figura 1.3: Niveles de la Automatización [4]

Los modelos del sistema de control para una subestación eléctrica están constituidos por 4 niveles que relaciona al control y la automatización. En la Figura 1.3, se muestra los niveles de automatización donde se considera: Inferior denominado nivel 0 y superior denominado nivel 3.

Nivel 0, conocido como nivel de patio, contiene los equipos de campo mencionados a continuación: Interruptores, seccionadores, TP's, TC's, etc, los cuales poseen un mando de control.

En el nivel 1, conocido como nivel de Paño-IED's (Intelligent Electronic Device,) se encuentran los equipos especializados para supervisar y proteger la operación de los equipos de campo, los cuales son ordenados por los IED's y además tienen pulsadores y relés auxiliares para cumplir con la función de control, enclavamiento, regulación y medición de señales de campo.

El nivel de Subestación, correspondiente al nivel 2, puede realizar varias funciones como control, supervisión y adquisición de datos para una subestación eléctrica, el cual integra los IED's dentro del sistema SCADA, que permite llevar un control de las operaciones. Los supervisores serán quienes llevarán un registro del control del sistema.

El nivel de Centro de Control – SCADA, correspondiente al nivel 3, es donde se registra la información del nivel 2. El medio de comunicación es importante por la necesidad de saber las operaciones del centro de control con los sistemas SCADA de la subestación eléctrica.

En la actualidad, para cada nivel de automatización, es indispensable hacer uso de selectores de control, cuya función será ya sea de habilitar o deshabilitar el control de los equipos de manera instantánea, con esto se logra la posibilidad de realizar maniobras de mantenimiento.

#### **1.5.4. Unidades de Terminales Maestras (MTU)**

Es el centro fundamental del sistema donde el operador puede visualizar todas las operaciones que se presentan. Generalmente las MTU suelen llamarse Human Machine Interfase o Interfaz Ser Humano-Máquina.

Las características de las MTU son:

- Adquisición de datos: Recopilación de datos obtenidos de las RTU.
- Gráficos de tendencia: conservar los datos para poder graficar y que el operador pueda analizar mediante gráficos.
- Procesamiento de alarmas: Analizar todos los datos de las RTU con el fin de poder saber si existe alguna anomalía y con ello informar al personal.
- Visualizaciones: gráficos reflejados del campo.
- Informes: Generar reportes a través de los ordenadores conectados a la red LAN.
- Seguridad: Permite tener acceso control en los componentes del sistema.

## 1.6. MATLAB

Matlab, abreviatura de MATrix LABoratory, (laboratorio de matrices) fue creado por Cleve Moler en los años 70 y en 1983 comenzó a comercializarse. Es un software orientado al área de las ciencias matemáticas que propone un Entorno de Desarrollo Integrado (IED) por medio de una programación denominada, "Lenguaje M". Matlab es utilizado en universidades, centros de investigaciones y desarrollo y en el ámbito universitario se ha considerado una herramienta de enseñanza para todo tipo de programación en el lenguaje matemático. [13]

A nivel universitario Matlab se ha convertido en una herramienta para la enseñanza de la programación, además se ha venido incorporando en industrias por aportar con herramientas para resolver problemas de ingeniería haciendo énfasis en las aplicaciones de control, procesamiento, simulación de sistemas dinámicos, entre otros.

A continuación se mencionará algunas ventajas y desventajas de Matlab

### **Ventajas**

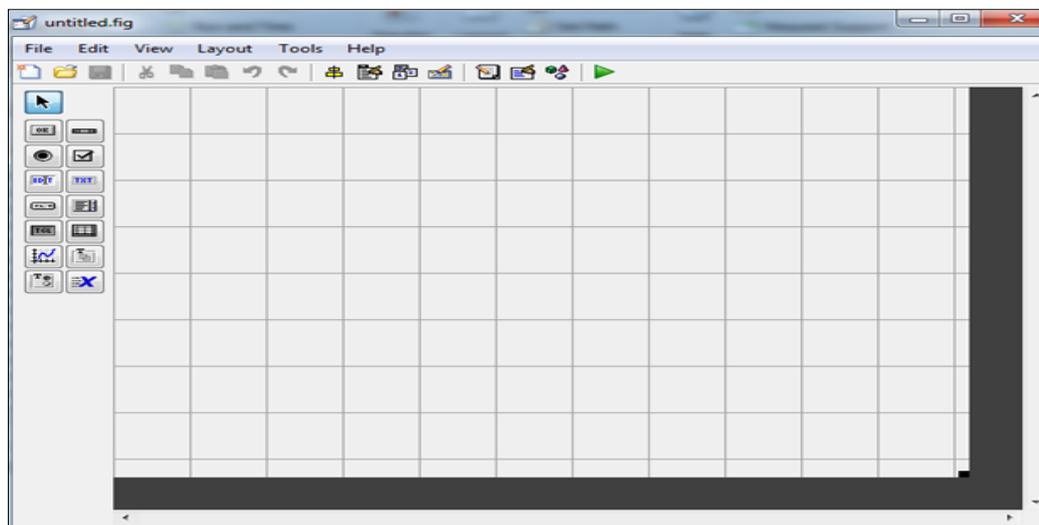
- Garantiza precisión y gran soporte matemático.
- Contiene una gama de funciones ya desarrollada.

- Permite una integración a dispositivos hardware.
- Útil en procesos industriales y sistema de control.

### Desventajas

- La velocidad de simulación puede ser afectada por complejidad del sistema.
- Desarrollo tedioso y susceptible a cometer errores en la programación.
- Dependencia del lenguaje de programación y del sistema operativo.

Matlab dispone de una herramienta que se utilizará en este proyecto, denominada GUIDE (también conocido como interfaces graficas de usuario, o interfaces de usuario), que se encuentra dentro de la librería del software, proporciona herramientas para el diseño de interfaces de usuario para aplicaciones personalizadas. Usando el layout Editor de Guide se puede diseñar la interfaz de usuario gráfica. Guide genera automáticamente el código de MatLab para la construcción de la interfaz de usuario. En la Figura 1.4 se muestra la interfaz de Guide.



**Figura 1.4: Interfaz de GUIDE**

En la Figura 1.4, se encuentran las herramientas para construir la interfaz gráfica de acuerdo a los requerimientos del programa.

### **1.7. Justificación**

Actualmente los estudiantes de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Computación (FIEC) que pertenecen a la carrera de Ingeniería Eléctrica especialización Potencia, no disponen de un programa dedicado a la simulación del control para subestaciones eléctricas(S/E), en consecuencia no tienen acceso al conocimiento previo indispensable para su futuro quehacer profesional.

Las S/E utilizan software de sistemas de control a los cuales los estudiantes no tienen acceso durante su período de formación académica de grado, esta carencia solo es cubierta cuando el estudiante realiza las prácticas pre-profesionales en las S/E lo que repercute en su desempeño ya que no tienen conocimiento previo proporcionado por la universidad, en consecuencia el proyecto integrador planteado diseñará el programa que permitirá la familiarización indispensable para desempeño idóneo tanto en las prácticas pre-profesionales y en su vida profesional.

Simultáneamente al beneficio académico formativo permitirá a los docentes contar con una nueva herramienta para realizar investigaciones, fomentar la participación de estudiantes en prácticas de simulación, monitoreo, aplicar fundamentos teóricos y generar proyectos orientados a la comprensión de los sistemas de control.

### **1.8. Alcance**

El diseño de simulación del programa implica un conjunto de variables de calidad y eficiencia indispensable para: toma de decisiones, rapidez en la respuesta y visualización en tiempo real de los equipos del sistema a fin de que se asemeje al software que en la actualidad es utilizado por los sistemas de control de las subestaciones del país.

El cumplimiento del diseño e implementación del programa de simulación se sustentará en las lógicas de los equipos de maniobra y equipos de medición de una barra a nivel de 230kV de la Subestación Eléctrica Pascuales; incorporará la información obtenida que será integrada al programa Matlab. Se propone que la

información se guarde en vectores o matrices donde se registrará datos tales como: voltaje, corriente, estados (abierto/cerrado, habilitado/dañado).

En consecuencia el software Matlab realizará los cálculos respectivos para obtener las respuestas deseadas de acuerdo al evento requerido.

Las características que el programa será capaz de ejecutar son las siguientes:

- Integrar equipos IED's y de medición de la doble barra 230kV para que las simulaciones funcionen en condiciones reales de operación.
- Diseñar un programa que pueda realizar aplicaciones propias de un sistema actual en la vida real de una subestación eléctrica.
- Presentación de un listado de opciones al iniciar el programa de acuerdo a los requerimientos del operador para tener un esquema ordenado de las operaciones que el programa dispone.
- Tener en todo momento información del procedimiento para que el usuario siempre este guiado en la operación que desee ejecutar.
- Demostrar las operaciones mediante la interfaz gráfica GUIDE de Matlab.

## **1.9. Objetivos**

### **1.9.1. Objetivo General**

Diseñar un programa en Matlab para facilitar la comprensión, conocimiento y familiarización de los estudiantes sobre el funcionamiento de un sistema de control dentro de la subestación eléctrica Pascuales - Transelectric a nivel de 230kV.

### **1.9.2. Objetivos Específicos**

Permitir que el usuario logre:

- Identificar los elementos que pertenecen a la subestación Pascuales a nivel de 230kV.
- Analizar la lógica de operación de cada elemento que conforma una bahía.

- Comprender mediante una interfaz gráfica el funcionamiento, operación y relación de los elementos utilizados en una bahía de 230kV de la S/E Pascuales.
- Analizar los procedimientos para cada operación respecto a las condiciones iniciales de los estados de los equipos de cada bahía.
- Identificar operaciones que producen anomalías en el sistema.

#### **1.10. Recursos Tecnológicos**

Para lograr la implementación del proyecto será necesario principalmente el uso de los siguientes elementos:

- Software Matlab y sus herramientas (Guide).
- Papers de estudios relacionados a control de subestaciones eléctricas.

## CAPÍTULO 2

### 2. DESARROLLO DE LA PROGRAMACIÓN.

#### 2.1. Configuración doble barra

La configuración de doble barra aporta dos características importantes para la subestación:

- **Flexibilidad:** Es la cualidad de la subestación de adaptarse a las diversas condiciones que se puedan presentar ya sea por cambios operativos en el sistema, contingencias o mantenimientos.
- **Confiabilidad:** Es la característica que indica que una subestación puede seguir funcionando y por ende entregar energía durante un tiempo determinado a pesar que algún elemento falle o salga de servicio.

El esquema de doble barra además está diseñada para soportar en una de sus barras la capacidad de conectar a todas las alimentadores cuando suceda este evento. No obstante esta condición no es la configuración adecuada sino que debe existir un balance entre las dos barras, es decir que las cargas deben estar distribuidas entre ambas.

La flexibilidad para este esquema se da por ejemplo cuando se quiere dar mantenimiento a un disyuntor de línea, por lo tanto este equipo debe salir de funcionamiento, y para resolver esta condición lo que se hace es una transferencia al alimentador, durante este proceso en ningún momento se interrumpe el sistema, esto lleva a la siguiente configuración de la subestación:

- Una barra pasa a ser de transferencia, y la otra barra principal.
- Las dos barras se acoplan y pasan a tener el mismo potencial.
- Todas las alimentadoras se tienen que conectar a la barra principal, excepto aquella que se dará mantenimiento al interruptor que pasara a la barra de transferencia.

Cumplidas estas condiciones se procede a cerrar el seccionador de bypass con lo cual se puede abrir el disyuntor y seccionadores asociados pudiéndose dar mantenimiento necesario a los equipos. La protección de la línea ahora esta soportada por el disyuntor de acoplamiento, el cual solo está diseñado para proteger a un solo circuito, motivo por el cual no se debe conectar ningún otro alimentador a la barra que está definida como transferencia.

## 2.2. Equipos

En una subestación existen variedad de equipos que la conforman, por ejemplo algunos son elementos estructurales, otros como aislantes que aportan con la seguridad, además otros que miden las magnitudes eléctricas, envío de datos, etc. A continuación trataremos sobre los equipos de corte y seccionamiento y demás elementos asociados a ellos.

- **Barra:** Puede ser un cable flexible, o un tubo rígido o barra aplanada y puede ser de cobre o aluminio. En la subestación Pascuales la barra es de tipo conductor flexible. Es un elemento en donde concurren las corrientes del sistema, generadas por los conductores conectados a ella, que pueden ser bahías, transformadores; las barras a su vez permiten que la energía se distribuya en todos los conductores conectados a ella y así permite la energización de las subestaciones o centros de cargas.
- **Transformador/ Autotransformador:** Es el elemento más importante de una subestación eléctrica cuya función es elevar o disminuir el nivel de voltaje entrante. Los transformadores de potencia de alto voltaje pueden ser un solo equipo trifásico o puede estar compuesto de tres transformadores monofásicos con lo cual facilita el transporte y fiabilidad. Los autotransformadores se utilizan para enlazar dos sistemas de transmisión cuyos voltajes son distintos, además poseen un costo inferior a un transformador, comúnmente tienen un devanado terciario en conexión delta. A continuación se detalla las características de los autotransformadores de la subestación Pascuales. Ver Tabla 1 y 2.

Autotransformador	Marca	Potencia
ATU 3 Monofásicos	3xOSAKA	ONAN/ONAF/FOA 3 (75 / 100 / 125)
ATT 3 Monofásicos	1 OSAKA+1ABB (CENEMESA) + 1 CENEMESA	ONAN/ONAF/FOA 3 (75 / 100 / 125)

**Tabla 1: Descripción de los Autotransformadores 230/138/13.8 kV de la S/E Pascuales. [5]**

En la Tabla 1, se muestran las características técnicas de los autotransformadores de la subestación Pascuales utilizados para reducir el nivel de voltaje de 230kV a 138kV. Además reduce a un nivel de 13.8kV empleado para los equipos de medición y protección. Cada bahía está conformada por tres unidades monofásicas. Tiene además tres tipos de enfriamiento lo que significa que puede entregar más potencia.

Autotransformador	Marca	Potencia
ATR 1 Trifásico	SIEMENS	ONAN/ONAF/FOA 120 /150-200/ -
ATQ 1 Trifásico	CHINT	ONAN/ONAF/FOA 120 /150-200/ -

**Tabla 2: Descripción de los Autotransformadores 138/69/13.8 kV de la S/E Pascuales. [5]**

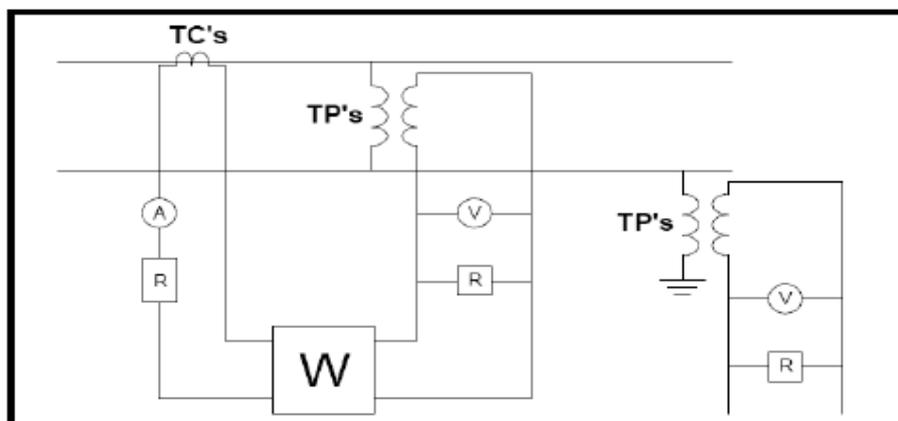
En la Tabla 2, se muestran las características técnicas de los autotransformadores que reducen el nivel de voltaje de 138kV a 69kV, además a 13.8kV usado para los mismos equipos de la bahía como medidores y relés. Los autotransformadores son dos unidades trifásicas y con tres tipos de enfriamiento.

### 2.3. Transformadores de medida y protección

Los equipos de medición y protección no están construidos para soportar elevadas corrientes ni elevados voltajes por lo tanto se deben conectar a través de los denominados transformadores de medida y protección.

Los transformadores de voltaje e intensidad mostrados en la Figura 2.1 son:

- Transformadores de corriente o intensidad (TC)
- Transformadores de voltaje o potencia (TP)



**Figura 2.1: Esquema sencillo donde se muestran un TC y dos TP uno de los cuales está conectado entre fases y el otro entre fases y tierra.**  
[6]

En la Figura 2.1, se muestra que la conexión de un CT se debe conectar en la línea que se desea medir la corriente y el TP se conecta de línea a tierra o de línea a línea.

- **Transformador de corriente (TC):** Los transformadores de corriente pueden ser de medición y protección:
- **Transformador de corriente para medición:** Estos equipos requieren reproducir lo más exacto posible la magnitud y el ángulo de fase de la corriente. Su precisión puede medir fracciones de corriente de un 10%, hasta valores que sobrepasen el 20% respecto al valor nominal. Sirven para conectar a instrumentos de medición y equipos semejantes. (10 VA Cl. 0,5 FS5, según la norma IEC 60044-1).
- **Transformador de corriente para protección:** Pueden reproducir fielmente elevadas corrientes que van de 20-30 veces la corriente nominal. Son usados para conectar a relés de protección, en el caso de los relés de sobrecorriente el ángulo de fase no es importante, en cambio para el relé de impedancia, además de la magnitud, también debe mantener el error del ángulo de fase dentro de valores permitidos. Estos

equipos están señalados con la letra P. (15 VA Cl. 10 P 10, según la norma IEC 60044-1). [14]

- **Transformador de potencial (TP):** Los transformadores de potencial se clasifican de acuerdo a la función que desempeñan y pueden ser:
- **Transformador de potencial para medida:** Su función es alimentar a equipos de medición. La característica principal es que deben ser exactos en condiciones normales de servicio. El grado de exactitud de este tipo de transformadores se mide por su clase o precisión, el cual nos da a conocer que porcentaje de error se obtiene en la medida. Según la norma IEC la clase o presión debe mantenerse cuando el voltaje que se aplica al devanado primario se encuentra en un rango del 80 al 120% de la tensión primaria nominal, además debe mantenerse cuando la carga conectada al secundario del transformador está comprendida entre el 25 y el 100% de la carga nominal y un factor de potencia inductivo de 0.8. Para los transformadores de potencial las clases normales de precisión son: 0.1-0.2-0.5-1.0-3.0.
- **Transformador de potencial para protección:** Son transformadores usados para alimentar a los relés de protección. Cuando un transformador se utiliza como medición y protección se construyen con dos devanados secundarios en el mismo núcleo magnético. Por ello la norma IEC exige que los transformadores de protección cumplan con la clase o precisión de los transformadores de medición. [14]
- **Núcleos de los equipos de medición:** Los equipos de medición de corriente están conformados por cuatro núcleos, y los de medición de voltaje por tres núcleos. Esto significa que cada equipo de medición tiene incorporado varios núcleos que miden la misma magnitud, de voltaje o corriente, pero de manera independiente, por lo tanto, si alguno falla, no afecta a los demás. [15]
- **Pararrayos:** Este equipo se encarga de descargar a tierra los sobrevoltajes o las corrientes de impulso generadas por descargas

atmosféricas, fallas a tierra, como también por las maniobras de los equipos de corte o seccionamiento.

Estos elementos ayudan a proteger a los equipos de la subestación a daños por ruptura del aislamiento debido a los sobrevoltajes transitorios, por lo tanto son de gran importancia para el sistema al actuar de limitadores de voltaje.

Los pararrayos se dimensionan de acuerdo al voltaje de línea a tierra de la fuente, estos están diseñados según la norma ANSI/IEEE C62.11. Para un nivel de voltaje de 230kV nominal y máximo 242kV se usa un pararrayo de las siguientes características como se muestra a continuación en la Tabla 3.

Circuitos con neutro sólidamente aterrizados	Circuitos con alta impedancia a tierra, no aterrizados
172-192 kV	228-240 kV

**Tabla 3: Rango de voltaje para un pararrayo variSTAR tipo AZE Arrester para un sistema de 230kV [7]**

En la Tabla 3, se muestra el rango de voltaje para un pararrayo que se puede usar en un sistema de 230kV para circuitos con neutro tanto sólidamente aterrizados como con alta impedancia.

- **IED:** Dispositivo electrónico inteligente, otorga posibilidades como autosupervisión, análisis de señales, facilidades computacionales para los algoritmos de protección y control, almacenamiento de datos, manejo de eventos y análisis de fallas. [8]

Estos elementos reducen en gran parte el espacio físico de las instalaciones de los sistemas de medición, control y supervisión, además reduce el cableado lo cual influye en una considerable reducción de costos.

Los equipos IED`s reciben las señales de los medidores de voltaje y corriente y según su programación actúan para proteger, supervisar y controlar el Sistema Eléctrico de Potencia.

Para el diseño del programa se ha considerado que por bahía existe tres IED`s que son:

- BCU: Unidad de Control de Bahía.
  - 21P: Protección Primaria.
  - 21S: Protección Secundaria.
- **Relés de protección:** Los relés son los encargados de mantener un correcto funcionamiento de un SEP (Sistema Eléctrico de Potencia) ya que corrigen, evitan o disminuyen daños en los equipos de la subestación debido a fallas o eventos anormales. [16]

En condiciones normales la función de los relés radica en mantener ciertas magnitudes eléctricas dentro de un rango adecuado por ejemplo: el voltaje, la corriente, la frecuencia, potencia activa o reactiva, mientras que otros pasan inactivos solo esperando a que suceda una falla o anomalía para actuar y así mantener SEP en óptimas condiciones, existen tres clases de prevenciones.

- Para la operación del sistema en estado normal.
- Para reducir las fallas en el sistema.
- Para reducir los efectos de una falla.

Existen una variedad de relés que de acuerdo al equipo a proteger o los problemas que se requiere solucionar se tienen los siguientes:

- Electromecánicos.
- Estáticos (electrónicos analógicos).
- Numéricos o digitales (Incorporan microprocesadores).

<b>IED`S</b>	<b>TP</b>	<b>TC</b>
<b>BCU</b>	N1	N1
<b>21P</b>	N2	N2
<b>21S</b>	N3	N3

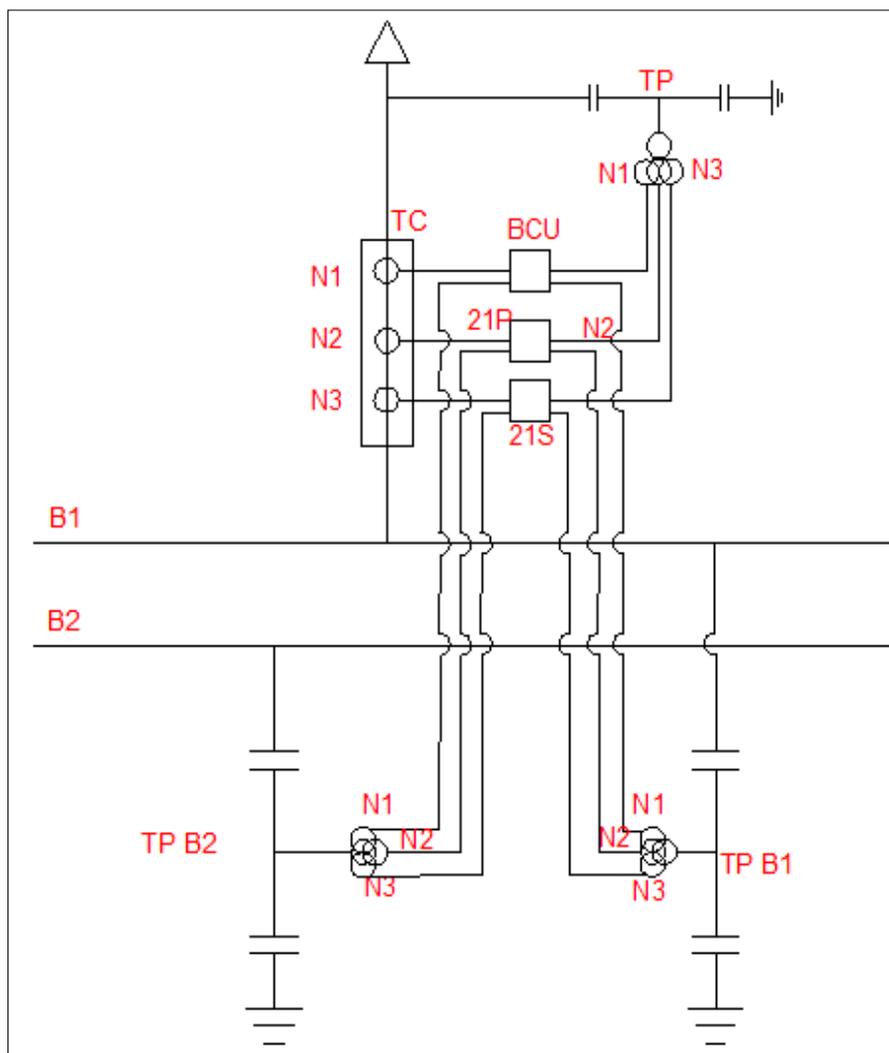
**Tabla 4: Relación real de los IED`S con los núcleos de los equipos de medición.**

En la Tabla 4, se muestra la relación de los núcleos de los equipos de medición para una S/E 230kV, cada núcleo por norma es conectado a un IED específico. Se observa que el TP y TC contienen 3 núcleos. Los Núcleos 1 están conectados a la BCU, los Núcleos 2 al 21P y los Núcleos 3 al 21S.

<b>IED`S</b>	<b>TP</b>	<b>TC</b>	<b>TP (Barra1)</b>	<b>TP (Barra2)</b>
<b>BCU</b>	N1	N1	N1	N1
<b>21P</b>	N2	N2	N2	N2
<b>21S</b>	N3	N3	N3	N3

**Tabla 5: Relación programada de IED`s con los núcleos de los equipos de medición usados en el programa.**

En la Tabla 5, se muestra TC, TP`S e IED`S que han sido implementados en la programación. Se ha considerado que en cada bahía existe un TP y un TC, adicionalmente se agregó un TP por cada barra ya que es necesario para las lógicas de operación individual de los equipos de bahía así lo requería. Su configuración es de tal manera que si falla por alguna razón un IED, pasa a controlar el siguiente según orden dado en la Tabla 2.5, esto ayuda al sistema a incrementar su confiabilidad.



**Figura 2.2: Conexión de los IED`S con los núcleos de los equipos de medición usados en el programa.**

En la Figura 2.2, se muestra la conexión de los núcleos de los TP`S y TC hacia los IED`S. Debe estar habilitado al menos un núcleo del TP y TC con su respectivo IED habilitado y en modo remoto para realizar las operaciones programadas.

#### 2.4. Enclavamientos

Son procedimientos para las maniobras de los elementos de bahía cuyo fin es resguardar la seguridad de los equipos y personal técnico, mediante una operación confiable y segura.

Un enclavamiento básico podría consistir en abrir seccionadores cuando no exista circulación de corriente. De producirse aquello el equipo se someterá un gran arco eléctrico que acabara con la vida del equipo, como también atentando contra la seguridad del personal.

El disyuntor es el único equipo capaz de abrir y cerrar un circuito bajo carga, ya que está diseñado para extinguir un arco eléctrico con seguridad, pero también debe existir otras condiciones para su operación, por ejemplo los seccionadores adyacentes deben estar cerrados; por lo tanto todos los equipos tienen una lógica de operación que deben seguir para una maniobra segura.

Al momento de definir las lógicas para las maniobras de los distintos equipos de bahía en las subestaciones se debe tener en cuenta varios condicionantes:

- **Condicionantes técnicas de seguridad:** Engloba la seguridad de los propios equipos y del personal técnico. Ciertos equipos de maniobra solo pueden actuar en determinadas condiciones (Las operaciones de los seccionadores deben ser sin corte de potencia, o el bloqueo de un disyuntor por alarma del nivel de SF6).
- **Criterios de operación:** Determinado por cada compañía (por ejemplo el bloqueo al cierre del interruptor de baja tensión cuando el lado de alta tensión está abierto, con el objetivo de no energizar por el lado de baja tensión.)

Ahora se tratará los distintos tipos de enclavamientos:

- **Enclavamientos mecánicos:** Un ejemplo es el enclavamiento a la operación entre un seccionador de puesta a tierra y el seccionador de línea.
- **Enclavamientos cableados:** Emplean los contactos de los mismos equipos o de relés auxiliares en lógicas cableadas.
- **Enclavamientos programados:** Con el uso de un equipo electrónico (Unidad de control de bahía) que ejecute de manera lógica maniobras programadas. Este IED debe conocer todos los estados de los equipos para realizar la maniobra.

Los principios básicos para los enclavamientos dependiendo del tipo de tecnología (aislamiento en aire, GIS, cabinas blindadas, etc.) o del nivel de tensión (AT o MT) serán ligeramente diferentes, pero de forma general se tendrá los siguientes criterios:

- **Seccionador de puesta a tierra de línea:** Solo pueden cerrarse cuando:
  - No hay energía en la línea.
  - El seccionador de bypass asociado este abierto.
  - Seccionador 1 abierto.
- **Seccionador de puesta a tierra de barra:** Solo pueden operar cuando la barra esta desenergizada y además ningún seccionador selector de barra está cerrado.
- **Seccionador asociado al disyuntor:** Operan solamente cuando el disyuntor asociado está abierto.
- **Seccionador de bypass:**
  - En caso de estar energizada la línea, cuando el disyuntor y seccionadores asociados están cerrados puede operar.
  - En caso de estar desenergizada la línea, cuando la barra a usarse como transferencia se encuentra desenergizada y el disyuntor y seccionadores asociados están abiertos.
- **Seccionador selector de barra:**
  - Operar solo cuando los seccionadores de puesta a tierra de la barra está abierto.
  - Cuando el disyuntor asociado a la línea se encuentra abierto.
- **Disyuntor acoplador de barras:** La transferencia puede hacerse en frio o en caliente y solo a un circuito, los demás pasan a conectarse a la otra barra. Cuando ha sido cerrado el disyuntor acoplador de barras se tiene que transferir las protecciones. Puede operar cuando:
  - Los seccionadores asociados están abiertos o cerrados.

Las secuencias lógicas para abrir o cerrar individualmente los elementos tratados anteriormente se pueden ver en el ANEXO A.

## 2.5. Nomenclatura empleada para los elementos de bahía

Los equipos de bahía que integran el SNI poseen una nomenclatura definida, no obstante para este proyecto se ha añadido una más, de tal manera que se ha antepuesto la letra P, esto para hacer referencia a la subestación que trabajamos en el programa que es Pascuales. A continuación se detalla el significado:

- La primera letra indica el nombre de la subestación. En cualquier otra subestación que forma parte del SNI este carácter no se considera, solo se usó para este programa.

PASCUALES: (P)

- Los dos dígitos siguientes indican si se trata de un disyuntor o un seccionador.

Disyuntor: (52)

Seccionador: (89)

- El cuarto dígito indica el nivel de voltaje al cual se encuentra el equipo.

69kV: (0)

138kV: (1)

230kV: (2)

- El quinto dígito o letra corresponde a identificar la posición del equipo dentro de la subestación

Para líneas: 1, 2, n

Para nuestro proyecto existen 8 bahías que están distribuidas de la siguiente manera:

1: Quevedo 2

2: Quevedo 1

3: Milagro

4: Dos Cerritos

5: Las Esclusas

6: Nueva Prosperina

7: Molino 2

8: Molino 1

Para transformador: T, U, V

Para bahía de acoplamiento:  $\phi$  se usa en la nomenclatura del SIN, pero en nuestro programa se optó por cambiar a la letra F.

- El sexto dígito señala la función del equipo en la subestación.

1: Seccionador de bahía cercano a la barra.

2: Disyuntor.

3: Seccionador de bahía lejano a la barra.

4: Seccionador de puesta a tierra de línea.

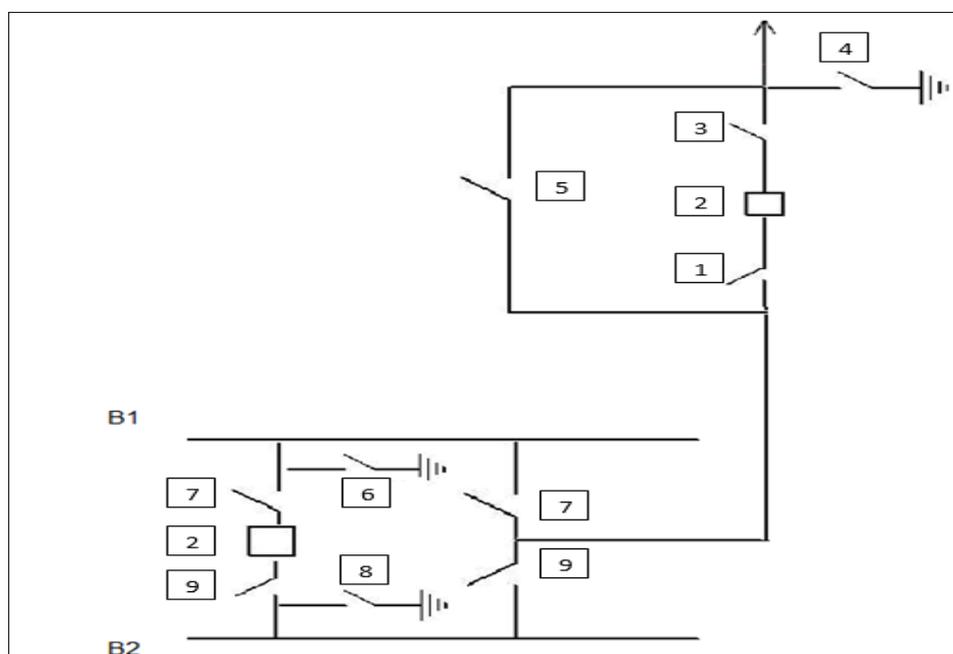
5: Seccionador de bypass.

7: Seccionador selector de Barra 1.

9: Seccionador selector de Barra 2.

6: Seccionador de puesta a tierra de Barra 1.

8: Seccionador de puesta a tierra de Barra 2.



**Figura. 2.3: Diagrama unifilar de una bahía de 230kV**

En la Figura 2.3, se observa el diagrama unifilar de una bahía. Cabe recalcar que los números en los cuadros indican la función de los elementos en la bahía.

Para comprender lo descrito a continuación se explicará la nomenclatura del seccionador P89221 y del disyuntor P52231.

#### **P89221**

- La primera letra, P, indica que el elemento pertenece a la subestación Pascuales.
- Los siguientes dos dígitos, 89, indican que es un seccionador.
- El cuarto dígito, 2, señala que está en el nivel de 230kV.
- El quinto dígito, 2, indica la posición de la bahía en la subestación. En este caso pertenece a Quevedo 1.
- El último dígito, 1, indica la función del equipo en la bahía, en este caso corresponde al seccionador más cercano a la barra.

#### **P52231**

- La primera letra, P, indica que el elemento pertenece a la subestación Pascuales.
- Los siguientes dos dígitos, 52, indican que es un disyuntor.
- El cuarto dígito, 2, señala que está en el nivel de 230kV.
- El quinto dígito, 2, indica la posición de la bahía en la subestación. En este caso pertenece a Milagro.
- El último dígito, 1, indica la función del equipo en la bahía, en este caso corresponde al seccionador más cercano a la barra.

### **2.6. Programación en Matlab**

La programación está orientada a las operaciones de control de maniobras de una subestación eléctrica 230kV con una configuración de doble barra.

Para el desarrollo del programa se usó “Matlab R2015a” debido a que cuenta con herramientas que permite visualizar datos tabulados. Esta función se utilizó para mostrar los procedimientos de las maniobras. La ejecución de programa se desarrolla con un procedimiento en la Ventana de Comandos (Command

Window), una botonera mediante la función “menu” y una interfaz gráfica mediante la función “GUIDE”.

La operación de un elemento se realiza usando la botonera de acuerdo al procedimiento mostrado en el Command Windows y cada maniobra se refleja en la interfaz gráfica. Las operaciones que realiza el programa son: Energización, desenergización, transferencia y operación individual.

El usuario puede ingresar condiciones que genere problemas en el sistema tales como: cortocircuito, voltajes fuera de rango permitido, corrientes capacitivas, etc. El programa genera soluciones donde el usuario podrá decidir si desea corregir los problemas y así continuar las operaciones.

### **2.6.1. Generación y cargas implementadas en el programa**

De acuerdo al sistema real de la subestación Pascuales a nivel de 230kV y tomando como referencia al flujo de potencia del SCADA de Transelectric, las líneas que aportan potencia a la barra son:

- Molino 1
- Molino 2
- Milagro
- Dos Cerritos

En cambio el flujo de potencia que sale es de las líneas:

- Quevedo 1
- Quevedo 2
- Nueva Prosperina
- Las Esclusas

Si una línea de generación saliera, también se debería desconectar carga, por lo tanto hubiera sido necesario hacer un flujo de potencia para cada operación. Dado que este proyecto orientado al control de maniobras, se ha considerado que las alimentadoras pueden conectarse o desconectarse sin tomar en cuenta un balance de potencia, pero si se ha

considerado ciertas condiciones en el programa, tal como se mencionan a continuación:

1. Será generación y establecerá el voltaje a las barras acopladas la primera bahía en ser conectada. Las demás bahías energizadas se considerarán cargas y obtendrán el voltaje de las barras acopladas.
2. Si no están acopladas las barras, el primer alimentador que se conecte a ellas establecerá el voltaje y será generación para la barra seleccionada. Las bahías que se conecten a cada barra serán cargas y obtendrán el voltaje de su respectiva barra.
3. Si se cumple el punto "2" puede ser que ambas barras tengan diferente nivel de voltaje y se requiera realizar acoplamiento de barras. En este caso se necesita definir que alimentadora establecerá el voltaje, por lo tanto se ha construido un orden jerárquico de las bahías de acuerdo a máximo nivel de potencia que pueden transmitir. A continuación se muestra la Tabla 6.

<b>Orden de jerarquía</b>	<b>Bahía</b>	<b>Capacidad de transmisión MW</b>
1	Milagro	160
2	Molino 2	157
3	Molino 1	151
4	Nueva Prosperina	84
5	Dos Cerritos	61
6	Quevedo 2	23
7	Quevedo 1	23
8	Las Esclusas	3

**Tabla 6: Orden de jerarquía de las bahías de acuerdo a la potencia que transmiten. [9]**

De acuerdo a la Tabla 6, aparece el orden de las bahías en base a la potencia que pueden transmitir sin importar si en el sistema real el flujo de potencia está entrando o saliendo.

Cualquier alimentadora de la Tabla 6, podrá ser generación al conectarse a las barras.

### 2.6.2. Botoneras

La incorporación de botoneras en el programa fue para que su uso sea didáctica para el usuario, ya que cada botonera representaría un elemento de la bahía. También fue incorporada una interfaz gráfica ("GUIDE") el cual ayudará visualizar los seccionadores y el disyuntor de una bahía con la finalidad de apreciar cómo se realiza la apertura y cierre de estos elementos por medio de las botoneras. A pesar que la utilidad del programa es para fines académico, se espera que el usuario se familiarice como es el control en subestaciones por medio de botonera e interfaz gráfica.

### 2.6.3. Matrices usadas en el programa

A continuación se describirá el funcionamiento de las matrices usadas en el programa.

**codigos, códigos\_Trafo, acople:** Al contener los nombres de todos los elementos de la subestación a nivel de 230kV es usada cuando se muestra procedimientos, operaciones y mensajes en cualquier operación.

**v\_gene\_g:** Cada alimentador tiene un voltaje, cuando por primera vez se energiza la barra, esta tomará el valor de voltaje del alimentador elegido. En caso que se desenergice el alimentador que estableció el voltaje en las barras, pasará ahora como voltaje de barra aquel voltaje de otro alimentador que esté conectado, si es que existen más de dos alimentadores conectados, existe una jerarquía con que se rige el programa dado a continuación:

1. Milagro
2. Molino 2

3. Molino 1
4. Nueva Prosperina
5. Dos Cerritos
6. Quevedo 2
7. Quevedo 1
8. Las Esclusas

**V\_anillo:** Después de que los alimentadores han sido desenergizados las barras quedarían sin alimentación lo que provocaría que toda la subestación quede sin voltaje, entonces para evitar esto, el programa fue diseñado para que las barras mantengan el valor de voltaje de este vector, asumimos esto ya que en la vida real nunca debería suceder que las barras queden sin alimentación.

**estados:** Esta matriz contiene los estados, abierto o cerrado de todos los equipos de la subestación, excepto la bahía de acoplamiento. Esta es la más importante en el programa ya que dependiendo de los estados se ejecuta las cientos de operaciones, tanto para una energización, transferencia y operación individual. La matriz puede ser manipulada antes de ejecutar el programa poniendo aleatoriamente los estados y aun así el programa está en capacidad de resolver cualquier caso; el valor 1 significa cerrado, 0 es abierto. Si ingresa un dígito diferente a 0 o 1, la programación no lo reconocerá y el programa no ejecutara las operaciones programadas porque se producirá un error.

**estad\_acople:** Es un vector que contiene información de los estados de la bahía de acoplamiento, el uso es análogo a lo explicado para la matriz estados.

**IP:** En esta matriz tiene valores de corriente que circula por alimentador aunque no esté energizado, esto se debe a que las líneas de transmisión poseen capacitancia y cuando están energizadas circulan corriente. El primer elemento de una bahía es un seccionador el cual solo puede abrir o cerrar sin presencia de corriente, pero se ha considerado que máximo puede operar cuando exista una corriente menor de 20A caso contrario la

bahía no se puede operar y el programa dará la opción de corregir de tal manera que ya no habrá circulación de corriente.

**ON\_OFF:** Aquí se encuentran las condiciones de buen o mal estado de todos los elementos de bahía, excepto de transferencia. Para ejecutar cualquier operación se requiere que los equipos siempre estén en buen estado pero en caso que no lo estén el programa puede cambiarlos a buen estado para que la operación pueda continuar; el valor 1 significa buen estado y 0 mal estado.

**L\_R:** Contiene información sobre la comunicación de los equipos de bahía, excepto de transferencia. Al estar ubicados en el nivel tres se requiere que el equipo este en modo remoto para ejecutar cualquier operación y en caso que no cumpla, es decir que este en modo local, el programa tiene la opción de llevarlo a modo remoto para que se pueda continuar con la operación; el valor 1 significa remoto y 0 local.

**Mecanismo:** Contiene información de cada elemento si este presenta o no fallas en el mecanismo para su operación, lo ideal es que no presente alguna falla, caso contrario el programa no podrá operar sobre el elemento; el valor 1 significa que falla de mecanismo y 0 no falla de mecanismo.

**Bloqueo\_SF6:** Cada interruptor posee gas SF6 el cual es usado para extinguir el arco cuando ocurre una apertura. Existe un interruptor por bahía y otro destinado al acoplamiento de barras. Puede darse el caso que el nivel de gas o la presión no sea el adecuado y esto conlleva a que el equipo tenga problemas en la operación, por lo tanto esta señal indica el estado de todo lo relacionado al SF6; el valor 1 significa que existe falla y 0 que no existe falla. Los valores de la segunda fila corresponde a los estados de lo mencionado, los demás valores de la matriz no afecta en la programación ya que están presente solo por facilidad del programa.

**Acople\_SF6:** Indica el estado del gas SF6 del interruptor de la bahía de acoplamiento. Al igual que la matriz Bloqueo\_SF6 bloquea la operación del equipo si el valor es 1, pero si es 0 significa que no hay problema y

puede operar con normalidad. Las operaciones usadas son para el acoplamiento de barras o para transferencia.

**estados\_trafos:** Corresponde a los estados de las dos bahías de los transformadores ATT y ATU de 230/138 kV.

En esta matriz se podrá cambiar los estados o realizar alguna operación con los transformadores tales como energización o transferencia. En caso que los transformadores estén energizados y se requiera hacer transferencia a un alimentador, el programa está en capacidad de operar sobre los seccionadores selectores de barra lo cual no afecta su funcionamiento, además si un transformador ha sido transferido y se desea hacer transferencia a una línea, el programa será capaz de desactivar la transferencia del transformador de manera automática siempre y cuando el usuario decida desactivarla.

Si el usuario ha transferido un transformador (estados\_trafo) y un alimentador por medio de la matriz "estados" y "estad\_acople", el programa muestra la opción de desactivar el transformador, para posteriormente continuar el programa. Si el usuario decide no desactivar, el programa no podrá continuar.

**medidores\_TP:** Cada alimentador tiene tres equipos IED's que son la BCU, 21P y 21S donde llegan las señales de los núcleos (núcleo 1, núcleo 2, núcleo 3) de los TP's y TC's. En esta matriz se tienen los estados de los IED's siendo 1 como habilitado y 0 dañado. Estos equipos tienen que estar en buen estado cuando se realiza una operación ya sea energización, transferencia u operación individual. El programa está en capacidad de cambiar a buen estado en caso que no lo esté y así poder continuar con alguna operación.

**medidores\_TP\_COMUN:** Los equipos IED's también poseen un modo local o remoto y es necesario que siempre estén en modo remoto para que una operación, como energización, transferencia u operación individual, se pueda ejecutar. Cuando ya se está realizando una operación

el programa identifica si está en el estado adecuado, en caso de no estar tiene la opción de cambiar a remoto.

TP\_NUCLEOS, TC\_NUCLEOS, TP\_NUCLEOS\_B1, TP\_NUCLEOS\_B2. Existe un TP y un TC por bahía y un TP por barra y está formado por 3 núcleos cada uno, y existe una matriz que contiene los estados de los mismos, si está en 1 el núcleo está en buen estado, en 0 está dañado. Estos elementos de medición núcleo 1, núcleo 2 y núcleo 3 van conectados a los IED`s BCU, 21P y 21S respectivamente. Para las operaciones como energización, transferencia u operación individual es necesario que estén en buen estado un núcleo de cada medición, es decir por lo menos debe estar en buen estado el núcleo 1, núcleo 2 o núcleo 3, tanto en el TP como en el TC para que se pueda ejecutar la operación, pero en caso que no cumpla el programa está diseñado para cambiar el estado y así poder habilitarlos.

**Medicion\_barras:** Esta matriz almacena el valor de los voltajes que adquiere cada barra, es necesaria porque en las lógicas de algunos equipos, como los seccionadores de puesta a tierra de las barras, tiene que medir si existe o no voltaje para su operación, además es donde se toma el voltaje que adquiere un alimentador cuando se energiza desde una barra o se hace transferencia. En la opción de operación individual se puede observar con más detalles estas operaciones.

#### 2.6.4. Ejecución del programa

Pasos para la ejecución del programa se mencionará a continuación:

1. Abrir "Matlab R2015a" o versiones posteriores de la misma.
2. Dar clic en "Browse for folder" y seleccionar la carpeta "Proyecto\_Integrador\_Lozada\_Quezada".
3. En "Current Folder" abrir el archivo "Proyecto\_Integrador\_ejemplo\_base.m".
4. Plantear las condiciones iniciales en las matrices del archivo abierto.
5. Dar clic en "RUN" o pulsar "F5".

### 2.6.5. Condiciones anormales programadas

Las condiciones anormales mostradas a continuación, se han considerado en el programa con la finalidad de ilustrar la importancia de cómo repercute en el funcionamiento del sistema de control, así como también ampliar los conocimientos al usuario y pueda relacionar las enseñanzas académicas al hacer uso de este programa. La programación cuenta con reparaciones de las anomalías que el mismo usuario las podría plantear como condición inicial.

Las condiciones anormales que afectan al sistema y que es necesaria su reparación al iniciar el programa son:

- **IHM:** Se ha considerado hacer énfasis para que el usuario tenga presente que el programa debe realizar operaciones desde una comunicación de modo LOCAL. Recordar que el programa simula el centro de control de una subestación dentro de los niveles de automatización. Por lo tanto, si el usuario plantea el sistema en modo remoto desde el documento “Proyecto\_Integrador\_ejemplo\_base” en el vector “IHM” cuyo valor debe ser “1” que es el que representa el modo Remoto, tendrá la necesidad de cambiar la comunicación para poder hacer uso del programa. Si llegase a no cambiar la comunicación, no podrá hacer uso del programa. Debido a esto, en la programación se ha condicionado que aparezca un mensaje indicando que el sistema se debe trabajar desde el modo Local. El usuario podrá solucionar esta condición anormal de manera automática.
- **Cortocircuitos:** Se considera un cortocircuito cuando existe un camino que conduce a tierra, dicho camino lo proporcionan los seccionadores selectores de barra con ayuda del seccionador bypass o el disyuntor con sus respectivos seccionadores asociados y el seccionador de puesta a tierra, esto es para las bahías de las alimentadoras. Para la bahía de acople, el camino lo proporciona los seccionadores de puesta a tierra de cada barra.

Debido a que el usuario puede plantear un cortocircuito desde el documento "Proyecto\_Integrador\_ejemplo\_base" en la matriz "estados". Por esta razón, en la programación se ha condicionado que aparezca un mensaje indicando que existe cortocircuito y la vez muestre la bahía desde una interfaz gráfica. El usuario podrá solucionar esta condición anormal de manera automática. Si el usuario no soluciona el cortocircuito, no podrá hacer uso del programa.

- **Corrientes capacitivas:** La existencia de corrientes capacitivas suele darse por la misma capacitancia de la línea, es por eso que ha sido considerada como una anomalía. Debido a que el usuario tiene la opción de plantear la existencia de corrientes capacitivas desde el documento "Proyecto\_Integrador\_ejemplo\_base" en la matriz "IP", para cualquier alimentadora. El programa será capaz de identificar y mostrar un mensaje indicando la presencia de la misma. Por tal razón el programa otorga la opción de reparar dicho problema de manera automática. Estará a la decisión del usuario en arreglar esta condición, pero si decide no arreglar, el programa no podrá seguir funcionando.

A continuación se muestra condiciones anormales que afectan al sistema y que la reparación se realiza en el transcurso de una operación:

- **Voltaje fuera de rango:** El análisis de voltaje ha sido considerado debido a que podría darse el caso que el voltaje de alguna alimentadora se encuentre fuera del rango permitido, independientemente de cual sea la causa. El programa es capaz de comparar el valor de voltaje de la alimentadora que el usuario desee energizar o transferir, con la finalidad de verificar si dicho valor se encuentra dentro del rango permitido. Debido a que el usuario tiene la opción de plantear que el voltaje se encuentre fuera del rango establecido desde el documento "Proyecto\_Integrador\_ejemplo\_base" en la matriz "v\_gene\_g". Por tal razón el programa muestra la opción de reparar dicho problema

de manera automática. Si el usuario decide solucionar esta condición anormal, el programa regulará de manera automática un valor de voltaje de 230kV en la alimentadora que surja el problema. Si el usuario decide no solucionar el problema, el programa no podrá seguir funcionando.

- **Transferencia posterior a una transferencia:** La necesidad de considerar esta condición anormal es debido a que el usuario requiera realizar una segunda transferencia. Independientemente de que la transferencia se haya realizado desde la opción “Transferencia” o se planteó como condición inicial desde el documento “Proyecto\_Integrador\_ejemplo\_base” en las matrices “estados” y “estad\_acople” cuando se trate de un alimentador o “estados” y “estados\_trafos” cuando se trate de un transformador; el programa no permite realizar una segunda transferencia y mostrará un mensaje indicando que no será posible realizar dicha operación. Si el usuario desea realizar otra transferencia, tendrá que desactivar la bahía que se encuentre hecha la transferencia. En caso de que exista una transferencia de la bahía de transformadores, el programa desactivará de manera automática y así podrá realizar la transferencia requerida.

#### 2.6.6. Procedimientos programados en el software Matlab

A continuación se enuncia los procedimientos para ejecutar las operaciones del programa. Además se muestra el procedimiento real y procedimiento programado.

- **Procedimiento real:** Reúnen las condiciones que en una subestación es necesario cumplir.
- **Procedimiento programado:** Trata sobre las características del programa.

En el ANEXO D se encuentran ejemplos de los procedimientos programados para una operación de una bahía.

## **Energización de una línea**

### **Procedimiento real**

Esta maniobra permitirá energizar una línea de transmisión conectándose a una de las barras de tal manera que permite el flujo de potencia hasta otra subestación.

Condiciones previas:

- Los siguientes equipos de bahía deben estar abiertos:
  1. Disyuntor.
  2. Seccionadores asociados, cercano a la barra y alejado a ella.
  3. Seccionador de puesta a tierra.
  4. Seccionador de bypass.
- Una o ambas barras se encuentran energizadas.

Pasos para la operación:

1. Cerrar el seccionador selector de barra eligiendo aquel donde la barra esta energizada.
2. Cerrar los seccionadores asociados al interruptor.
3. Cerrar el disyuntor.

### **Procedimiento programado**

El programa es capaz de realizar una energización a una línea independientemente del estado inicial de los equipos, esto quiere decir que si están cerrados algunos de los elementos que no afectan en el procedimiento de la energización, sería redundante abrir un elemento si luego se tendrá que cerrar. Manteniendo siempre la lógica que el disyuntor es el último equipo en que debe cerrar el circuito.

Son siete equipos por bahía lo que significa que se tendría  $2^7 = 128$  casos diferentes en que pueden estar los elementos de una bahía. Se utilizó la conocida lógica binaria para analizar los estados de los equipos y así construir los procedimientos para cada caso. A continuación se explicará en detalle:

- 0= Equipo abierto
- 1= Equipo cerrado

Caso	EQUIPOS						
	P892N9	P892N7	P892N5	P892N4	P892N3	P522N2	P892N1
1	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	1
3	0	0	0	0	0	1	0
:	:	:	:	:	:	:	:
119	1	1	1	0	1	1	0

**Tabla 7: Estados Abierto/Cerrado de los equipos de bahía**

Como se puede observar en la Tabla 7, existen equipos que ya están cerrados, como el seccionador del caso 1, aquí lo que el programa hace es dejar como está el elemento y continuar con la secuencia para la energización, ya que no afecta que este equipo ya haya estado cerrado. Para el caso 3 donde el interruptor está cerrado aquí si es necesario abrirlo para cerrarlo como último elemento.

Después de formar toda la tabla del ANEXO C se encontró casos en los cuales no era posible proceder a una energización ya que se generaban bahías en cortocircuito o ya estaba energizada previo a la ejecución del programa.

Existe una gran cantidad de casos de estados de los elementos de bahía que se puede presentar previo a la ejecución del programa, estados que generan bahías energizadas, corto circuito, etc. A continuación se explica en detalle estos casos especiales:

#### Bahías energizadas

Caso	EQUIPOS						
	P892N9	P892N7	P892N5	P892N4	P892N3	P522N2	P892N1
40	0	1	0	0	1	1	1
49	0	1	1	0	0	0	0
72	1	0	0	0	1	1	1
:	:	:	:	:	:	:	:
120	1	1	1	0	1	1	1

**Tabla 8: Estados de los elementos que cumplen una energización de bahía.**

Mediante la configuración mostrada en la Tabla 8 se observa que una bahía puede estar ya energizada, por lo tanto el programa la identifica y no realiza ninguna operación en el caso que se realice la operación de energización.

#### Bahías en corto circuito

Caso	EQUIPOS						
	P892N9	P892N7	P892N5	P892N4	P892N3	P522N2	P892N1
48	0	1	0	1	1	1	1
89	1	0	1	1	0	0	0
90	1	0	1	1	0	0	1
:	:	:	:	:	:	:	:
128	1	1	1	1	1	1	1

**Tabla 9: Estados de los elementos que producen cortocircuito en la bahía.**

Existen configuraciones que los estados de los elementos de bahía que producen cortocircuito, tal como se muestra en la Tabla 9, entonces cuando aparecen estos casos antes que el programa muestre el menú principal lo que se hace es llevar todos los equipos a estados abiertos, excepto el seccionador puesta a tierra.

#### Energización de una barra a través de una línea

##### Procedimiento real

Con esta operación lo que se conseguirá será energizar una de las barras por medio de una línea que previamente esta energizada desde otra subestación.

##### Condiciones previas:

- La línea a conectarse a una barra esta energizada desde otra subestación.
- Los siguientes equipos de la bahía correspondiente deben estar abiertos:
  1. Seccionador selector de barra.
  2. Seccionador de bypass.

3. Seccionador de puesta a tierra de la barra que será energizada.

Pasos para la operación:

1. Cerrar el seccionador selector de barra.
2. Cerrar los seccionadores asociados el disyuntor.
3. Cerrar el disyuntor.

### **Procedimiento programado**

En el programa se ha considerado que esta situación ocurre solo cuando ninguna barra esta energizada. Para el programa la primera línea que se conecte a la barra definirá voltaje de referencia, por lo tanto si hace energización de una bahía esta obtendrá el voltaje de barra.

Como la configuración es doble barra, si no están acopladas, la segunda barra puede ser energizada por otra línea con otro valor de voltaje con respecto a la Barra 1.

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

#### **Procedimiento real**

Cuando una de las barras esta energizada, esta maniobra permite la energización de la otra mediante el acoplamiento, que es el estado típico de una subestación de doble barra.

#### **Condiciones previas**

- Una de las barras esta energizada.
- El seccionador de puesta a tierra de la otra barra está cerrado.

Pasos para la operación:

1. Abrir el seccionador de puesta a tierra de la barra a energizar.
2. Cerrar los seccionadores de acoplamiento.
3. Cerrar el disyuntor de acoplamiento.

### **Procedimiento programado**

El acoplamiento de barras es una característica de la configuración de doble barra, por lo tanto el programa realiza esta operación automáticamente cuando se realiza la energización de una bahía, por lo tanto si solo la Barra 1 o Barra 2 está energizada cuando se realiza el acoplamiento ambas barras obtendrán el valor de voltaje de la Barra 1 o 2 según sea el caso.

Cuando cada barra está energizada por líneas cuyos voltajes son diferentes se ha considerado que las barras obtendrán el voltaje de la línea que mayor capacidad o potencia entrega al sistema. Con respecto al programa se puede comprobar estas operaciones en el menú seleccionando la opción "OPERACIÓN INDIVIDUAL".

### **Desenergización de una línea**

#### **Procedimiento real**

Se refiere a la desconexión de líneas donde está fluyendo potencia, ya sea por alivio de carga, sobrecarga o mantenimiento.

#### **Condiciones previas**

- La línea está conectada desde una de la barras.
- El seccionador de bypass está abierto.

#### **Pasos para la operación**

1. Abrir el disyuntor de línea.
2. Abrir los seccionadores asociados al interruptor.
3. Abrir el correspondiente seccionador selector de barra.
4. Cerrar el seccionador de puesta a tierra, se debe tener en cuenta que la línea este desconectada desde el otro extremo de la línea.

### **Procedimiento programado**

La desenergización de una bahía sigue la secuencia mostrada anteriormente en el procedimiento real, por lo tanto el programa

solamente realizará esta operación cuando cumpla la condición que una bahía esta energizada.

### **Activación de Transferencia**

#### **Procedimiento real**

En condiciones de energización una línea puede necesitar mantenimiento de su interruptor y no se debe interrumpir el flujo de potencia, es por ello que se utiliza el bypass elemento el cual permitirá crear un camino paralelo al interruptor y aislarlo, consecuentemente las protecciones pasar al interruptor de acoplamiento, en este caso la subestación pasa a tener una configuración de Barra Principal y Barra de Transferencia.

**CASO 1:** La línea que se hará transferencia se encuentra energizada

#### **Condiciones Previas**

- El alimentador esta energizado desde una de las barras.
- Las barras están acopladas. Los siguientes equipos están cerrados:
  1. Seccionadores de acoplamiento.
  2. Disyuntor de acoplamiento.

#### **Pasos para la operación**

1. Pasar todos los alimentadores y transformadores energizados a la barra que funcionara como barra principal a través de los seccionadores selectores de barra.
2. Conectar la bahía que se va a transferir a la barra de transferencia.
3. Cerrar el seccionador de bypass de la bahía a transferir.
4. Llevar las protecciones del disyuntor de línea al disyuntor de acoplamiento.
5. Abrir el disyuntor de línea de la bahía a transferir.
6. Abrir los seccionadores asociados al disyuntor.

**CASO 2:** La línea a transferir se encuentra desenergizada**Condiciones previas**

- Las barras están acopladas. Los siguientes equipos están cerrados:
  1. Seccionadores de acoplamiento.
  2. Disyuntor de acoplamiento.

**Pasos para la operación:**

1. Pasar todos los alimentadores y transformadores energizados a la barra que funcionara como barra principal a través de los seccionadores selectores de barra.
2. Abrir el disyuntor de acoplamiento.
3. Cerrar el seccionador selector de barra conectándose a la barra de transferencia.
4. Cerrar el seccionador de bypass correspondiente a la bahía a transferir.
5. Cerrar el disyuntor de acoplamiento.

**Procedimiento programado**

El programa ejecuta por medio de las secuencias establecidas en el procedimiento real. Además puede resolver casos en los cuales no cumplan las condiciones previas tal como se enuncian a continuación:

- Que los estados de los equipos estén aleatoriamente, siempre y cuando no produzcan una operación anómala en el sistema.
- La bahía de acoplamiento puede estar o no cerrada.

Además el programa está en capacidad de identificar los siguientes casos:

- Si alguna bahía está ya en transferencia antes de arrancar el programa. Lo que hace es: dar un mensaje que ya está en transferencia una bahía.

- Si dos o más bahía están en configuración de transferencia. Solamente puede haber una bahía en transferencia, por lo tanto si ocurre este caso lo que hace el programa es dejar en transferencia a la primera bahía según el orden establecido en el unifilar y las demás pasarán a ser energizadas correctamente.
- Cuando un transformador está en transferencia el programa tiene la capacidad de desactivarlo y así no haya problema para realizar transferencia a un alimentador.

### **Desactivación de Transferencia**

#### **Procedimiento real**

Con esta operación volverá a funcionar el interruptor de línea como también pasará a restablecerse la configuración de doble barra principal de la subestación.

#### **Condiciones previas:**

- Una línea está en transferencia.

Pasos para la operación:

1. Cerrar los seccionadores asociados al disyuntor de línea.
2. Cerrar el disyuntor de línea.
3. Llevar las protecciones del disyuntor de acoplamiento hasta el disyuntor de línea.
4. Abrir el seccionador de bypass.

La configuración de doble barra se ha restituido y además las barras están acopladas, ahora se debe establecer si se mantiene, ya que es lo común, repartiendo los circuitos entre ambas barras o si se mantiene solo una energizada en este caso todas las líneas pasaran a conectarse a una sola.

#### **Procedimiento programado**

El programa sigue las mismas secuencias descritas anteriormente en el procedimiento real.

### 2.6.7. Lógicas operación individual

A continuación se muestra la explicación de las lógicas de cada elemento correspondiente a las bahías. El quinto dígito corresponde a la posición de la bahía en la subestación, debido a esto se utilizará la letra “N” para nombrar de manera general los elementos de bahía y para los elementos de la bahía de acople se mantendrá su nomenclatura. Las maniobras de estos elementos se las pueden realizar desde el documento “Proyecto\_Integrador\_ejemplo\_base” en la matriz “estados”, siempre y cuando se trate de los elementos (P892N1, P892N3, P892N4, P892N5, P892N7, P892N9). Pero si se trata de los elementos de la bahía de acople, las maniobras se las pueden realizar desde el “Proyecto\_Integrador\_ejemplo\_base” en la matriz “estad acople” ósea para los siguientes elementos (P892F6, P892F7, P892F8, P892F9, P892F2). Además, se deberá considerar que todos los equipos no se encuentren en falla y que estén configurados para recibir operaciones de manera remota.

**Apertura/Cierre de P892N1 y P892N3:** Los elementos P892N1 y P892N3 conocido como seccionadores asociados al disyuntor pueden operar al previo cierre de su disyuntor asociado para así aportar con la energización de la bahía sin bypass por lo que ayudarían con el cierre del circuito. Esto quiere decir que pueden operar únicamente cuando su disyuntor asociado se encuentre abierto. Posterior a la apertura de estos elementos lo que consiguen es aislar al disyuntor ante cualquier situación posible en el sistema.

**Apertura/Cierre de P892N4:** El cierre del elemento P892N4 conocido como seccionador de puesta a tierra es posible cuando la bahía se encuentre desenergizada o no exista camino cerrado desde la barra hacia la carga. Brinda seguridad hacia el personal que realice trabajos en la bahía, por eso es que es el último en operar cuando se realiza la desenergización.

Para fines académicos, el usuario podrá cerrar el seccionador como condición inicial previo a la ejecución del programa con el propósito que pueda observar en que repercute el cierre en el sistema.

**Apertura/Cierre de P892N5:** La operación del elemento P892N5 conocido como seccionador de bypass está dirigido para realizar una transferencia, ya sea que previamente la alimentadora se encuentre energizada o desenergizada. Cabe recalcar que una vez que el disyuntor de la propia bahía esté fuera de servicio ya sea por mantenimiento o por daño, y el seccionador de bypass se encuentre cerrado, el disyuntor del acople pasará ser el disyuntor de la bahía que se encuentre en transferencia. Cuando una bahía esta desenergizada se puede utilizar el bypass y el circuito se cerrará con el disyuntor de acople.

**Apertura/Cierre de P892N7 y P892N9:** La función de los elementos P892N7 y P892N9 conocido como seccionador selectores de barra es de seleccionar la barra que se desea conectar la alimentadora. No existen restricciones al seleccionar la barra cuando no hay una transferencia en el sistema. Si llegase a existir una transferencia, obligadamente se tendrá que utilizar el seccionador asociado a la barra principal. La operación de estos elementos depende de que el disyuntor y seccionador puesta a tierra se encuentren abiertos.

**Apertura/Cierre de P892F7 y P892F9:** Los elementos P892F7 y P892F9 conocido como seccionadores selectores de barra correspondiente a la bahía de acople pueden operar al previo cierre de del disyuntor, para así realizar el acoplamiento de las barras, esto quiere decir que ambas barras tendrán el mismo nivel de voltaje. Posterior a la apertura de estos elementos lo que consiguen es desacoplar las barras.

**Apertura/Cierre de P892F2:** Las funciones del elemento P892F2 conocido como disyuntor de acople, son de acoplar las barras y ser el disyuntor de la alimentadora que se encuentre transferida.

**Apertura/Cierre de P892N2:** El elemento P892N2 conocido como disyuntor de línea es utilizado para terminar con la operación de

energización, esto quiere decir que es el último elemento de cerrar dentro del procedimiento de energización. Pero para el procedimiento de desenergización es el primero en abrir por lo que es capaz de operar con carga y así logrará cortar el flujo de corriente.

**Apertura/Cierre de P892F6 y P892F8:** Los elementos P892F6 y P892F8 conocido como seccionadores de puesta a tierra de Barra 1 y Barra 2 respectivamente, su función principal cuando estén cerrados, es de evitar la energización de las barras ya sea por mantenimientos o algún daño en las mismas. Cuando están cerrados, bloquea la operación de los seccionadores selectores de barra.

## **CAPÍTULO 3**

### **3. SIMULACIÓN DE OPERACIONES CON SUS CORRESPONDIENTES OPCIONES.**

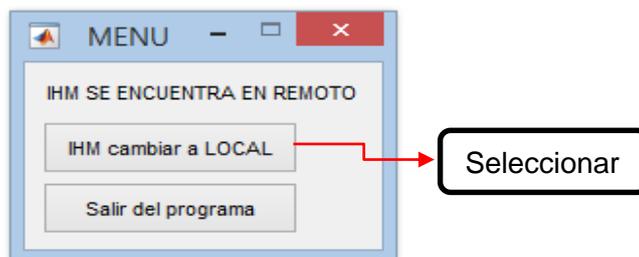
En el presente capítulo se mostrará las operaciones que el programa ejecuta tales como energización, desenergización, transferencia y operación individual. Las matrices mostradas en el ANEXO B pueden ser modificables para iniciar con cualquier estado y el programa puede resolver cualquier situación para llevar a cabo la operación. Cuando ocurre condiciones anormales que afectan al sistema tales como IHM en remoto, cortocircuitos, corrientes capacitivas y voltajes fuera rango, se presenta un menú donde preguntara al usuario si desea arreglar el sistema, si lo acepta a continuación aparecerá un procedimiento que sirve para resolver el problema, y en caso que no lo arregle el programa no podrá continuar ya que no es posible que el sistema mantenga condiciones anómalas.

A medida que se desarrolla el programa van apareciendo más situaciones de falla, y cuando ya sean solucionadas todas se empezara con los procesos de operación. Posteriormente el programa muestra un menú que contiene los elementos de la bahía seleccionada que sirve para ejecutar la operación manteniendo siempre un procedimiento en el Comand Windows. Adicionalmente en la operación se visualiza una interfaz gráfica que muestra las aperturas y cierres de los elementos.

Al final de una operación en el Comand Windows se mostrará voltaje, corrientes y demás características que surgieron debido a la operación de la bahía.

### 3.1. Condiciones anormales

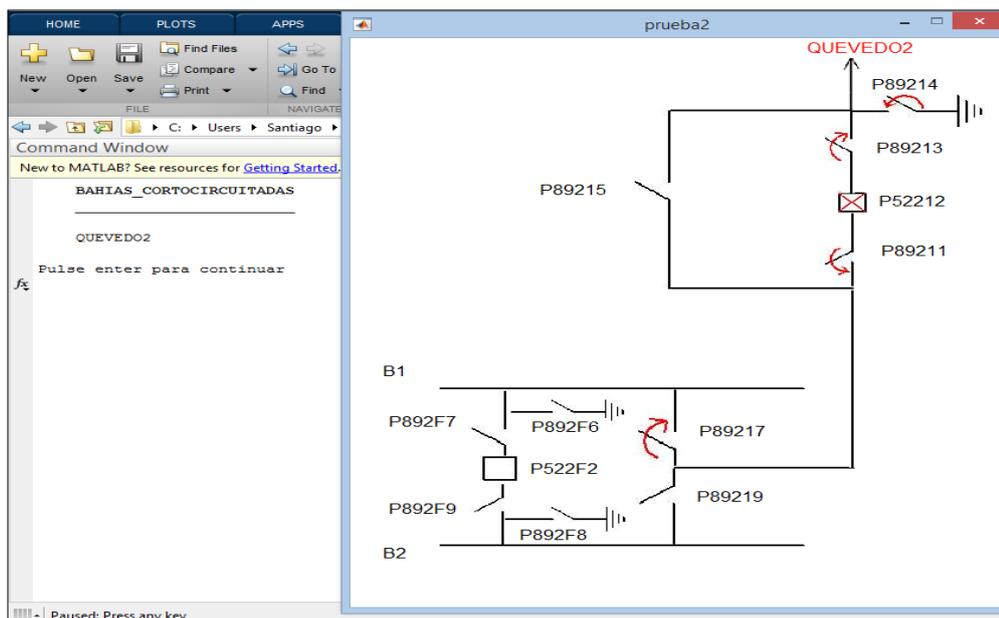
La condición anormal referente al “IHM en remoto” se muestra mediante la Figura 3.1 Es decir, si el usuario configura para que el programa inicie en modo “remoto”, desde la matriz “IHM” con un valor de “1”, el programa ofrece una solución para cambiar a modo “Local”.



**Figura 3.1: Menú de IHM en remoto.**

En la Figura 3.1, se indica que el programa se encuentra en modo “remoto”. Se deberá seleccionar la opción “IHM cambiar a LOCAL” para solucionar este problema y así poder hacer uso de programa, caso contrario si se llegase a seleccionar la opción “Salir del programa” el programa se cerrará.

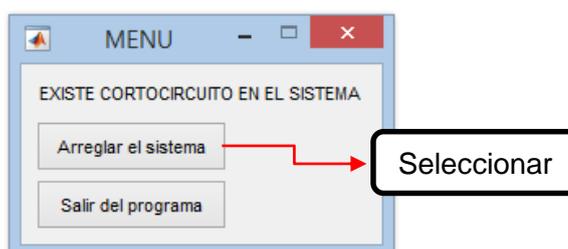
La condición anormal referente a “Cortocircuito” se muestra mediante la Figura 3.2, es decir, si el usuario configura para que el programa inicie con la existencia de “Cortocircuito”, desde la matriz “estados”, el programa ofrece una solución para reparar el cortocircuito. Para ilustrar el análisis de cortocircuito, se seleccionó al alimentador “Quevedo 2”.



**Figura 3.2: Bahía en cortocircuito.**

En la Figura 3.2, se muestra que existe un cortocircuito en la bahía de “Quevedo 2”. Esto sucede cuando se configura que exista un camino a tierra desde la matriz “estados”. El camino cerrado es generado cuando está cerrada la bahía incluyendo el seccionador de puesta a tierra. Se debe presionar “Enter” para continuar.

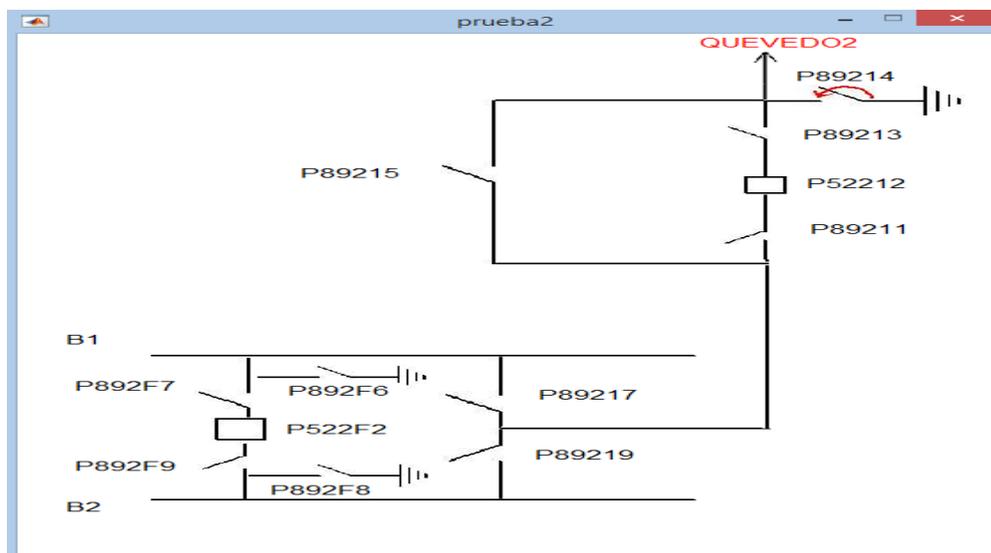
Después de haber presionado “Enter”, el programa mostrará la opción de arreglar el sistema, tal como se muestra en la Figura 3.3.



**Figura 3.3: Menú de cortocircuito.**

En la Figura 3.3, se muestra que se debe seleccionar la opción “Arreglar el sistema”, opción que realizará de manera automática la solución del cortocircuito existente en la bahía de “Quevedo 2”.

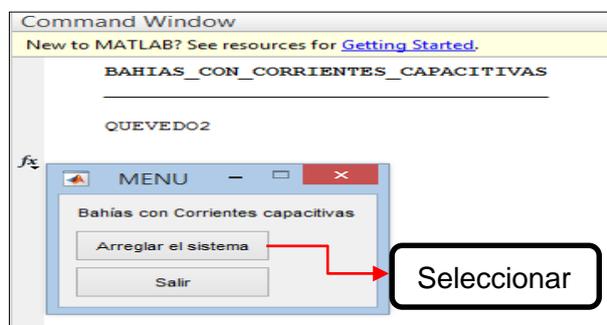
Realizado lo anterior, ahora el programa muestra la solución al cortocircuito. Todos los seccionadores se abrirán excepto el seccionador de puesta a tierra. El programa realizará la operación de manera automática.



**Figura 3.4: Arreglo de cortocircuito.**

En la Figura 3.4, se muestra cómo quedan los estados de los elementos de la bahía. Debido a que existía un cortocircuito en la bahía de “Quevedo 2”, se observa que el único elemento que quedará cerrado es el seccionador de puesta a tierra.

La condición anormal referente a “Corrientes capacitivas” se muestra mediante la Figura 3.5. Es decir, si el usuario configura para que el programa inicie con la existencia de “Corrientes capacitivas”, desde la matriz “IP”. Para ilustrar esta condición anormal, se seleccionó al alimentador “Quevedo 2”.

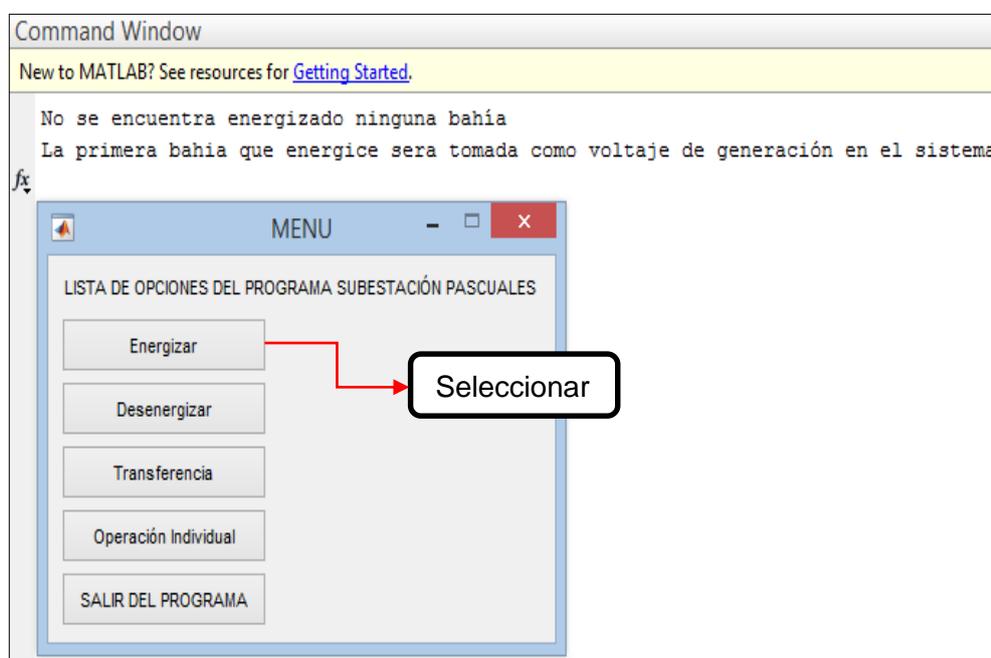


**Figura 3.5: Menú de bahía con corriente capacitivas.**

En la Figura 3.5, se muestra que existe la presencia de corrientes capacitiva. Esto sucede cuando en la matriz "IP" se tiene un valor mayor de 20 A en las fases de la alimentadora como condición inicial. Se debe seleccionar la opción "Arreglar el sistema" lo cual sirve para que la corriente capacitiva se convierta a 0 A y así no existirá dicha corriente en la bahía "Quevedo 2".

### 3.2. Energizar

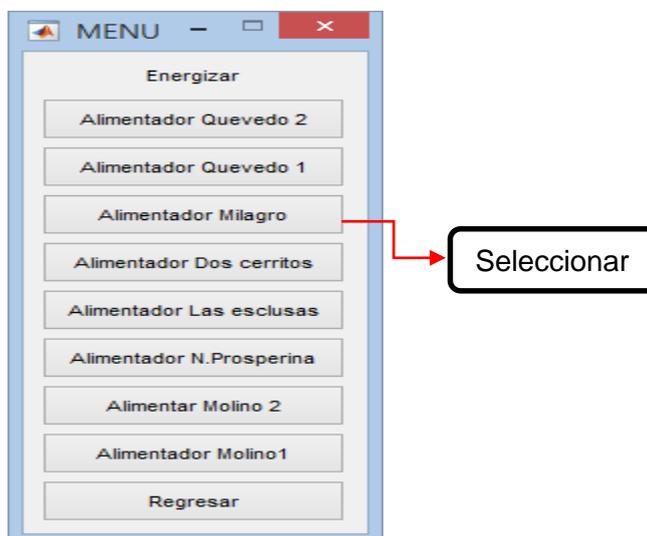
Cuando en el programa no exista ninguna situación anómala para realizar las operaciones, posterior a su ejecución, el usuario visualizará el menú principal del programa, tal como muestra a continuación la Figura 3.6.



**Figura 3.6: Selección de energización.**

En la Figura 3.6, se muestra el menú principal llamado "LISTA DE OPCIONES DEL PROGRAMA SUBESTACION PASCUALES", en donde nos muestra las diferentes operaciones que es capaz de realizar el programa. Para este ejemplo, se va a seleccionar la opción "Energizar".

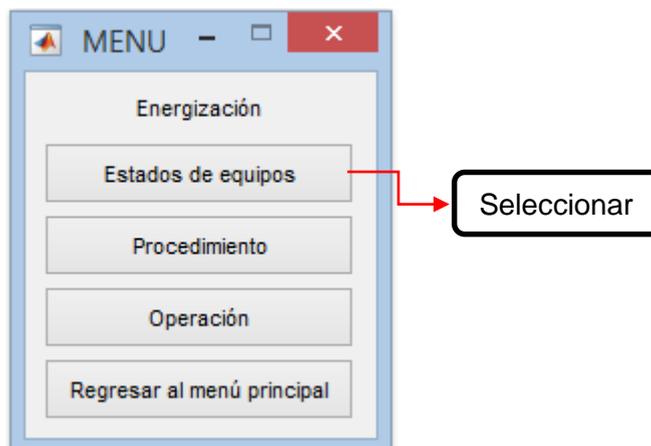
Posterior a seleccionar la opción de “Energizar”, el programa mostrará los nombres de las alimentadoras pertenecientes al sistema. Así como lo muestra la Figura 3.7.



**Figura 3.7: Menú de lista de alimentadora de S/E Pascuales 230kV.**

En la Figura 3.7, se muestra el listado de las alimentadoras de la subestación Pascuales. Para ilustrar el ejemplo de Energización, se seleccionará la alimentadora “Milagro”. Si se llegase a seleccionar la opción “Regresar”, el programa nos llevaría al menú principal llamado “LISTA DE OPCIONES DEL PROGRAMA SUBESTACION PASCUALES”.

Luego de seleccionar la alimentadora, el programa desplegará un menú mostrando las opciones del menú “Energizar”, tal como lo muestra la Figura 3.8.



**Figura 3.8: Selección de estados de equipos.**

En la Figura 3.8, se muestran las opciones que tiene el menú de Energización. Se tendrá que seleccionar la opción “Estados de equipos” para posteriormente poder continuar con el proceso. Si se llegase a seleccionar la opción “Procedimiento” u “Operación” el programa seguirá mostrando el mismo menú hasta que seleccione la opción “Estados de equipos” o “Regresar el menú principal”.

Realizado lo anterior, el programa mostrará los estados de los equipos de la bahía, donde se podrá ver los estados de los BCU`S y tipo de comunicación, estados de los TP de la bahía, TP de Barra 1, TP de Barra 2 y TC de bahía. Debe estar habilitado al menos un núcleo del TP y TC con su respectivo IED habilitado y en modo remoto para realizar la energización. Tal como muestra la Figura 3.9.

The screenshot displays two windows from a software application. The top window, titled 'MENU', contains a dialog box with the text 'Ingrese su opcion' and 'Si ingresa algun cambio en la interfaz MEDICION dar click aqui para actualizar', with a 'Continuar con el procedimiento' button. The background shows a control panel with buttons like 'Breakpoints', 'Run', 'Run and Advance', 'Advance', and 'Run and Time'. Below this is a table of equipment statuses.

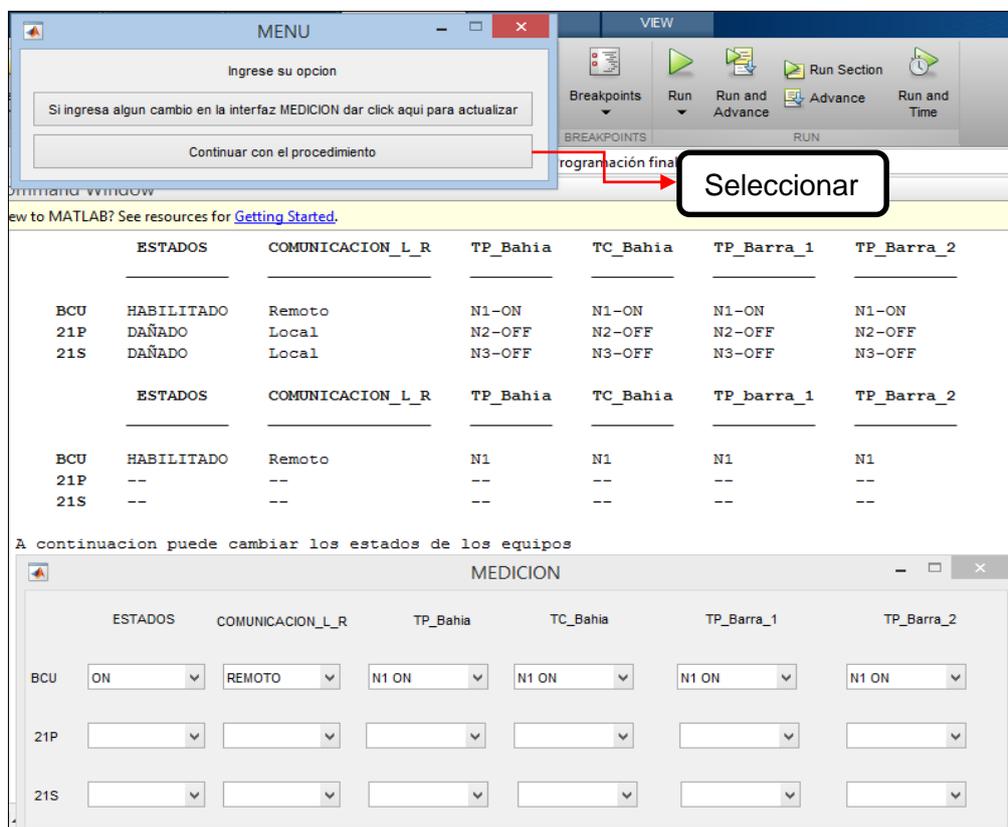
	ESTADOS	COMUNICACION_L_R	TP_Bahia	TC_Bahia	TP_Barra_1	TP_Barra_2
BCU	DAÑADO	Local	N1-OFF	N1-OFF	N1-OFF	N1-OFF
21P	DAÑADO	Local	N2-OFF	N2-OFF	N2-OFF	N2-OFF
21S	DAÑADO	Local	N3-OFF	N3-OFF	N3-OFF	N3-OFF
	ESTADOS	COMUNICACION_L_R	TP_Bahia	TC_Bahia	TP_barra_1	TP_Barra_2
BCU	--	--	--	--	--	--
21P	--	--	--	--	--	--
21S	--	--	--	--	--	--

Below the table, the text reads: 'A continuacion puede cambiar los estados de los equipos'. The bottom window, titled 'MEDICION', shows a grid of dropdown menus for each equipment type (BCU, 21P, 21S) across the same columns as the table above.

**Figura 3.9: Estados de los equipos de medición e IED'S.**

En la Figura 3.9, se puede observar que no se encuentra habilitado ningún equipo de medición. Esto sucede cuando en la matriz “medidores\_TP”, “medidores\_TP\_COMUN”, “TP\_NUCLEOS,” “TC\_NUCLEOS”, “TP\_NUCLEOS\_B1”, “TP\_NUCLEOS\_B2” se tiene un valor de “0” como condición inicial.

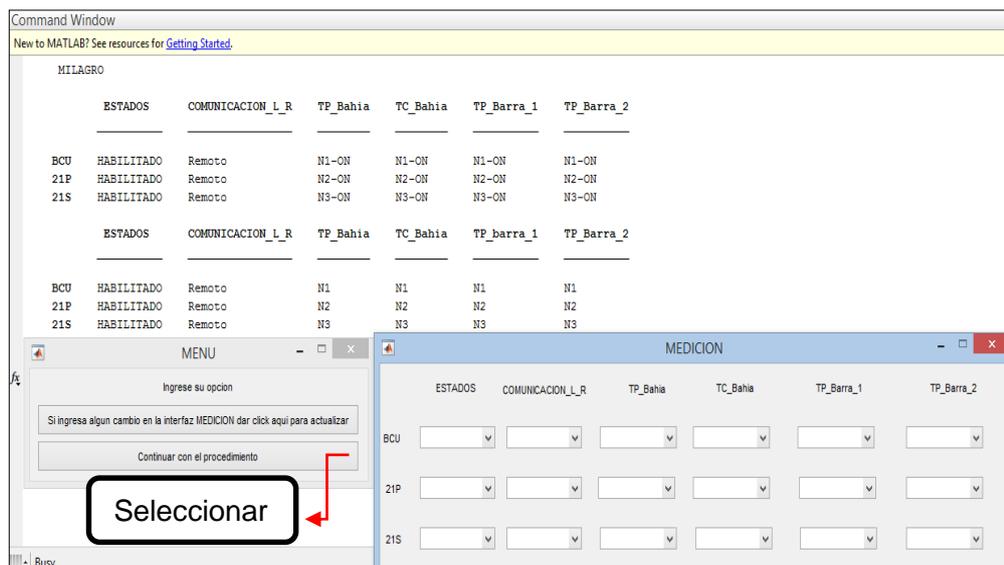
El usuario tendrá que actualizar los estados de los equipos de medición, tal como muestra la Figura 3.10. Posterior de lo mencionado, se podrá continuar con la operación.



**Figura 3.10: Arreglo de los equipos de medición e IED'S.**

En la Figura 3.10, se puede observar que ya se encuentra habilitado el equipo de medición BCU. Luego se deberá seleccionar la opción "Continuar con el procedimiento".

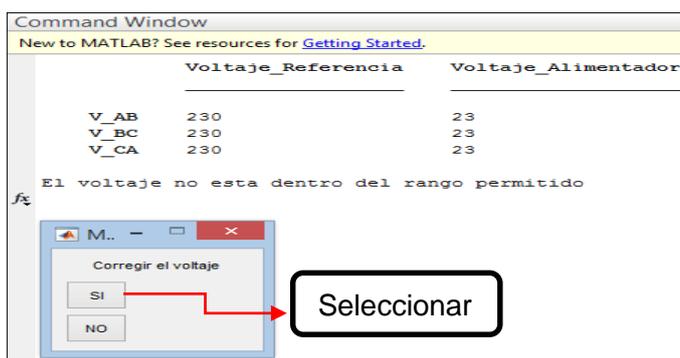
Dado que si el usuario planteó que el programa inicie con los equipos de medición en buen estado desde las matrices "medidores\_TP", "medidores\_TP\_COMUN", "TP\_NUCLEOS," "TC\_NUCLEOS", "TP\_NUCLEOS\_B1", "TP\_NUCLEOS\_B2" como condición inicial, no habrá la necesidad de realizar algún cambio. Así como lo muestra la Figura 3.11.



**Figura 3.11: Menú para continuar con el procedimiento.**

En la Figura 3.11, se muestran los estados de los IED'S (Habilitado), el tipo de comunicación (Remoto), los núcleos de los TP'S y TC'S (ON), por lo cual no hay la necesidad de realizar algún cambio en la interfaz de MEDICIÓN. Para continuar con el proceso se deberá seleccionar "Continuar con el procedimiento".

Luego de haber realizado lo anterior, el programa podrá mostrar lo correspondiente a la Figura 3.12 siempre y cuando el usuario haya planteado como condición inicial un valor de voltaje fuera del rango permitido desde la matriz "v\_gene\_g".



**Figura 3.12: Selección a corregir voltaje de bahía.**

En la Figura 3.12, se muestra el valor del voltaje de la alimentadora, dicho valor se encuentra fuera del rango permitido. El programa tiene la opción de poder solucionar dicho problema mediante el menú “Corregir el voltaje” desde la opción “SI”.

Si el usuario decide corregir el voltaje, el programa indicará el nuevo valor de voltaje en la bahía, tal como lo muestra la Figura 3.13. El valor del voltaje será un valor representativo de 230kV.

```

Command Window
New to MATLAB? See resources for Getting Started.

          Voltaje_Referencia    Voltaje_Alimentador
          -----
V_AB      230                    23
V_BC      230                    23
V_CA      230                    23

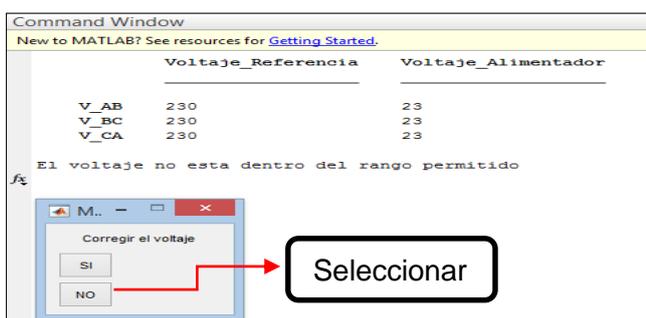
El voltaje no esta dentro del rango permitido
El voltaje ya se encuentra dentro del rango permitido
El programa reguló el voltaje de la alimentadora a 230 KV
Presione enter para continuar

```

**Figura 3.13: Mensaje de corrección de voltaje en la bahía.**

En la Figura 3.13, se indica que el voltaje ya se encuentra dentro del rango permitido. El programa de manera automática reguló a un valor de 230kV en la alimentadora.

El usuario podría decidir en no corregir el voltaje y por ende se mantendrá el mismo valor. El programa no permite realizar la operación cuando exista esta anomalía.

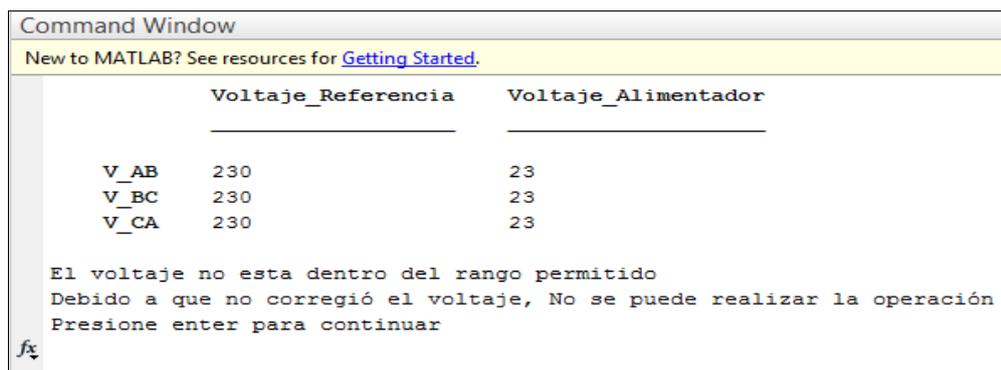


**Figura 3.14: Selección a no corregir voltaje de bahía.**

En la Figura 3.14, también se tiene la opción de seleccionar “NO”, lo cual no estaría solucionando el problema del voltaje. Se debe tener en cuenta que si el

voltaje no se encuentra dentro del rango permitido, el usuario no podrá realizar ninguna operación.

Después de que el usuario haya decidido no corregir el voltaje, no podrá continuar con la operación. El programa indicará lo mencionado, tal como lo muestra la Figura 3.15.



```

Command Window
New to MATLAB? See resources for Getting Started.

          Voltaje_Referencia    Voltaje_Alimentador
          -----
V_AB      230                   23
V_BC      230                   23
V_CA      230                   23

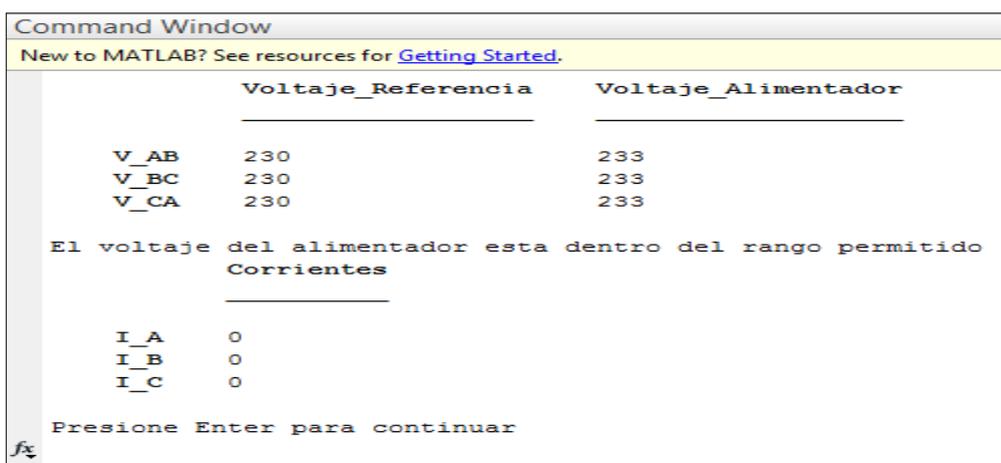
El voltaje no esta dentro del rango permitido
Debido a que no corrigió el voltaje, No se puede realizar la operación
Presione enter para continuar
fx

```

**Figura 3.15: Mensaje posterior a no corregir voltaje de bahía.**

En la Figura 3.15, se indica que el voltaje sigue fuera del rango permitido, por lo tanto no se podrá realizar ninguna operación. Al presionar “Enter”, el programa volverá al menú de “Energizar”.

Después de haber corregido el voltaje o si el usuario previo a la ejecución del programa haya planteado un valor de voltaje dentro del rango permitido, el programa mostrará lo indicado de la Figura 3.16.



```

Command Window
New to MATLAB? See resources for Getting Started.

          Voltaje_Referencia    Voltaje_Alimentador
          -----
V_AB      230                   233
V_BC      230                   233
V_CA      230                   233

El voltaje del alimentador esta dentro del rango permitido
Corrientes
          -----
I_A       0
I_B       0
I_C       0

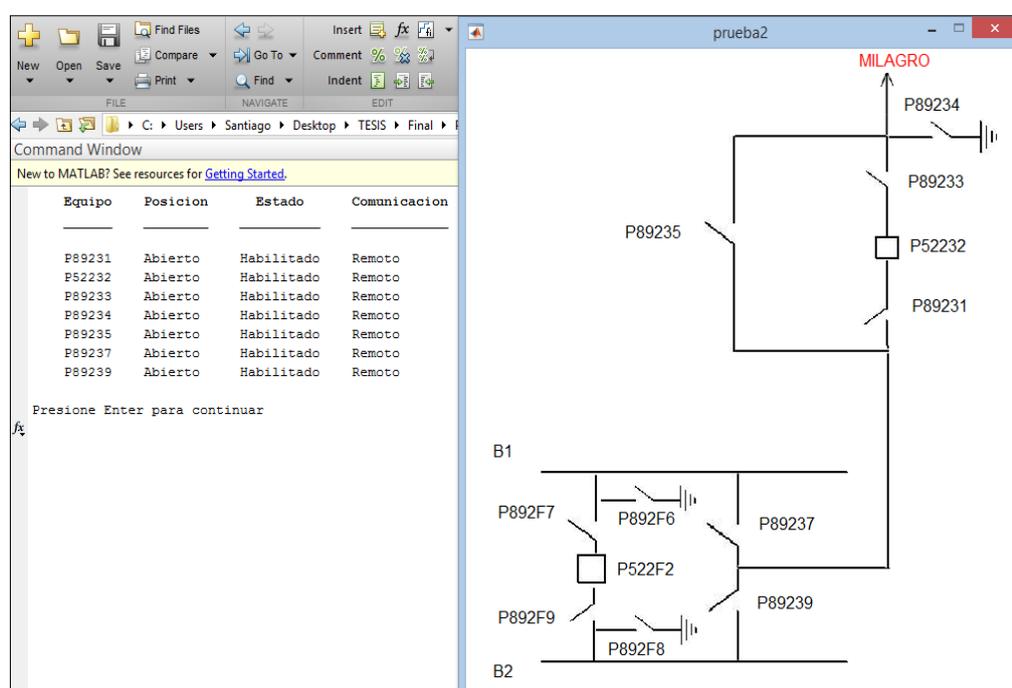
Presione Enter para continuar
fx

```

**Figura 3.16: Voltaje de referencia y del alimentador.**

En la Figura 3.16, se muestra el voltaje de referencia del sistema (230kV) y el voltaje de la alimentadora “Milagro” (233kV, previamente establecida por el mismo usuario), así mismo el valor de corriente (0A debido a que la bahía está desenergizada y no existen corrientes parásitas). Se deberá presionar “Enter” para continuar.

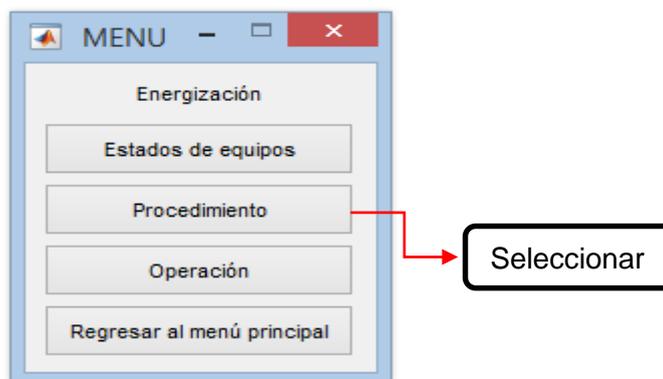
A continuación el usuario visualizará un listado de los detalles de los elementos de la bahía y el diagrama unifilar de la misma por medio de una interfaz gráfica, así como lo muestra la Figura 3.17.



**Figura 3.17: Estados de los equipos de bahía.**

En la Figura 3.17, se muestra la posición (Abierto), los estados (Habilitado) y el tipo de comunicación (Remoto) de los elementos de la bahía. Se deberá presionar “Enter” para continuar.

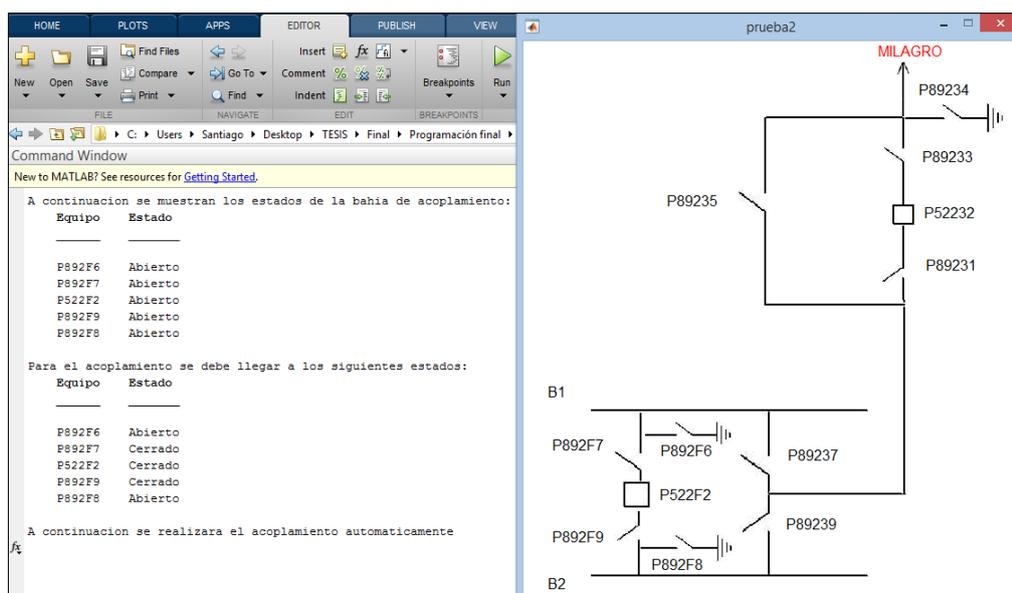
Posterior a lo realizado anteriormente, el programa volverá al menú de energización. Como se observa en la Figura 3.18.



**Figura 3.18: Selección de procedimiento.**

En la Figura 3.18, nuevamente se muestran las opciones que tiene el menú de Energización. Dado que previamente se había seleccionado la opción “Estados de equipos” ahora se tendrá que seleccionar la opción “Procedimiento”. Si se llegase a seleccionar la opción “Operación” el programa seguirá mostrando el mismo menú hasta que seleccione la opción “Procedimiento” o “Regresar el menú principal”.

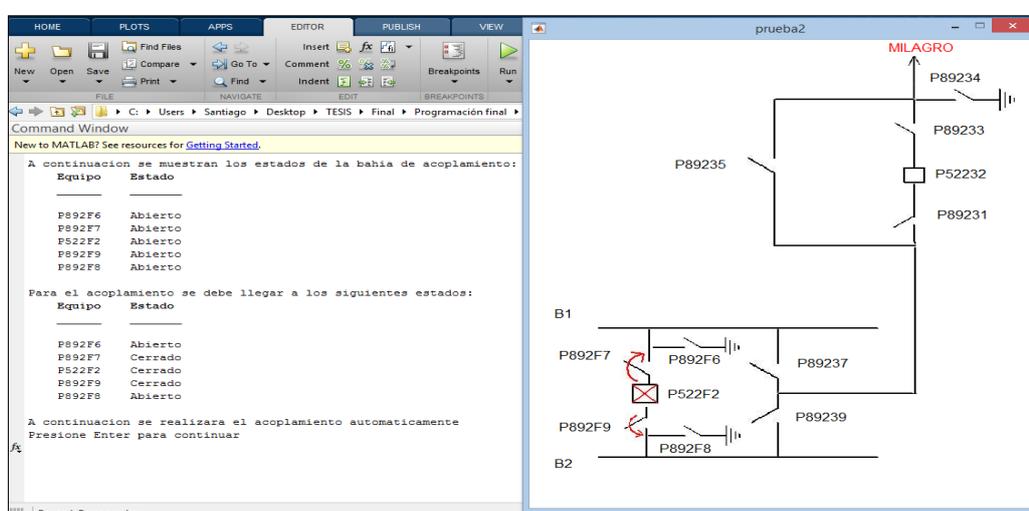
Si el usuario no configuró la bahía de acople para que estén acopladas las barras, el programa indica que realizará el acoplamiento de manera automática, tal como muestra la Figura 3.19.



**Figura 3.19: Estados de elementos de la bahía de acople.**

En la Figura 3.19, se muestran los estados de los elementos de la bahía de acople, la programación está elaborada tal que las barras se acoplen previo a la energización, por lo cual el acoplamiento se realiza automáticamente con tal solo presionar “Enter”.

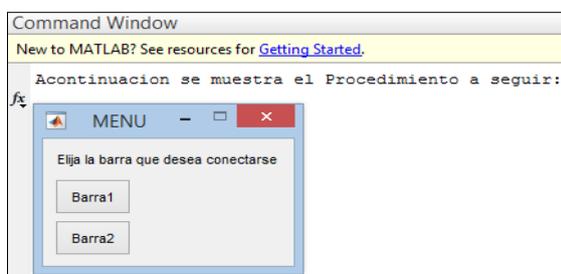
Dado que el usuario realizó el acoplamiento, podrá observar por medio de la interfaz gráfica cómo se encuentra la bahía de acople incluso en el Command Windows indica cómo se encuentra los estados de los elementos así como lo muestra la Figura 3.20.



**Figura 3.20: Barras acopladas.**

En la Figura 3.20, se muestra el acoplamiento de las barras por medio de la bahía de acople. Se deberá presionar “Enter” para continuar.

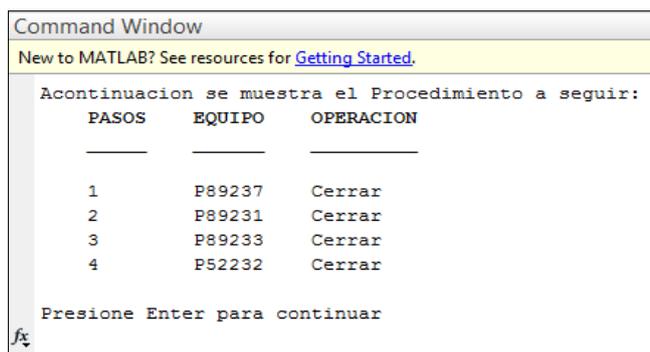
Luego del acoplamiento de barras, el programa pedirá al usuario seleccionar la barra que conectará a la bahía, tal como lo muestra la Figura 3.21.



**Figura 3.21: Selección de barra.**

En la Figura 3.21, se muestra el menú donde pide elegir la barra a la que se conectará el alimentador “Milagro”, ya que dependiendo de esto se tendrá que cerrar el seccionador “7” o “9”. Para este ejemplo se seleccionará “Barra 1”

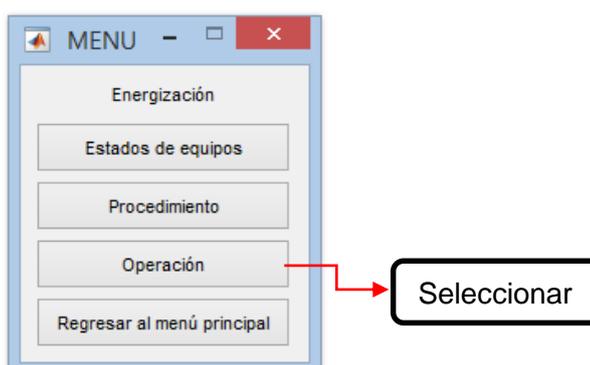
Posterior a seleccionar la barra a conectar, el programa muestra los pasos para realizar la energización. Tal como lo muestra la Figura 3.22.



**Figura 3.22: Pasos para energización.**

En la Figura 3.22, se muestra el procedimiento a seguir para realizar la Energización, indicando los pasos a seguir para la energizar, ya que si el usuario llegase a no respetar el orden de los pasos, el programa mostrará un mensaje “El elemento no es el correcto”. Se deberá presionar “Enter” para continuar.

Luego que haya observado los pasos a seguir, desde el menú de “Energización” podrá ir a la opción “Operación”. Tal como lo muestra la Figura 3.23.

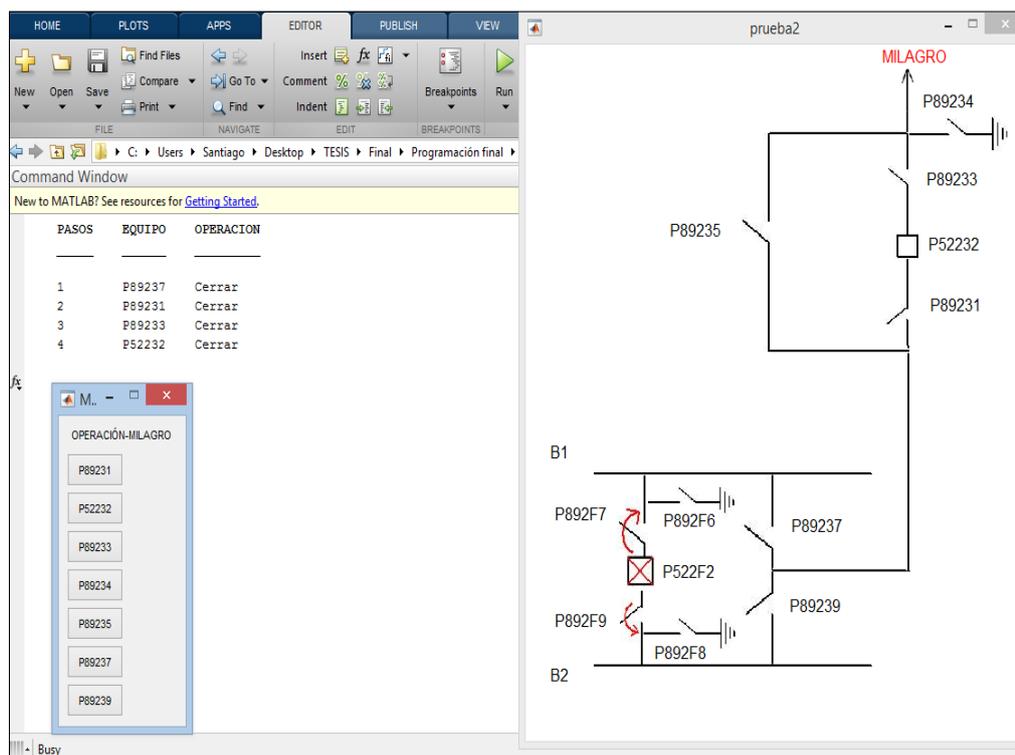


**Figura 3.23: Selección de operación.**

En la Figura 3.23, nuevamente se muestran las opciones que tiene el menú de Energización. Dado que previamente se había seleccionado la opción

“Procedimiento” ahora se tendrá que seleccionar la opción “Operación” para continuar con el proceso.

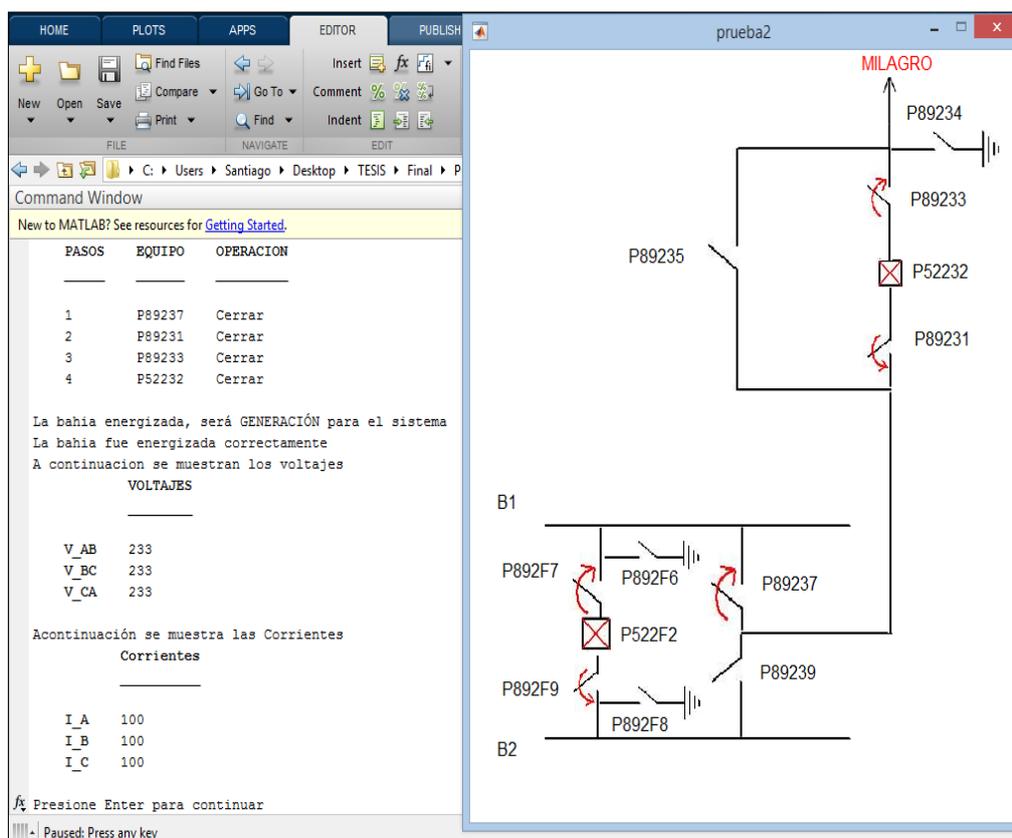
El usuario podrá realizar las respectivas operaciones con la ayuda de una lista de pasos para la energización. Tal como lo muestra la Figura 3.24.



**Figura 3.24: Operación para energización.**

En la Figura 3.24, se muestran los pasos a seguir para la energización y por medio del menú “OPERACIÓN-MILAGRO” se podrá seleccionar los elementos que deberán operar según los pasos mostrados.

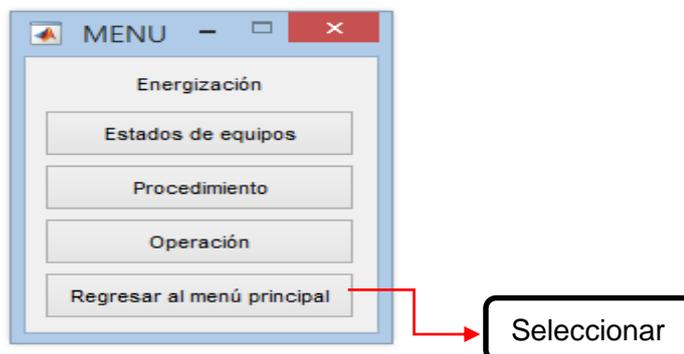
Posterior a la energización, mediante el Command Windows se observará la información correspondiente de la bahía energizada, tal como lo muestra la Figura 3.25.



**Figura 3.25: Bahía energizada.**

En la Figura 3.25, se muestra el alimentador energizado. Se observa: El alimentador “Milagro” será generación para el sistema debido a que no existía alguna alimentadora energizada, la bahía fue energizada correctamente, el voltaje de la alimentadora 233kV (Valor asumido) que al mismo tiempo será el mismo para el sistema y finalmente muestra el valor de corriente (Valor representativo). Se deberá presionar “Enter” para continuar.

Una vez realizada la energización, el programa mostrará nuevamente el menú de “Energizar”. Así como lo muestra la Figura 3.26.

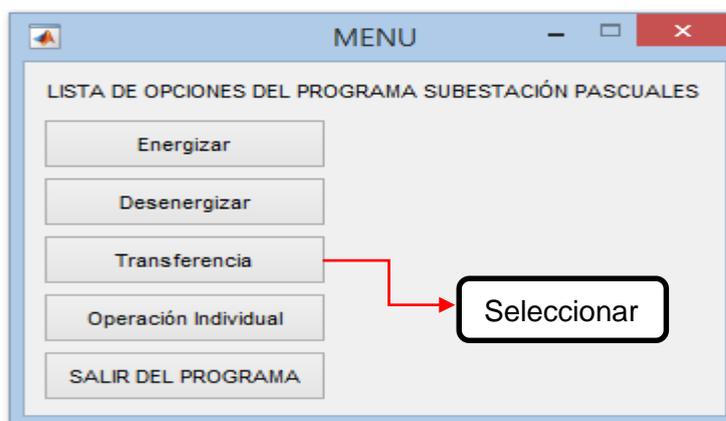


**Figura 3.26: Selección de regresar al menú principal.**

En la Figura 3.26, nuevamente se muestran las opciones que tiene el menú de Energización. Después de haber realizado la operación “Energizar” se deberá seleccionar la opción “Regresar al menú principal”.

### 3.3. Transferencia de un alimentador posterior a una energización.

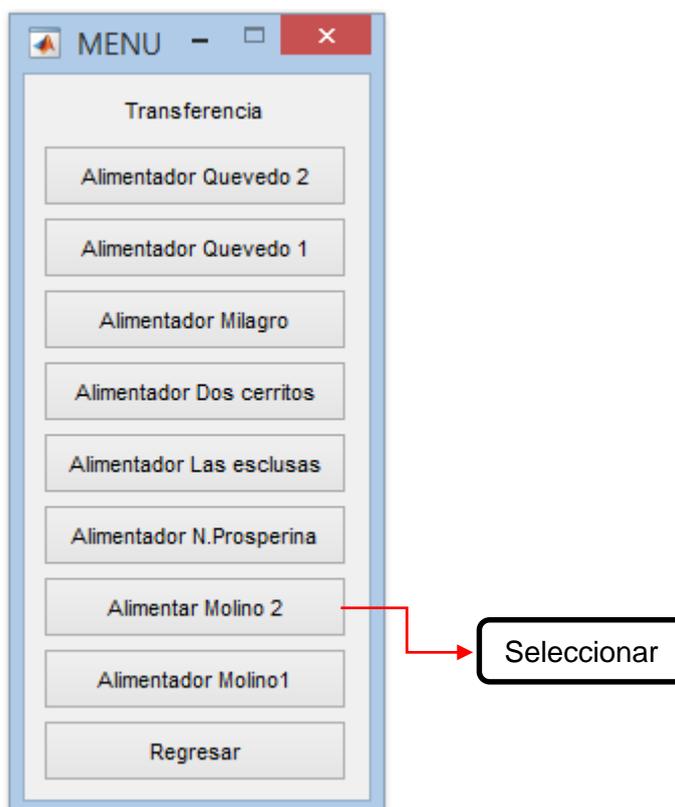
El usuario podrá realizar una transferencia desde el menú principal, tal como lo muestra la Figura 3.27.



**Figura 3.27: Selección de transferencia.**

En la Figura 3.27, corresponde al menú principal llamado “LISTA DE OPCIONES DEL PROGRAMA SUBESTACION PASCUALES”, en donde nos muestra las diferentes operaciones que es capaz de realizar el programa. Para este ejemplo, se va a seleccionar la opción “Transferencia”.

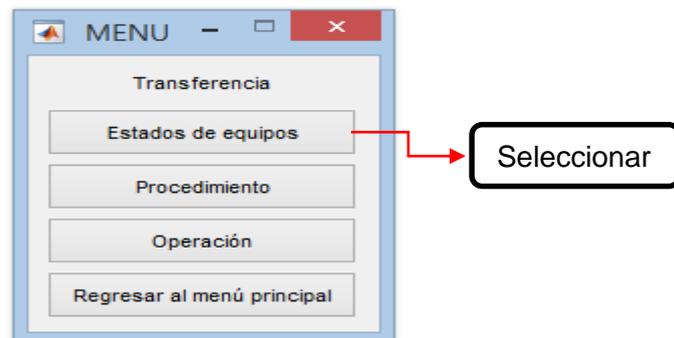
Posterior a seleccionar la opción de “Transferencia”, el programa mostrará los nombres de las alimentadoras pertenecientes al sistema. Así como lo muestra la Figura 3.28.



**Figura 3.28: Menú de lista de alimentadora de S/E Pascuales.**

En la Figura 3.28, se muestra el listado de las alimentadoras de la subestación Pascuales. Para ilustrar el ejemplo de Transferencia, se seleccionará la alimentadora “Molino 2”. Si se llegase a seleccionar la opción “Regresar”, el programa nos llevaría al menú principal llamado “LISTA DE OPCIONES DEL PROGRAMA SUBESTACION PASCUALES”.

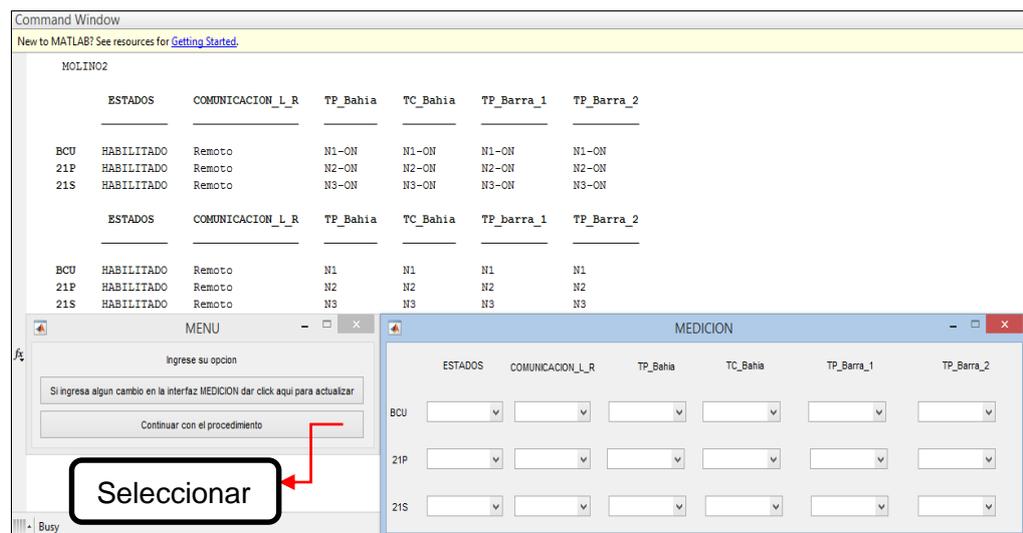
Luego de seleccionar la alimentadora, el programa desplegará un menú mostrando las opciones del menú “Transferencia”, tal como lo muestra la Figura 3.29.



**Figura 3.29: Selección de estados de equipos.**

En la Figura 3.29, se muestran las opciones que tiene el menú de Transferencia. Se tendrá que seleccionar la opción “Estados de equipos” para posteriormente poder continuar con el proceso. Si se llegase a seleccionar la opción “Procedimiento” u “Operación” el programa seguirá mostrando el mismo menú hasta que seleccione la opción “Estados de equipos” o “Regresar el menú principal”.

Dado que si el usuario planteó que el programa inicie con los equipos de medición en buen estado desde las matrices “medidores\_TP”, “medidores\_TP\_COMUN”, “TP\_NUCLEOS,” “TC\_NUCLEOS”, “TP\_NUCLEOS\_B1”, “TP\_NUCLEOS\_B2” como condición inicial, no habrá la necesidad de realizar algún cambio. Así como lo muestra la Figura 3.30.



**Figura 3.30: Menú para continuar con el procedimiento.**

En la Figura 3.30, se muestran los estados de los IED'S (Habilitado), el tipo de comunicación (Remoto), los núcleos de los TP'S y TC'S (ON), por lo cual no hay la necesidad de realizar algún cambio en la interfaz de MEDICIÓN. Para continuar con el proceso se deberá seleccionar "Continuar con el procedimiento".

Debido a que ya se ha realizado el acoplamiento de barras, en el Command Windows indicará las características de los elementos de la bahía. Así como lo muestra la Figura 3.31.

The screenshot shows a software interface with a Command Window on the left and a schematic diagram on the right. The Command Window contains a table with the following data:

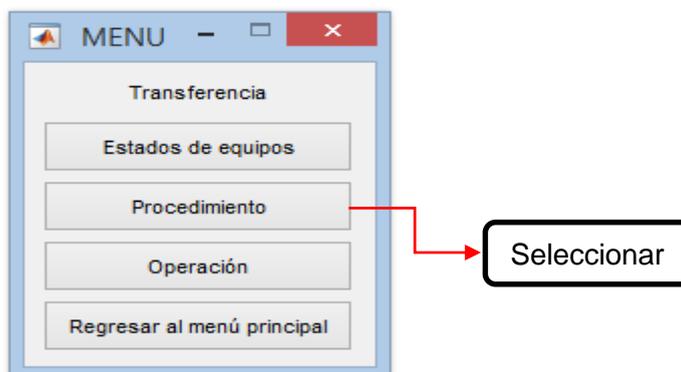
Equipo	Posicion	Estado	Comunicacion
P89271	Abierto	Habilitado	Remoto
P52272	Abierto	Habilitado	Remoto
P89273	Abierto	Habilitado	Remoto
P89274	Abierto	Habilitado	Remoto
P89275	Abierto	Habilitado	Remoto
P89277	Abierto	Habilitado	Remoto
P89279	Abierto	Habilitado	Remoto

Below the table, it says "Presione Enter para continuar". The schematic diagram on the right shows a bay with two busbars, B1 and B2. Various components are connected to these busbars, including switches (P89271, P89273, P89274, P89275, P89277, P89279), a circuit breaker (P52272), and fuses (P892F6, P892F7, P892F8, P892F9). A label "MOLINO2" is at the top right. Red arrows point to the fuses P892F7 and P892F9, and a red 'X' is over the circuit breaker P522F2.

**Figura 3.31: Estados de los equipos de bahía.**

En la Figura 3.31, se muestra la posición (Abierto), los estados (Habilitado) y el tipo de comunicación (Remoto) de los elementos de la bahía. También se puede observar que la bahía de acople ya se encuentra cerrada, y eso es porque en la operación "Energizar" ya se la cerró. Se deberá presionar "Enter" para continuar.

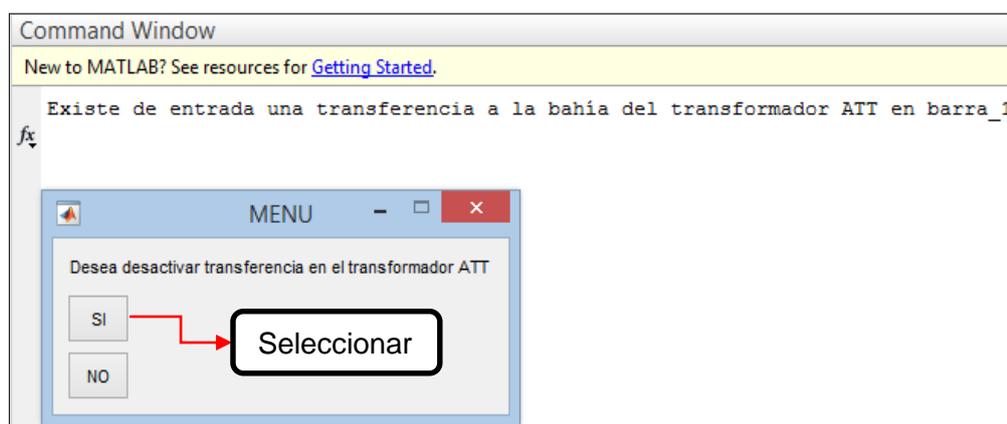
A continuación se muestra nuevamente el menú de "Transferencia" para poder seleccionar la opción "Procedimiento", así como lo muestra la Figura 3.32.



**Figura 3.32: Selección a procedimiento.**

En la Figura 3.32, nuevamente se muestran las opciones que tiene el menú de Transferencia. Dado que previamente se había seleccionado la opción “Estados de equipos” ahora se tendrá que seleccionar la opción “Procedimiento”. Si se llegase a seleccionar la opción “Operación” el programa seguirá mostrando el mismo menú hasta que seleccione la opción “Procedimiento” o “Regresar el menú principal”.

Si el usuario ha planteado una transferencia a unos de los transformadores como condición inicial, el programa mostrará un mensaje indicando lo mencionado y la vez muestra una solución de desactivar la transferencia. Así como lo muestra la Figura 3.33.

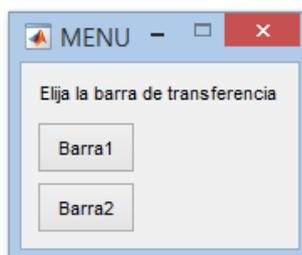


**Figura 3.33: Desactivación transferencia de transformadores.**

En la Figura 3.33, se indica lo que el programa mostraría si en el sistema ya existe una transferencia en la bahía de transformadores. Para ilustrar este ejemplo se

ha planteado previamente a la ejecución del programa una transferencia a la Barra 1 a la bahía de transformador ATT desde las matrices “estad acople” y “estados\_trafos”. Si el usuario desea seguir con la transferencia, deberá seleccionar la opción “SI”. Al seleccionar “SI”, el programa desactivará de manera automática la transferencia existente en la bahía del transformador. Cabe recalcar que el programa será capaz de desactivar la transferencia solamente cuando se trate de las bahías de transformadores debido a que el alcance del programa no corresponde al control de transformadores.

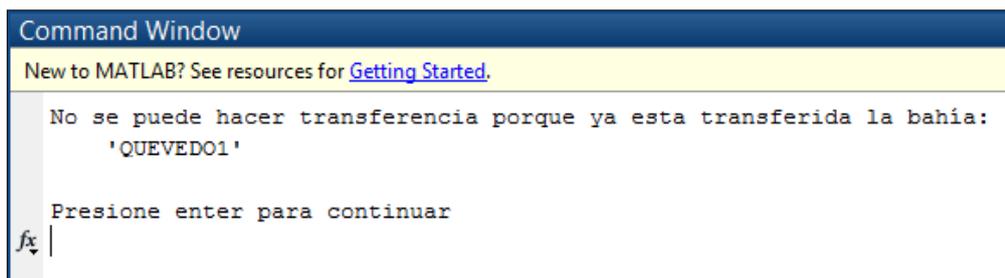
El programa pedirá al usuario seleccionar la barra de transferencia. Así como lo indica la Figura 3.34.



**Figura 3.34: Selección de barra de transferencia.**

En la Figura 3.34 se muestra el menú donde pide elegir la barra de transferencia y por ende la otra barra será considerada como barra principal. Se debe considerar lo siguiente: Si se elige como barra de transferencia a la barra que se encuentra conectado otras alimentadoras, el programa pedirá al usuario que transfiera a la barra principal dichas alimentadoras. Para comprender lo mencionados, se seleccionará “Barra 1”.

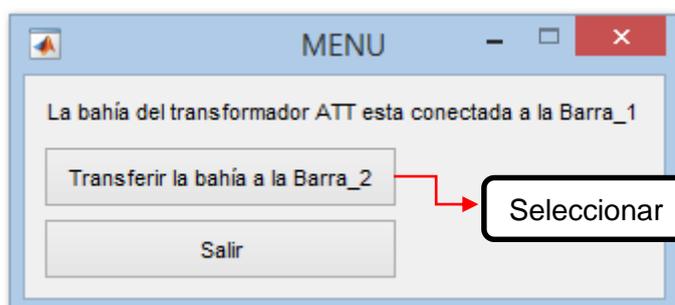
Si el usuario ha planteado una transferencia a una bahía como condición inicial, el programa mostrará un mensaje indicando lo mencionado. Así como lo muestra la Figura 3.35.



**Figura 3.35: Mensaje de bahía en transferencia.**

En la Figura 3.35, se muestra el mensaje indicando que no es posible realizar otra transferencia. Esto puede suceder por dos motivos, o el usuario realizó previamente una transferencia o en las matrices “estados” y “estad\_acople” ya se habría planteado una transferencia como condición inicial. El sistema es capaz de solamente permitir que exista una bahía en transferencia. Se deberá presionar “Enter” para continuar.

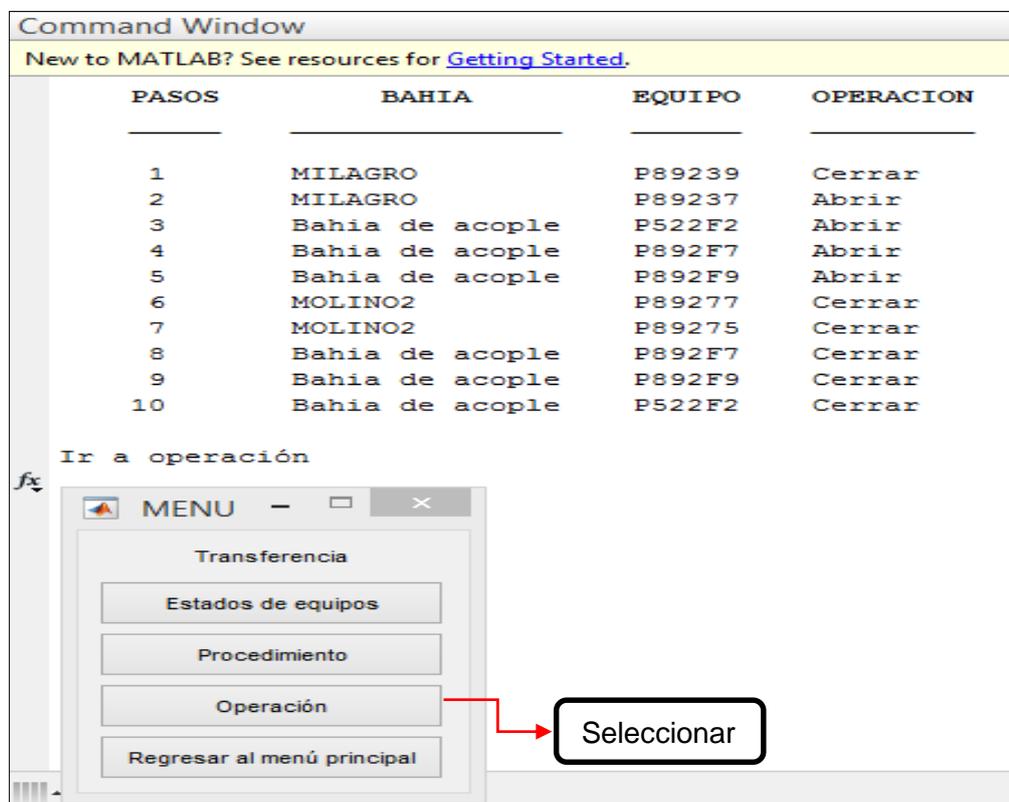
Si el usuario ha planteado una energización a unos de los transformadores como condición inicial, el programa mostrará un mensaje indicando lo mencionado y la vez muestra una solución de transferir dicha bahía a la barra principal. Así como lo muestra la Figura 3.36.



**Figura 3.36: Cambio de barra de transformador energizado.**

En la Figura 3.36, indica que el transformador ATT se encuentra conectada a la Barra 1. Esto sucede cuando en la matriz “estados\_trafos” se tiene cerrado como condición inicial desde la barra que será transferencia. Y la única manera para poder seguir con la transferencia es que la bahía del transformador se traspase a la Barra 2. Se deberá seleccionar la opción “Transferir la bahía a la Barra 2”.

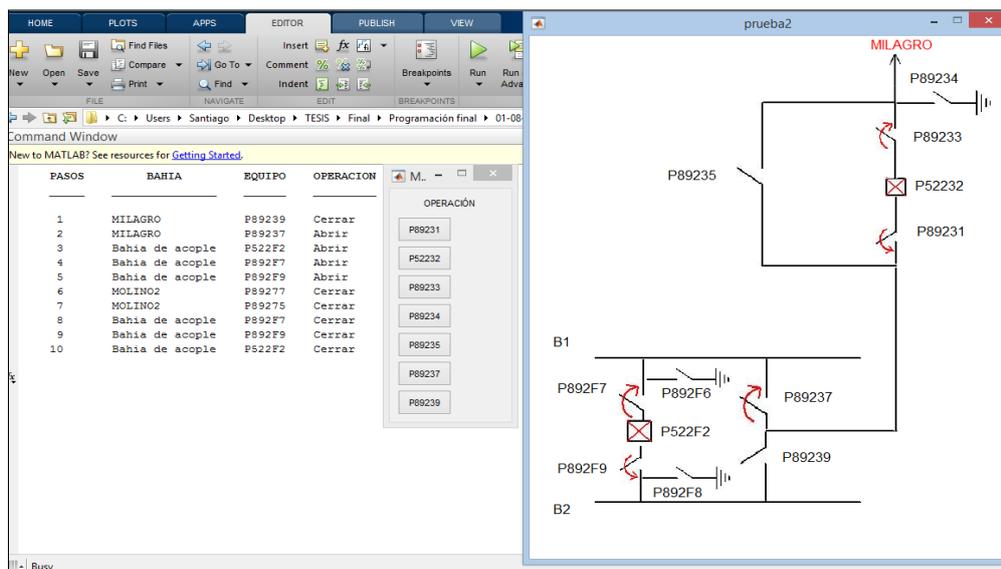
Una vez que no haya inconvenientes para realizar la transferencia, el programa indicará los pasos a seguir. Así como lo muestra la Figura 3.37.



**Figura 3.37: Pasos para realizar transferencia.**

En la Figura 3.37, se muestra el procedimiento a seguir para realizar la Transferencia, indicando los pasos a seguir para la operación, ya que si el usuario llegase a no respetar el orden de los pasos, el programa mostrará un mensaje “El elemento no es el correcto”. Se deberá seleccionar la opción “Operación”.

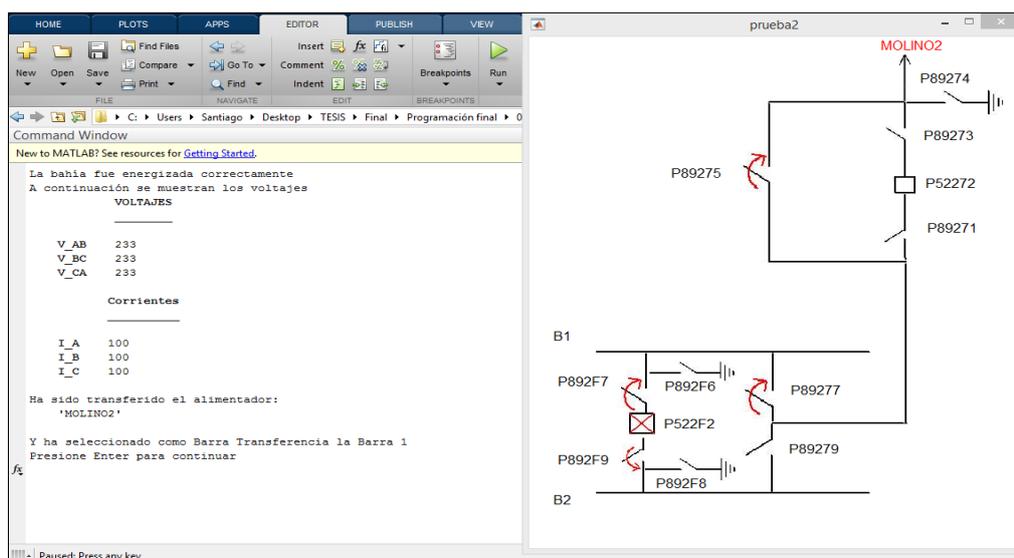
A continuación se podrá realizar la respectiva operación. Tal como lo muestra la Figura 3.38.



**Figura 3.38: Operación para transferencia.**

En la Figura 3.38, se muestran los pasos a seguir para la transferencia y por medio del menú “OPERACIÓN” se podrá seleccionar los elementos que deberán operar según los pasos mostrados.

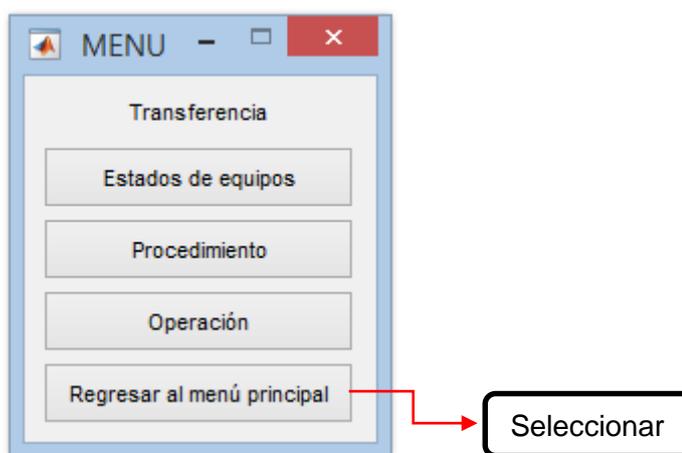
Posterior a la transferencia, mediante el Command Windows se observará la información correspondiente de la bahía transferida, tal como lo muestra la Figura 3.39.



**Figura 3.39: Bahía transferida.**

En la Figura 3.39, se observa: El alimentador “Molino 2” cuyo voltaje de la alimentadora es de 233kV (Valor asumido debido a la generación del sistema), muestra el valor de corriente (Valor representativo) y finalmente muestra que ha sido transferido el alimentador “Molino 2” y se ha seleccionado como Barra Transferencia a la Barra 1. Se deberá presionar “Enter” para continuar.

Una vez realizada la transferencia, el programa mostrará nuevamente el menú de “Transferencia”. Así como lo muestra la Figura 3.40.

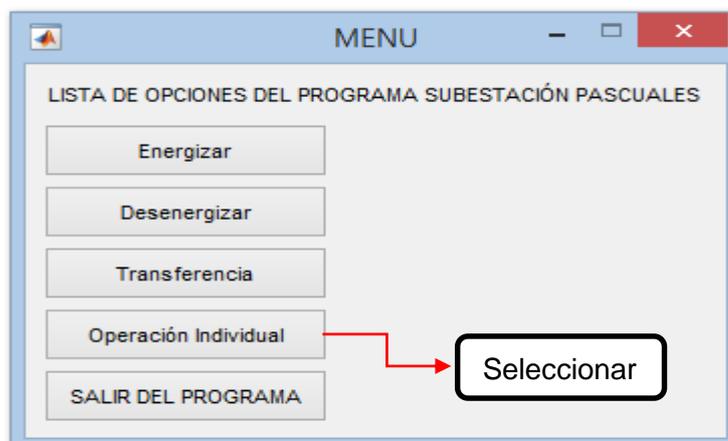


**Figura 3.40: Selección de regresar al menú principal.**

En la Figura 3.40, nuevamente se muestran las opciones que tiene el menú de Transferencia. Después de haber realizado la operación “Transferencia”, se deberá seleccionar la opción “Regresar al menú principal”.

#### **3.4. Energizar una alimentadora desde Operación Individual posterior a una energización y transferencia.**

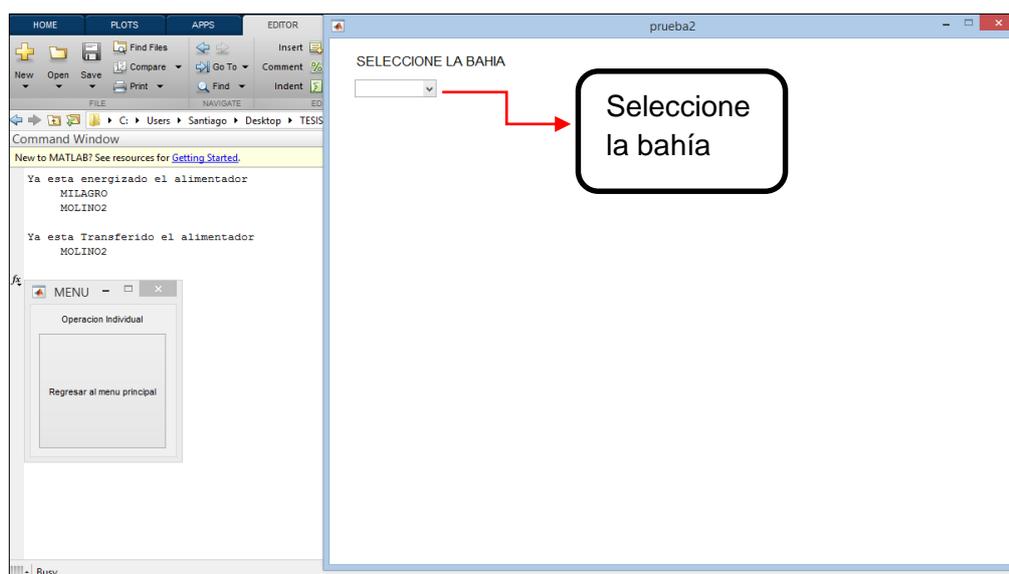
El usuario podrá realizar una operación individual desde el menú principal, tal como lo muestra la Figura 3.41.



**Figura 3.41: Selección de operación individual.**

En la Figura 3.41, corresponde al menú principal llamado “LISTA DE OPCIONES DEL PROGRAMA SUBESTACION PASCUALES”, en donde nos muestra las diferentes operaciones que es capaz de realizar el programa. Para este ejemplo, se va a seleccionar la opción “Operación Individual”.

Debido a que anteriormente se ha realizado algunas operaciones, el programa mostrará al usuario un registro de lo aquello, así mismo se podrá seleccionar la bahía que desee realizar la operación individual desde la opción “Seleccione la bahía” tal como muestra la Figura 3.42.

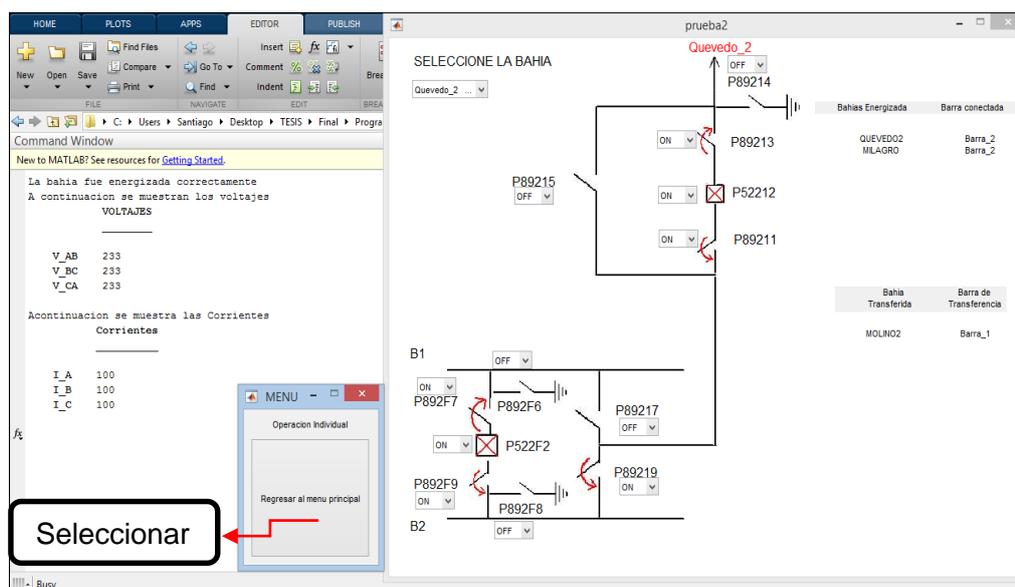


**Figura 3.42: Selección de bahía.**



energización, esta es: Cerrar el seccionador selector de Barra 2 “P89219”, cerrar el seccionador “P89211”, cerrar el seccionador “P89213” y finalmente el disyuntor “P89212”.

Posterior a las operaciones individuales, mediante el Command Windows se observará la información correspondiente de la bahía energizada, tal como lo muestra la Figura 3.44.

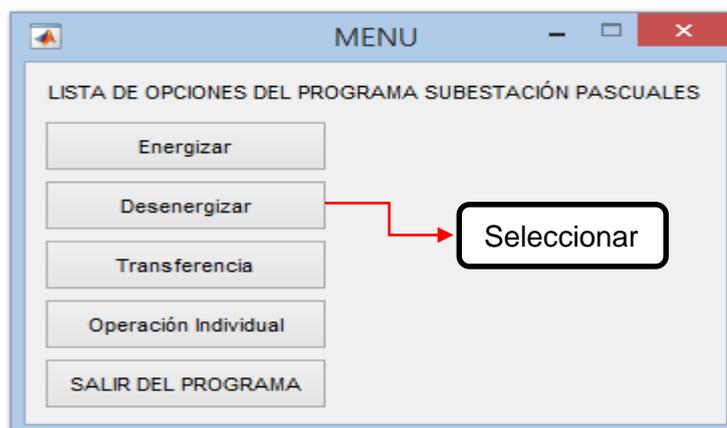


**Figura 3.44: Selección para regresar al menú principal.**

En la Figura 3.44, se muestra la energización del alimentador “Quevedo 2”, así mismo se actualiza el reporte de la situación actual del sistema. Además indica el voltaje de la alimentadora que es de 233kV (Valor asumido debido a la generación del sistema) y el valor de corriente (Valor representativo). Se deberá seleccionar la opción “Regresar al menú principal”.

### 3.5. Desenergización de una alimentadora

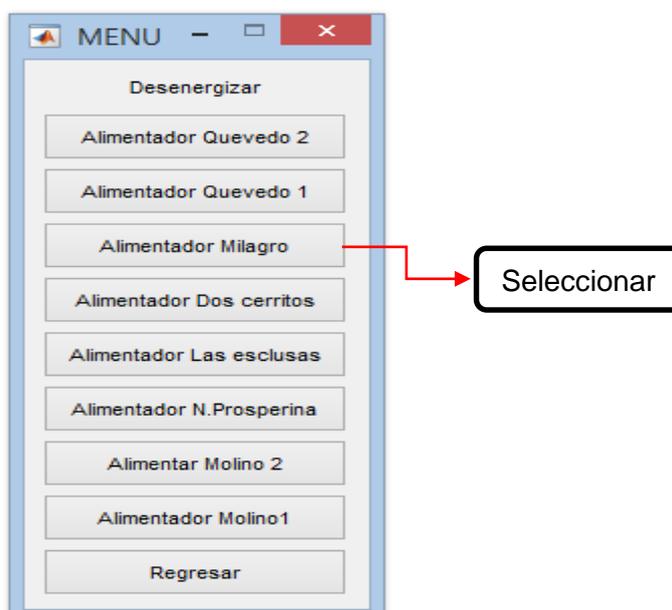
El usuario podrá realizar una desenergización desde el menú principal, tal como lo muestra la Figura 3.45.



**Figura 3.45: Selección de desenergización.**

En la Figura 3.45, corresponde al menú principal llamado “LISTA DE OPCIONES DEL PROGRAMA SUBESTACION PASCUALES”, en donde nos muestra las diferentes operaciones que es capaz de realizar el programa. Para este ejemplo, se va a seleccionar la opción “Desenergizar”.

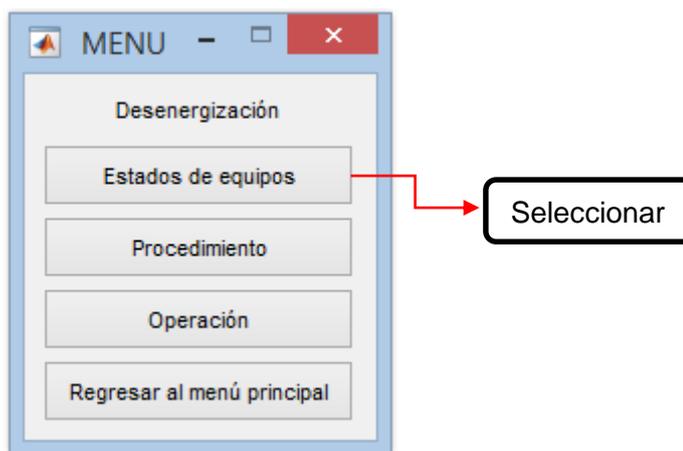
Posterior a seleccionar la opción de “Desenergizar”, el programa mostrará los nombres de las alimentadoras pertenecientes al sistema. Así como lo muestra la Figura 3.46.



**Figura 3.46: Menú de lista de alimentadora de S/E Pascuales.**

En la Figura 3.46, se muestra el listado de las alimentadoras de la subestación Pascuales. Para ilustrar el ejemplo de Desenergizar, se deberá seleccionar una alimentadora que se encuentre energizada. Para este ejemplo se seleccionará “Milagro”.

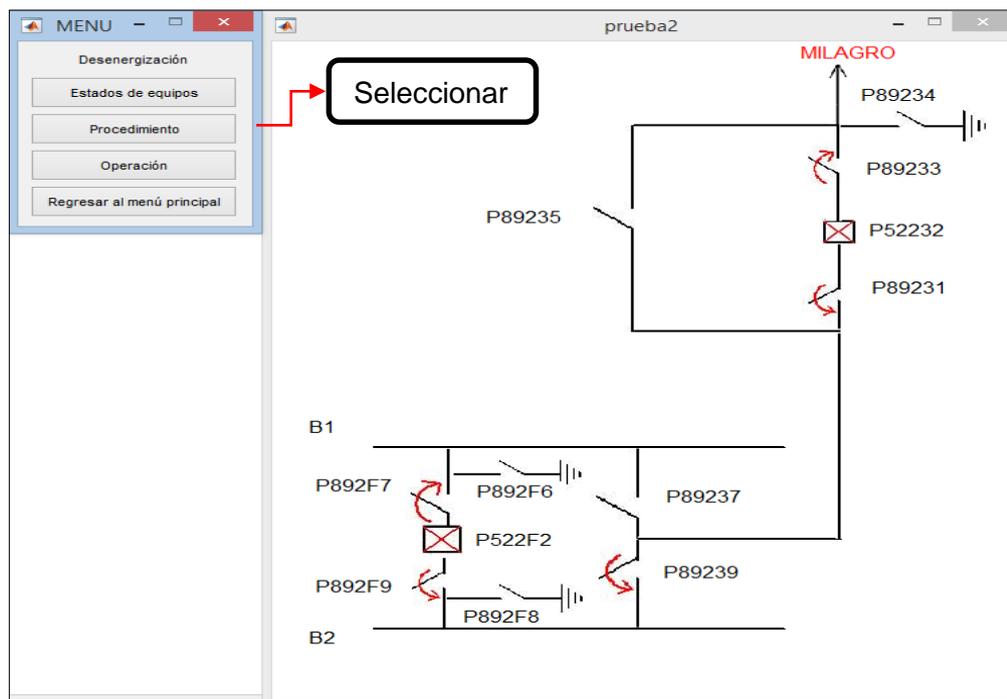
Luego de seleccionar la alimentadora, el programa desplegará un menú mostrando las opciones del menú “Desenergizar”, tal como lo muestra la Figura 3.47.



**Figura 3.47: Selección de estados de equipos.**

En la Figura 3.47, se muestran las opciones que tiene el menú de Desenergización. Se tendrá que seleccionar la opción “Estados de equipos” para posteriormente poder continuar con el proceso. Si se llegase a seleccionar la opción “Procedimiento” u “Operación” el programa seguirá mostrando el mismo menú hasta que seleccione la opción “Estados de equipos” o “Regresar el menú principal”.

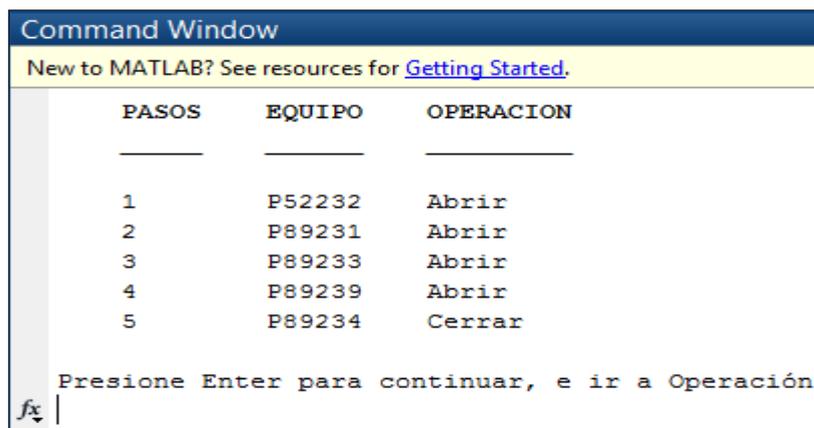
Luego de lo realizado, por medio de una interfaz gráfica se muestra la bahía a desenergizar. Así como lo muestra la Figura 3.48.



**Figura 3.48: Selección de procedimiento.**

En la Figura 3.48, se muestra el estado de los elementos de la bahía, así mismo las opciones que tiene el menú de Desenergización. Dado que previamente se había seleccionado la opción “Estados de equipos” ahora se tendrá que seleccionar la opción “Procedimiento”. Si se llegase a seleccionar la opción “Operación” el programa seguirá mostrando el mismo menú hasta que seleccione la opción “Procedimiento” o “Regresar el menú principal”.

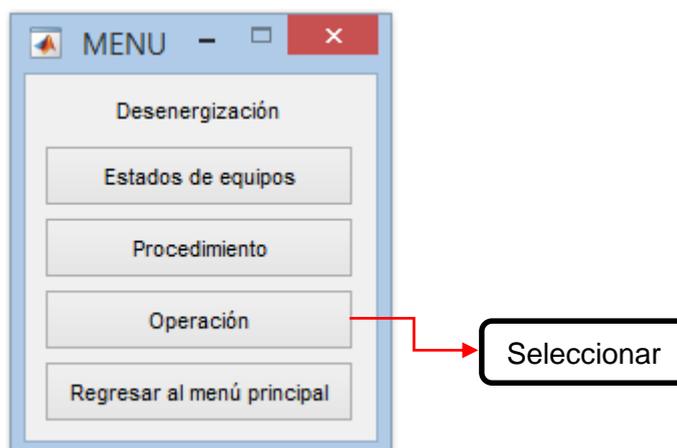
Desde el Command Windows se presentará los pasos a seguir para la “Desenergización”. El usuario tendrá que presionar Enter para continuar con el proceso, así como lo indica la Figura 3.49.



**Figura 3.49: Pasos para la desenergización.**

En la Figura 3.49, se muestra el procedimiento a seguir para realizar la Desenergización, indicando los pasos a seguir para la operación, ya que si el usuario llegase a no respetar el orden de los pasos, el programa mostrará el mensaje “El elemento no es el correcto”. Se deberá presionar “Enter” para continuar e ir a Operación.

A continuación se mostrará nuevamente el menú de “Desenergización”. Tal como lo muestra la Figura 3.50.

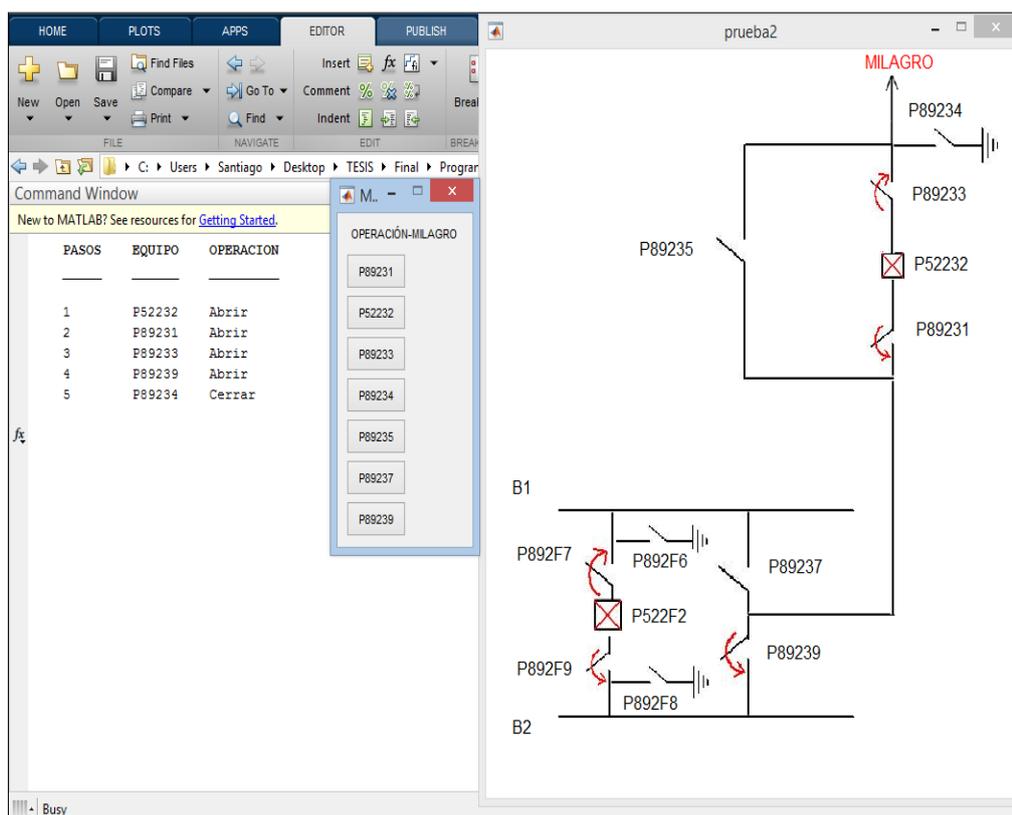


**Figura 3.50: Selección de operación.**

En la Figura 3.50, nuevamente se muestran las opciones que tiene el menú de Desenergización. Dado que previamente se había seleccionado la opción

“Procedimiento” ahora se tendrá que seleccionar la opción “Operación” para continuar con el proceso.

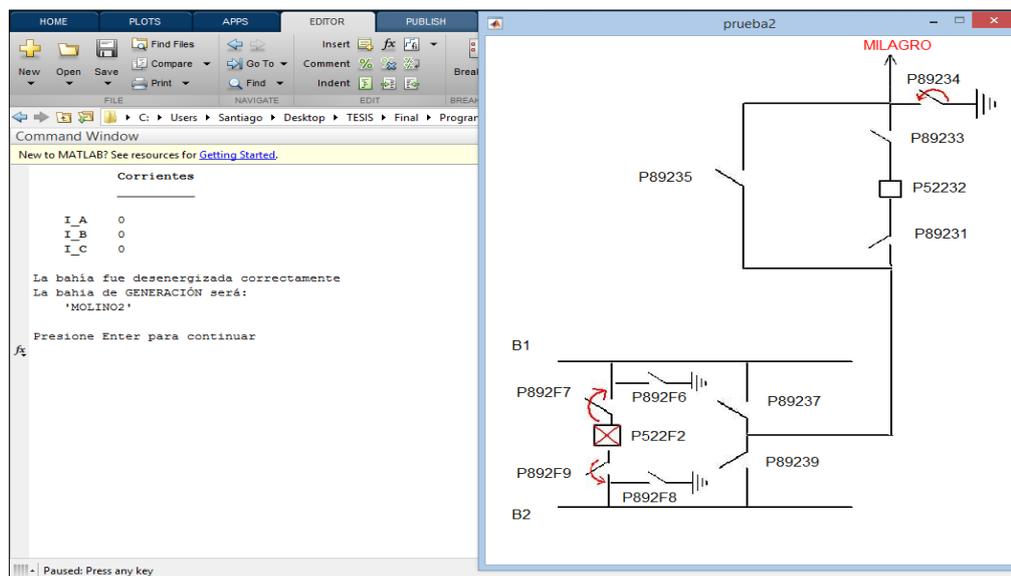
Ahora si se podrá realizar las operaciones necesarias para la desenergización, tal como lo muestra la Figura 3.51.



**Figura 3.51: Operación de desenergización.**

En la Figura 3.51, se muestran los pasos a seguir para la Desenergización y por medio del menú “OPERACIÓN-MILAGRO” se podrá seleccionar los elementos que deberán operar según los pasos mostrados.

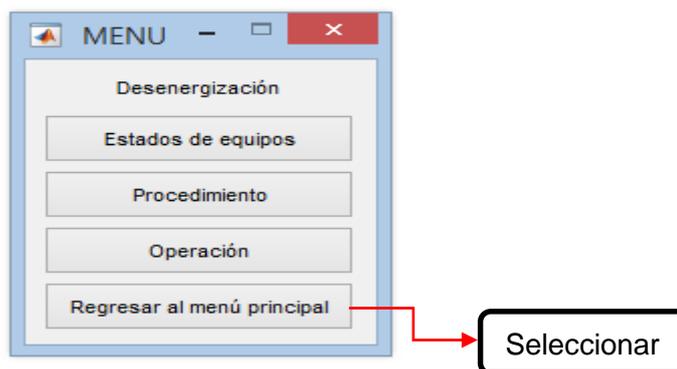
Desde el Command Windows se muestra las características de la bahía una vez realizada la desenergización. Tal como lo muestra la Figura 3.52.



**Figura 3.52: Bahía desenergizada.**

En la Figura 3.52, se muestra el alimentador desenergizado. Se observa: el valor de corriente (Valor representativo), la bahía fue desenergizada correctamente y finalmente El alimentador “Molino 2” será Generación para el sistema debido a la jerarquía de las alimentadoras. Se deberá presionar “Enter” para continuar.

Una vez realizada la desenergización, el programa mostrará nuevamente el menú de “Desenergización”. Así como lo muestra la Figura 3.53.



**Figura 3.53: Selección de regresar al menú principal.**

En la Figura 3.53, nuevamente se muestran las opciones que tiene el menú de Desenergización. Después de haber realizado la operación “Desenergizar” se deberá seleccionar la opción “Regresar al menú principal”.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Como resultado del proyecto elaborado, es posible concluir:

Matlab es una aplicación que mediante programación permite realizar la simulación de operaciones de los equipos de bahía de una Subestación eléctrica.

La herramienta GUIDE de Matlab permite simular una interfaz hombre máquina de manera más sencilla y amigable al usuario para un sistema de control de una S/E .

En un sistema de control de una bahía se presentan situaciones anómalas tales como: cortocircuitos, corrientes capacitivas, equipos en modos locales o dañados, voltajes fuera de rango, por lo tanto un sistema de control no podrá continuar su operación a menos que sean corregidos dichas anomalías.

El programa servirá como herramienta de aprendizaje para los estudiantes y como apoyo de trabajo para los profesores.

Los equipos de medición e IED`s son fundamentales para las operaciones de una subestación ya que miden los parámetros eléctricos y controlan los equipos, por lo tanto fueron incluidos en el programa y así el usuario visualiza la estructura real que tiene un programa en un centro de control de una subestación.

Para mejorar el desarrollo del proyecto se dan las siguientes recomendaciones:

Realizar visitas técnicas a una subestación eléctrica que disponga el nivel de voltaje del proyecto para recibir una explicación de cómo funciona un centro de control y las maniobras de los equipos de patio debido a que los estudiantes no conocen los pasos para realizar una operación.

Utilizar la versión de "MATLAB R2015a", ya que en la programación se utilizó funciones que en versiones anteriores no lo poseen tal como el caso de la función "Table".

Al iniciar el diseño del programa primero se debe comprender las lógicas individuales de los equipos de bahía, para luego realizar las operaciones tales como Energización, Desenergización o Transferencia.

Utilizar la función "menu" de Matlab cuando el usuario necesite seleccionar ya sea una opción o un equipo de patio, ya que así se asemeja a un software de control.

Realizar una tabla binaria de acuerdo al número de equipos por bahía para identificar todos los casos que pueda presentarse en la misma.

Añadir una opción donde se pueda observar desde una interfaz gráfica todas las bahías de la subestación.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] CONELEC, «Perspectiva y expansión del sistema eléctrico ecuatoriano,» PLAN MAESTRO DE ELECTRIFICACIÓN 2013-2022, 2013.
- [2] ABB, «Equipamiento para Subestaciones Productos de Media y Alta tensión,» LA PAZ, 2009.
- [3] «GLOSARIO DE TÉRMINOS DE SISTEMA ELÉCTRICO ECUATORIANO,» 12 10 2010. [En línea]. Available: [https://www.celec.gob.ec/transelectric/images/stories/baners\\_home/ley/terminologia.pdf](https://www.celec.gob.ec/transelectric/images/stories/baners_home/ley/terminologia.pdf).
- [4] M. A. Toscano Palacios, «Automatización de una Subestación Eléctrica utilizando el protocolo IEC 61850 y el ICCP para el envío de datos,» Lima, 2010.
- [5] CELEC, «Transformadores-pascuales,» 2016.
- [6] J. Espinoza Guerrero, «GUÍA DE SELECCIÓN DE SISTEMA DE PROTECCIÓN EN SUBESTACIONES POR MEDIO DE RELÉS BASADOS EN MICROPROCESADORES APLICADO EN SUBESTACIONES DE TRANSMISIÓN,» Guayaquil, 2010.
- [7] C. «Surge Arresters,» OLEAN, N.Y., 1998.
- [8] C. Contreras, «Sistemas de Control en Subestaciones de Alta Tensión del Control Convencional al Control Numérico,» 2002.
- [9] «Celec Transelectric,» 10 08 2016. [En línea]. Available: <http://operacion.transelectric.com.ec/real/INDEX.asp?zoom=3>.
- [10] [En línea]. Available: <http://gama.fime.uanl.mx/~omeza/pro/SE/5.pdf>.
- [11] R. A. Brantes Meza, «Diseño y construcción de una maqueta que permita simular la operación de una subestación típica configurada en doble barra,» Quito, 2008.

- [12] CEPEDA MORENO, SANTIAGO ROBERTO; ERAZO HIDALGO, FRANKLIN OSWALDO;, «DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DIDÁCTICO PARA REPRESENTACIÓN DE SEÑALES ANALÓGICAS CON PLC Y SCADA IN TOUCH , CASO PRÁCTICO HORNO DE ACTIVACIÓN DE PEGAMENTO,» RIOBAMBA, 2010.
- [13] N. Molina Frechero y E. Castañeda Castaneira , «MATERIAL DIDACTICO INNOVADOR NUEVAS TECNOLOGÍAS EDUCATIVAS,,» vol. 11, p. 35, 2015.
- [14] «MODULO II - 5 TRANSFORMADORES DE INSTRUMENTOS,» 2005, p. 3.
- [15] «ESPECIFICACIÓN TÉCNICA: TRANSFORMADORES DE INSTRUMENTACION DE ALTA TENSION,» 2008.
- [16] C. M. ALOMOTO ALDANA, «RECONFIGURACIÓN DE LOS ESQUEMAS DE PROTECCIÓN Y CONTROL MEDIANTE RELÉS ALFANUMÉRICOS PARA MODERNIZAR LA SUBESTACIÓN NORTE DE LA EEQ.SA.,» QUITO, 2010.

## ANEXOS

### ANEXO A

#### Lógicas

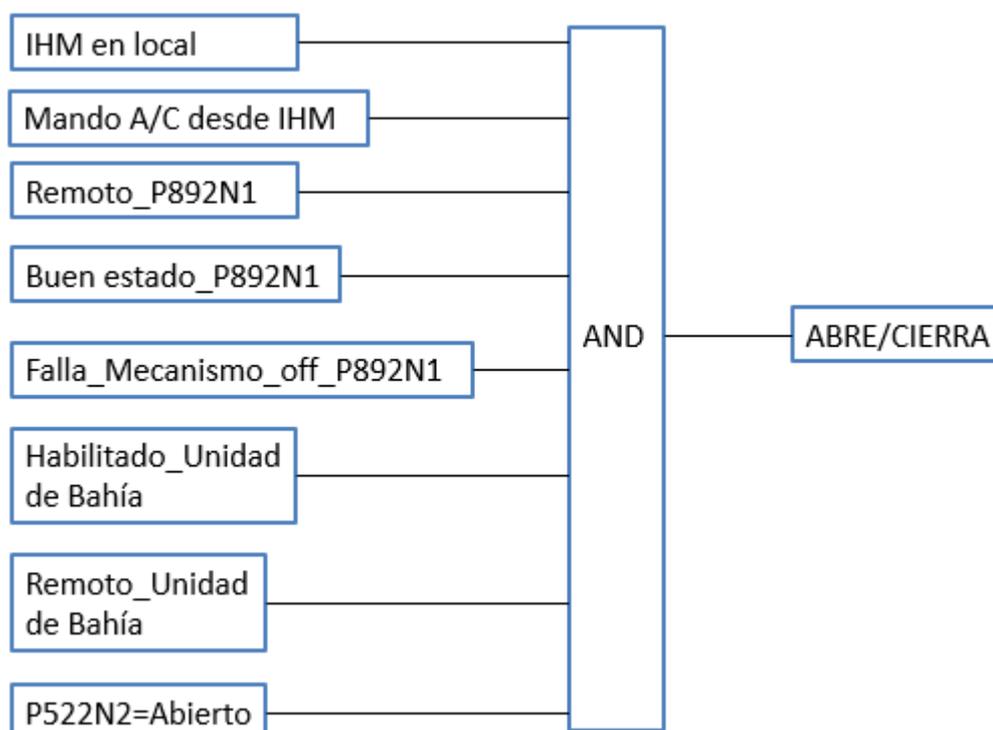


Figura A1: Lógica de Abre/Cierra del seccionador P892N1.

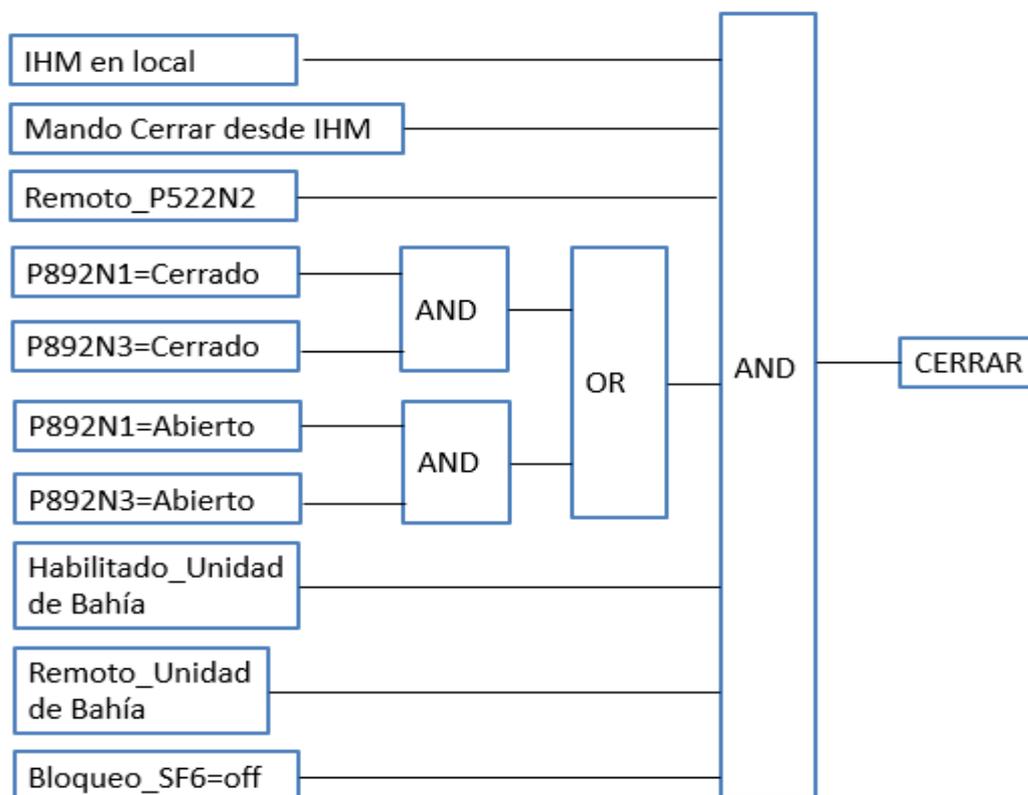


Figura A2: Lógica de Cierre del disyuntor P892N2.

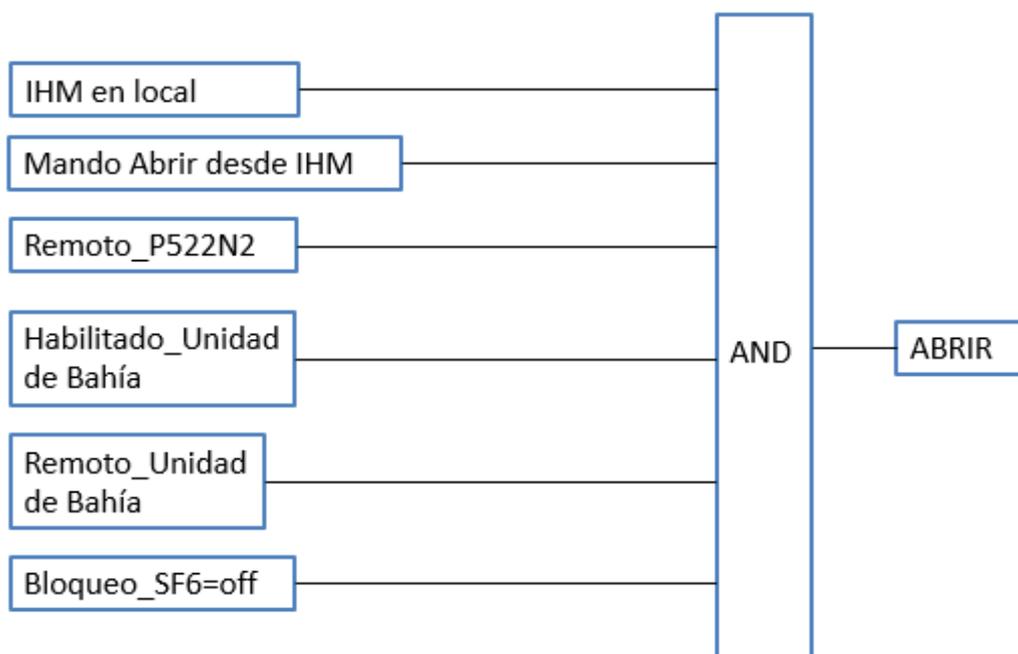


Figura A3: Lógica de Abrir del disyuntor P892N2.

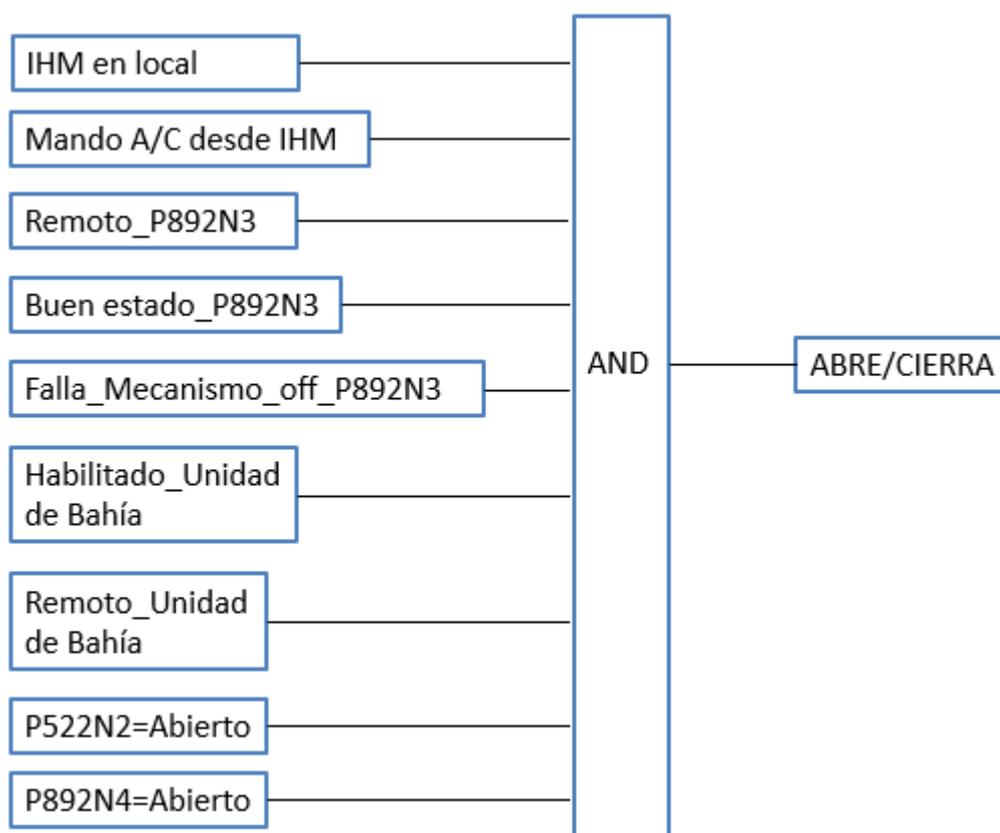


Figura A4: Lógica de Abre/Cierra del seccionador P892N3.

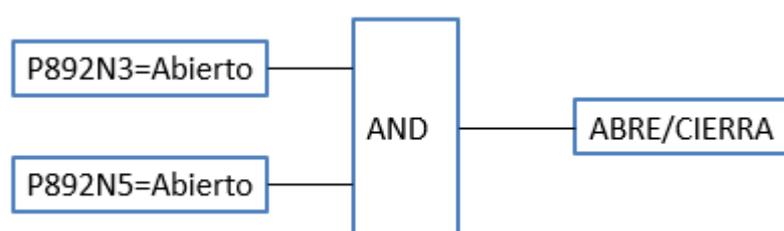


Figura A5: Lógica de Abre/Cierra del seccionador P892N4.

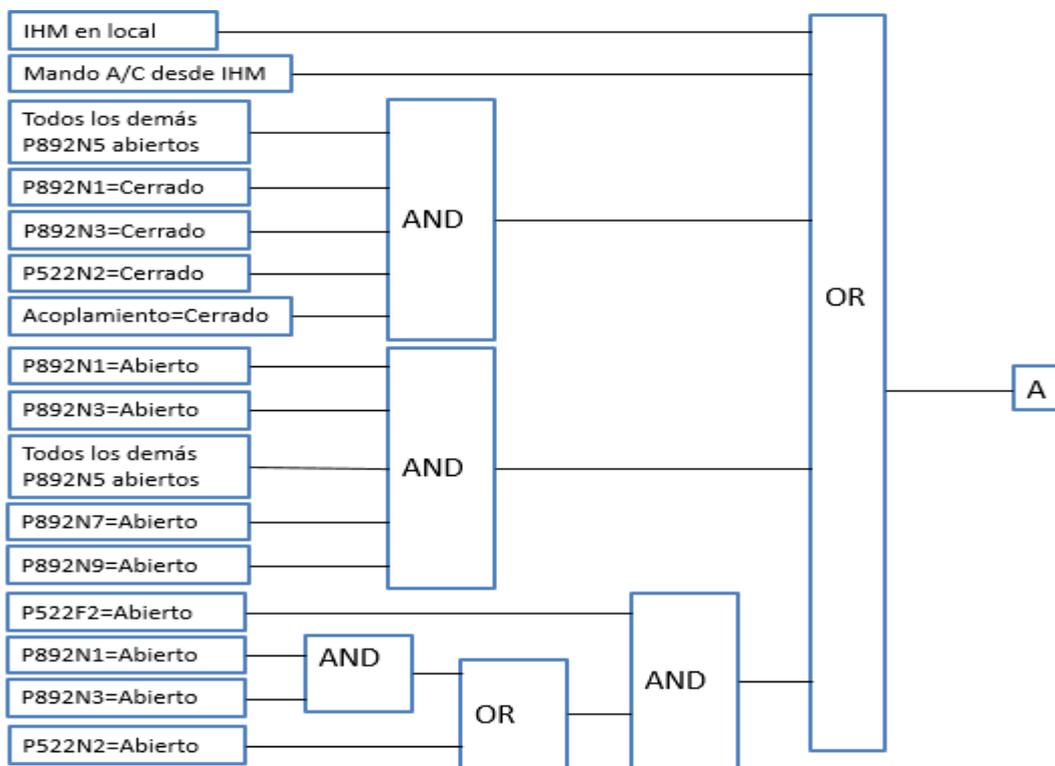


Figura A6.1: Lógica de Abre/Cierra del seccionador P892N5.

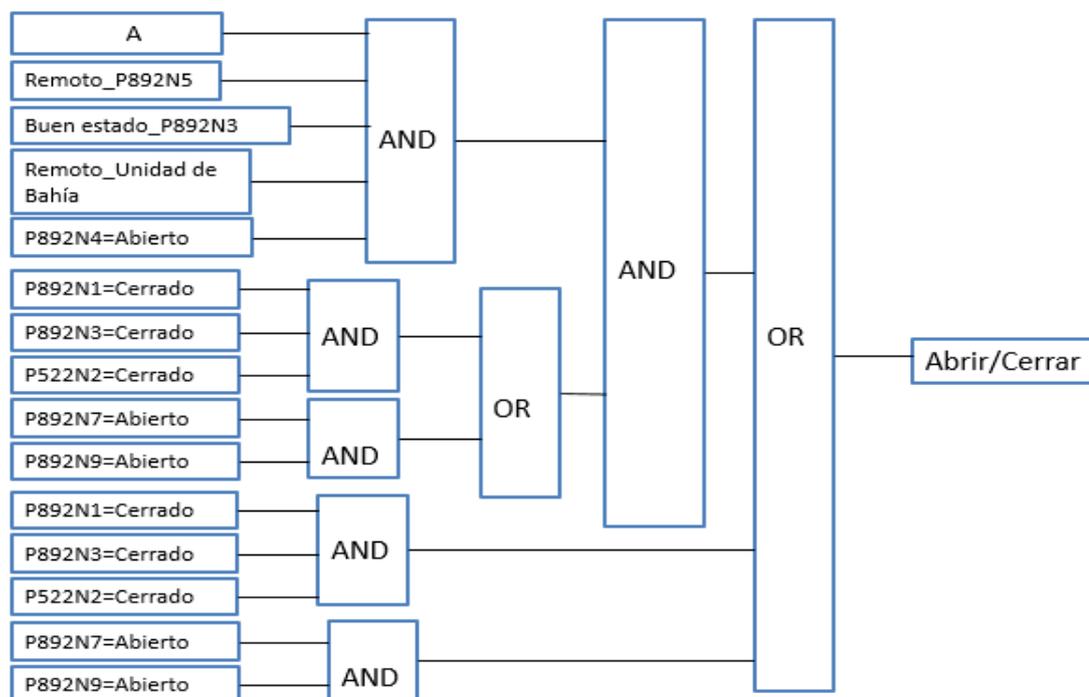


Figura A6.2: Lógica de Abre/Cierra del seccionador P892N5.

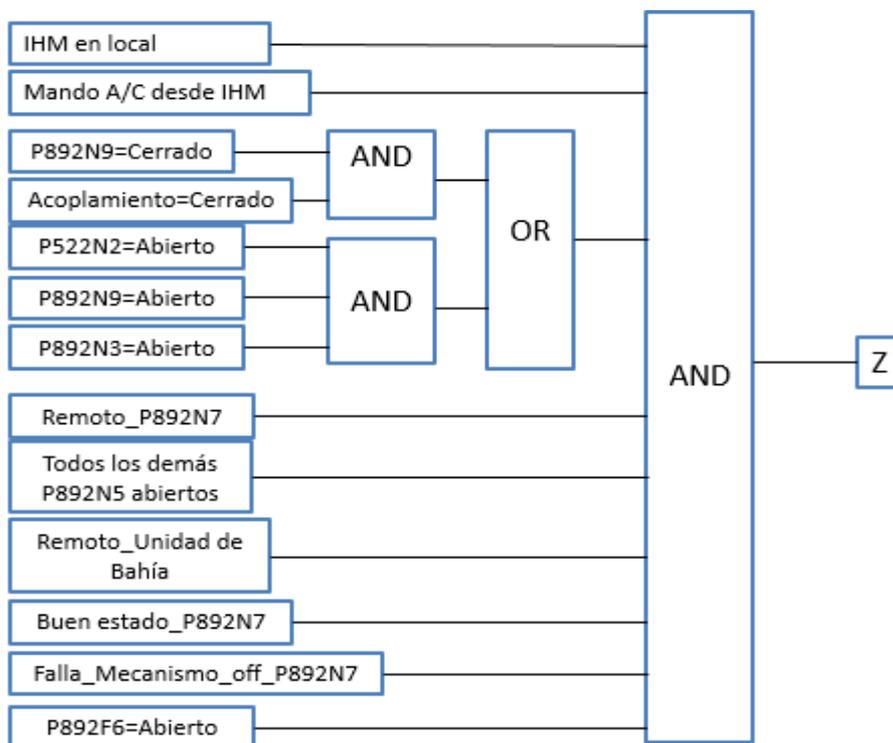


Figura A7.1: Lógica de Abre/Cierra del seccionador P892N7.

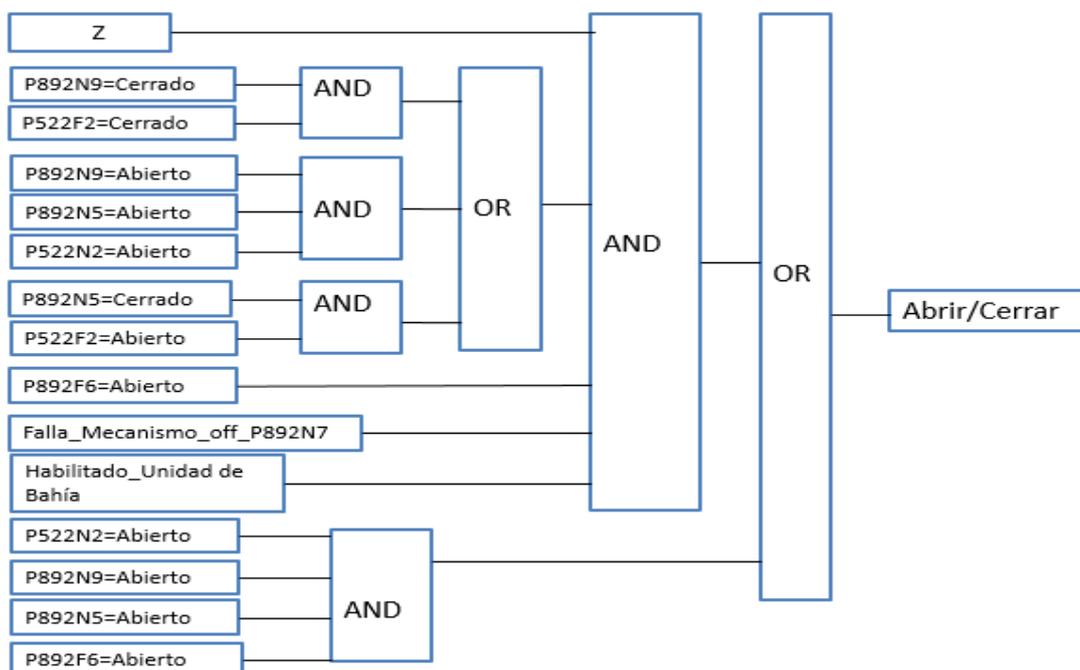


Figura A7.2: Lógica de Abre/Cierra del seccionador P892N7.

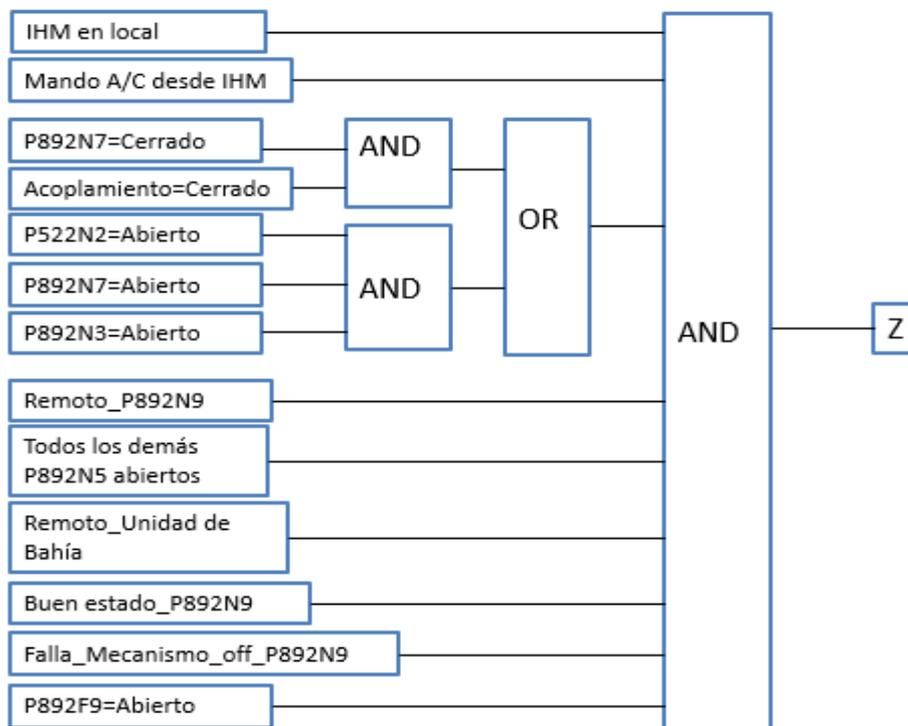


Figura A8.1: Lógica de Abre/Cierra del seccionador P892N9.

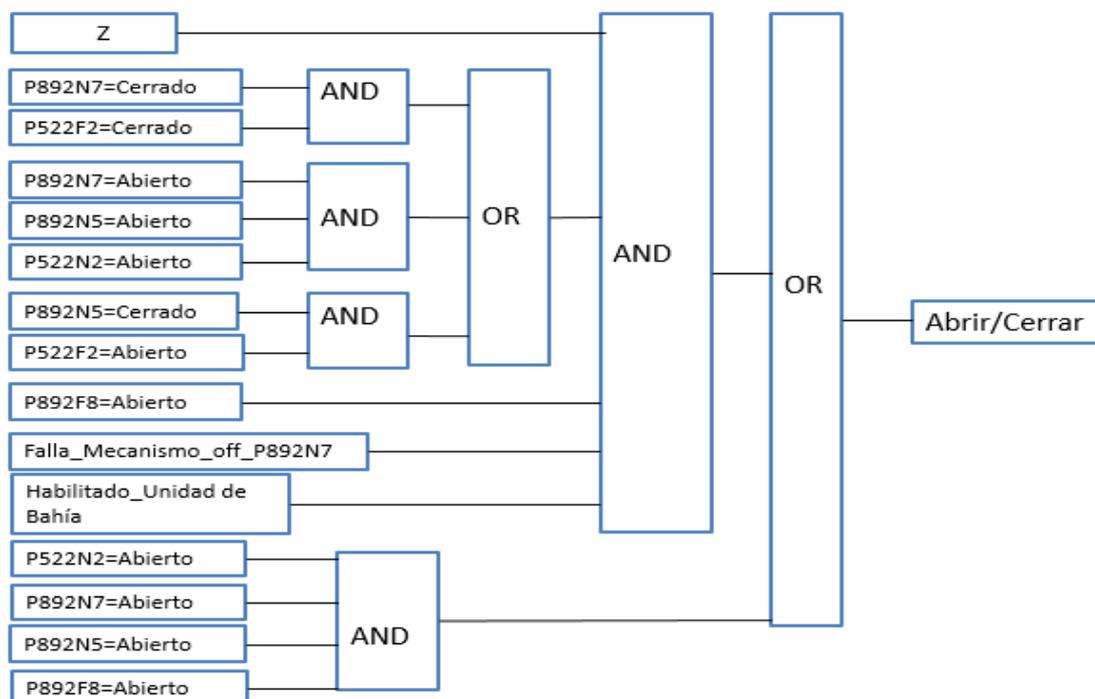
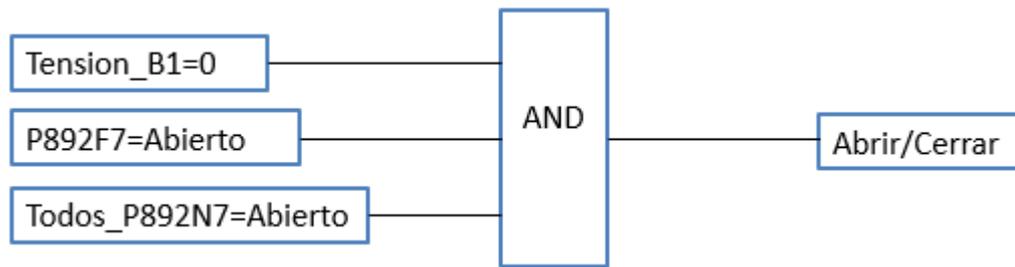
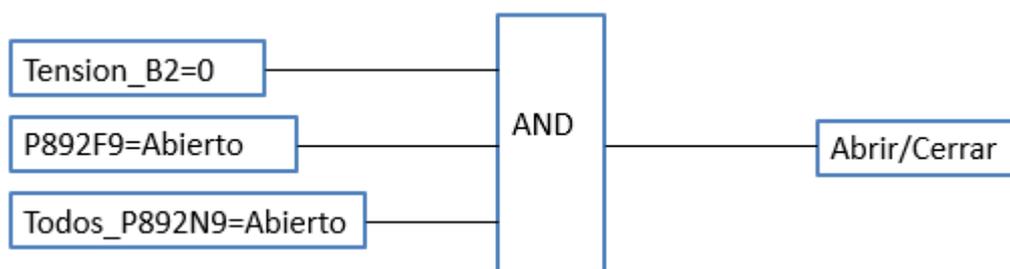


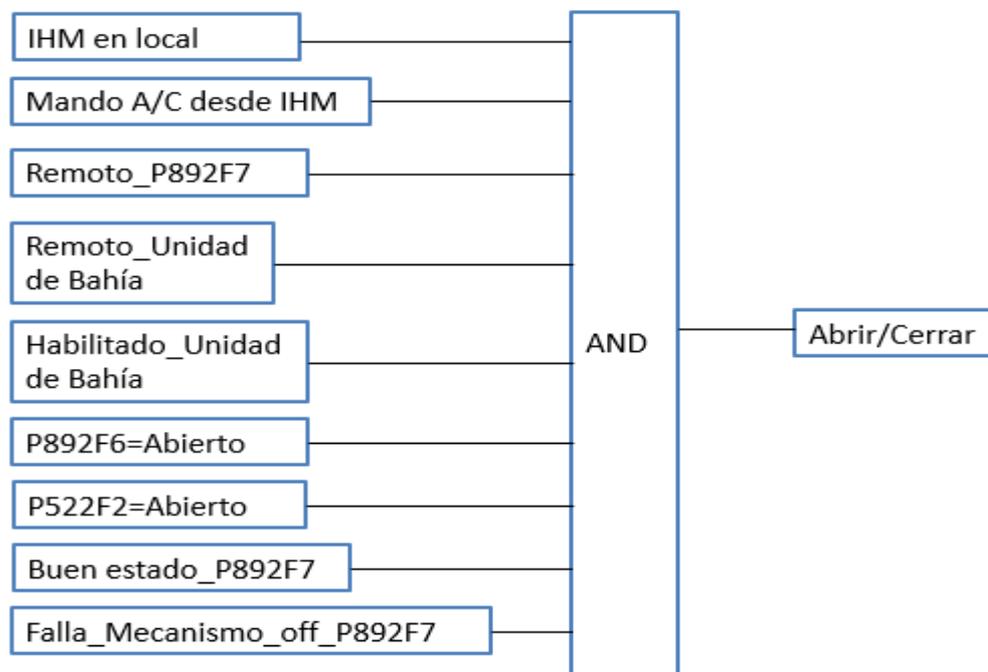
Figura A8.2: Lógica de Abre/Cierra del seccionador P892N9.



**Figura A9: Lógica del seccionador P892F6.**



**Figura A10: Lógica de Abre/Cierra del seccionador P892F8.**



**Figura A11: Lógica de Abre/Cierra del seccionador P892F7.**

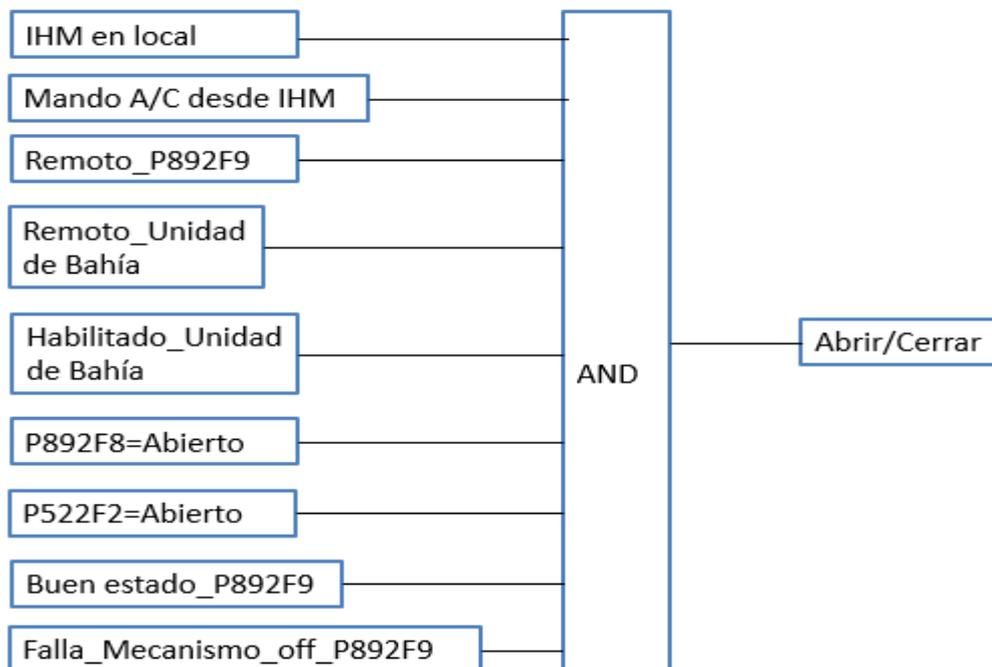


Figura A12: Lógica de Abre/Cierra del seccionador P892F9.

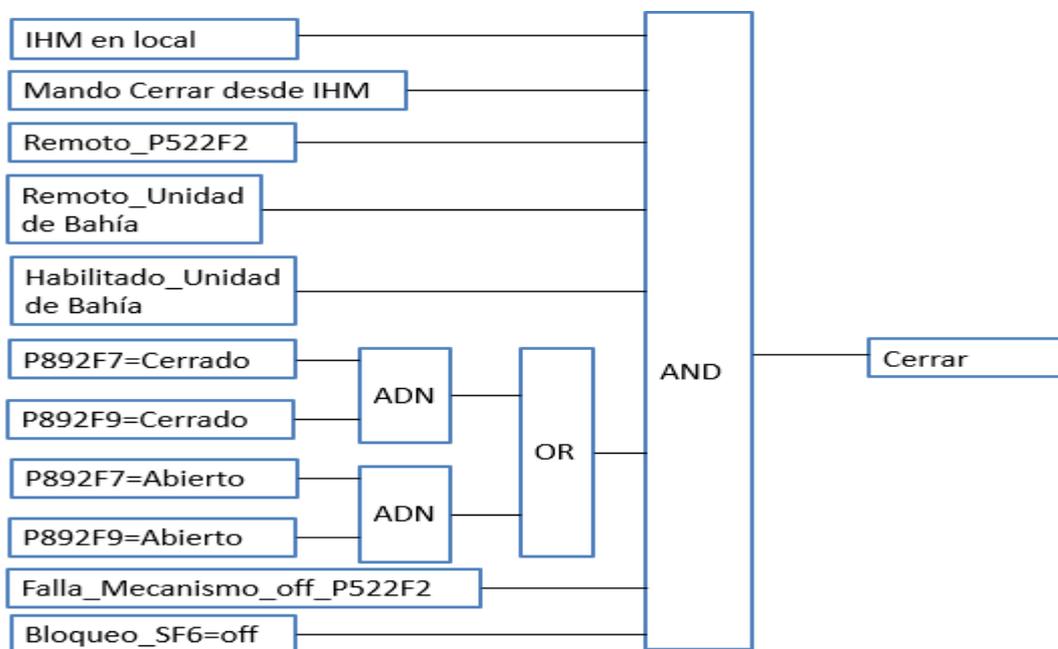


Figura A13: Lógica de Cierre del disyuntor P892F2.

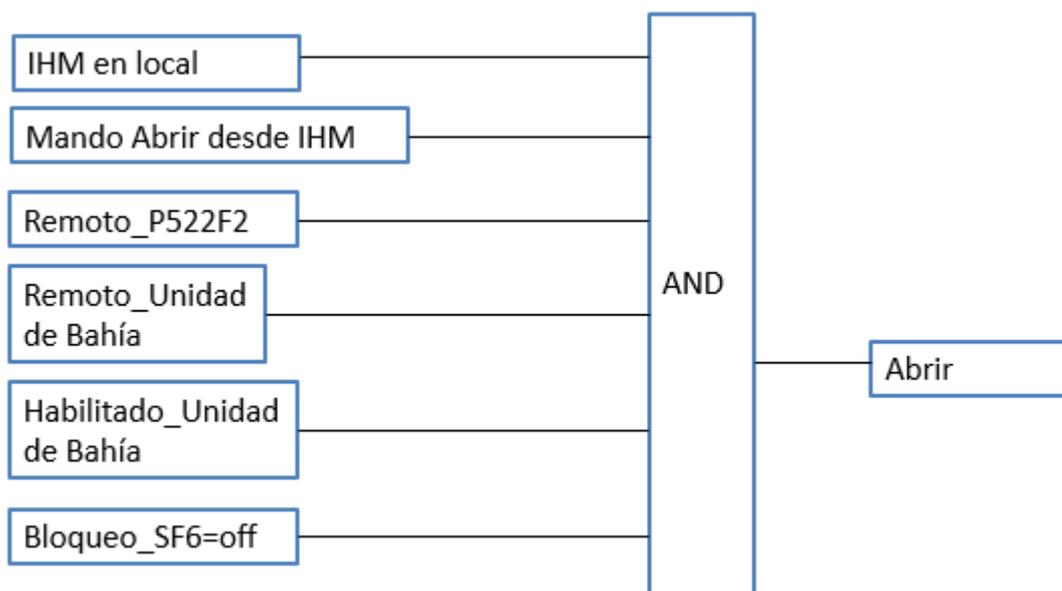


Figura A14: Lógica de Abrir del disyuntor P892F2.

## ANEXO B

```

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%Elementos de cada bahia
%
%      Quevedo2  Quevedo1  Milagro  2 Cerritos  Las Esclusas  N.Prosperina  Molino2  Molino1
codigos={'P89211', 'P89221', 'P89231', 'P89241', 'P89251', 'P89261', 'P89271', 'P89281'; %Seccionador de bahia cercano a la barra
        'P52212', 'P52222', 'P52232', 'P52242', 'P52252', 'P52262', 'P52272', 'P52282'; %Disyuntor
        'P89213', 'P89223', 'P89233', 'P89243', 'P89253', 'P89263', 'P89273', 'P89283'; %Seccionador de bahia lejano a la barra
        'P89214', 'P89224', 'P89234', 'P89244', 'P89254', 'P89264', 'P89274', 'P89284'; %Seccionador de puesta a tierra
        'P89215', 'P89225', 'P89235', 'P89245', 'P89255', 'P89265', 'P89275', 'P89285'; %Seccionador bypass
        'P89217', 'P89227', 'P89237', 'P89247', 'P89257', 'P89267', 'P89277', 'P89287'; %Seccionador selector de Barra 1
        'P89219', 'P89229', 'P89239', 'P89249', 'P89259', 'P89269', 'P89279', 'P89289'}; %Seccionador selector de Barra 2
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

```

Figura B1: codigos

**codigos:** Esta matriz fue construida con la finalidad de almacenar los nombres de los elementos de cada bahía de las alimentadoras correspondientes a la doble barra de la S/E Pascuales. Cada columna indica la bahía de acuerdo al siguiente orden: Quevedo 2, Quevedo 1, Milagro, 2 Cerritos, Las Esclusas, Nueva Prosperina, Molino 2, Molino 1. Las filas indica los elementos de acuerdo al siguiente orden: Seccionador de bahía cercano a la barra, Disyuntor, Seccionador de bahía lejano a la barra, Seccionador de puesta a tierra, Seccionador bypass, Seccionador selector de Barra 1, Seccionador selector de Barra 2.

```

Proyecto_Integrador.m  x  +
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%Elementos de las bahias de transformadores 230/138 KV
%
%      ATT      ATU
codigos_trafos={'P892T1', 'P892U1'; %seccionador 1
               'P522T2', 'P522U2'; %disyuntor
               'P892T3', 'P892U3'; %seccionador 2
               'P892T5', 'P892U5'; %seccionador de by pass
               'P892T7', 'P892U7'; %seccionador selector B1
               'P892T9', 'P892U9'}; %seccionador selector B2'}
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

```

Figura B2: codigos\_trafos

**codigos\_trafos:** Matriz que contiene los elementos de cada bahía de los transformadores correspondientes a la doble barra de la S/E Pascuales.

```

Proyecto_Integrador.m x +
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%Elementos de la bahía de acoplamiento
acople={'P892F6'; %seccionador puesta a tierra de B1
        'P892F7'; %seccionador selector B1
        'P522F2'; %DISYUNTOR
        'P892F9'; %seccionador selector B2
        'P892F8'}; %seccionador puesta a tierra de B2
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

```

**Figura B3: acople**

**acople:** Matriz que contiene los elementos de la bahía de acoplamiento correspondientes a la doble barra de la S/E Pascuales.

**Nota:** Las siguientes matrices corresponde a valores iniciales del programa, arbitrariamente se ha puesto los valores mostrados.

```

Proyecto_Integrador.m x +
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% VOLTAJE DE CADA BAHÍA
%VAB VBC VCA
v_gene_g=[0 0 0;
          231 231 231 ; %Quevedo 2
          232 232 232 ; %Quevedo 1
          233 233 233 ; %Milagro genera
          234 234 234 ; %2Cerritos
          235 235 235 ; %Las esclusas
          236 236 236 ; %N.Proesperina
          237 237 237 ; %Molino2 genera
          238 238 238]; %Molino1 genera
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

```

**Figura B4: v\_gene\_g**

**v\_gene\_g:** Matriz que contiene los voltajes de cada bahía correspondientes a la doble barra de la S/E Pascuales.

En la Figura B4, arbitrariamente se tiene los valores de voltajes mostrados, el programa es capaz de identificar si los valores de voltajes están dentro del rango permitido, de caso de no estarlo, muestra un mensaje indicando lo mencionado.

```

Proyecto_Integrador.m x +
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% Voltaje del sistema anillo 230 KV
% VAB VBC VCA
- V_anillo=[230 230 230]; % Voltaje que adquiere las barras cuando se han desenergizado todos los alimentadores.
- var_anillo=0;
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

```

**Figura B5: V\_anillo**

**V\_anillo:** Matriz que contiene los voltajes del sistema anillo (230kV valor asumido), será utilizado cuando el programa energiza bahías y luego desenergiza todas, entonces se asume que las barras están alimentadas por este voltaje.

```

Proyecto_Integrador.m x +
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% Estados de los elementos de cada bahía
% 1=Cerrado, 0=Abierto
% B1= QUEVEDO2 B2=QUEVEDO1 B3=MILAGRO B4=2CERRITOS B5=LAS ESCLUSAS
% B6=N.PROSPERINA B7=MOLINO2 B8=MOLINO1
- estados=[0 0 0 0 0 0 0; %Seccionador 1
           0 0 0 0 0 0 0; %Disyuntor
           0 0 0 0 0 0 0; %Seccionador 3
           0 0 0 0 0 0 0; %Seccionador puesta a tierra
           0 0 0 0 0 0 0; %Seccionador by-pass
           0 0 0 0 0 0 0; %Seccionador selector de barra 1
           0 0 0 0 0 0 0]; %Seccionador selector de barra 2
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

```

**Figura B6: estados**

**estados:** Matriz que contiene los estados de cada elemento (abierto/cerrado) de las bahías de las alimentadoras correspondientes a la doble barra de la S/E Pascuales.

En la Figura B6, arbitrariamente se tiene Abierto todos los elementos de las bahías. El programa es capaz de simular independientemente de los estados de los elementos.

```

Proyecto_Integrador.m x +
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% Corrientes que el alimentador obtiene al energizarse
%IA IB IC
- I=[ 100 100 100 ; %Quevedo2
      100 100 100 ; %Quevedo1
      100 100 100 ; %Milagro genera
      100 100 100 ; %2Cerritos
      100 100 100 ; %Las esclusas
      100 100 100 ; %N.Proesperina
      100 100 100 ; %Molino2 genera
      100 100 100];%Molino1 genera
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

```

**Figura B7: I**

**I:** Matriz que contiene las corrientes de cada alimentador, para cuando exista un camino cerrado, ya sea por energizar o transferencia.

En la Figura B7, arbitrariamente se tiene puesto 100 A.

```

Proyecto_Integrador.m x +
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% Corrientes Capacitivas de cada alimentador inicialmente
- IP=[0 0 0 ; %Quevedo2
      0 0 0 ; %Quevedo1
      0 0 0 ; %Milagro genera
      0 0 0 ; %2Cerritos
      0 0 0 ; %Las esclusas
      0 0 0 ; %N.Proesperina
      0 0 0 ; %Molino2 genera
      0 0 0];%Molino1 genera
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

```

**Figura B8: IP**

**IP:** Matriz que contiene las corrientes capacitivas en la línea de cada alimentador cuando esté desenergizado. (Las corrientes capacitivas suele estar presente por la misma capacitancia de la línea.)

En la Figura B8, arbitrariamente se tiene puesto 0 A.

```

Proyecto_Integrador.m x +
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%Condiciones de los elementos de cada bahía
%1=Buen estado, 0=Mal estado%
%      Q2 Q1 M 2C L.E N.P M2 M1
ON_OFF=[1  1  1  1  1  1  1  1;
        1  1  1  1  1  1  1  1;
        1  1  1  1  1  1  1  1;
        1  1  1  1  1  1  1  1;
        1  1  1  1  1  1  1  1;
        1  1  1  1  1  1  1  1;
        1  1  1  1  1  1  1  1];
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

```

Figura B9: ON\_OFF

**ON\_OFF:** Matriz que contiene las condiciones de los elementos de cada bahía (buen estado/mal estado).

En la Figura B9, arbitrariamente se tiene puesto todos los elementos en “buen estado”. El programa es capaz de simular independientemente que se encuentre en buen estado o mal estado.

```

Proyecto_Integrador.m x +
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% Modo LOCAL-REMOTO de los elementos de cada bahía
%1= remoto ; 0=local%
%      Q2 Q1 M 2C L.E N.P M2 M1
L_R=[ 1  1  1  1  1  1  1  1;
      1  1  1  1  1  1  1  1;
      1  1  1  1  1  1  1  1;
      1  1  1  1  1  1  1  1;
      1  1  1  1  1  1  1  1;
      1  1  1  1  1  1  1  1;
      1  1  1  1  1  1  1  1];
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

```

Figura B10: L\_R

**L\_R:** Matriz que contiene el modo de comunicación de los elementos de cada bahía (local/remoto).

En la Figura B10, arbitrariamente se tiene puesto todos los elementos en modo “remoto”, así se lo requiere para ejecutar cualquier operación. El programa es capaz de simular independientemente del modo que se encuentre.

```

Proyecto_Integrador.m x +
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%Falla de mecanismo de los elementos de cada bahía
%0=No falla, 1= Si falla%
%
%      Q2 Q1 M 2C L.E N.P M2 M1
mecanismo=[0 0 0 0 0 0 0 0 0;
           0 0 0 0 0 0 0 0 0;
           0 0 0 0 0 0 0 0 0;
           0 0 0 0 0 0 0 0 0;
           0 0 0 0 0 0 0 0 0;
           0 0 0 0 0 0 0 0 0;
           0 0 0 0 0 0 0 0 0];
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

```

**Figura B11: mecanismo**

**mecanismo:** Matriz que contiene el estado de falla de mecanismo de los elementos de cada bahía.

En la Figura B11, arbitrariamente se tiene puesto tal cual que todos los elementos “no falla” (significa que no presentan fallas al momento de operar), así lo requiere las lógicas de los elementos para su operación. El programa es capaz de simular independientemente si existe falla de mecanismo.

```

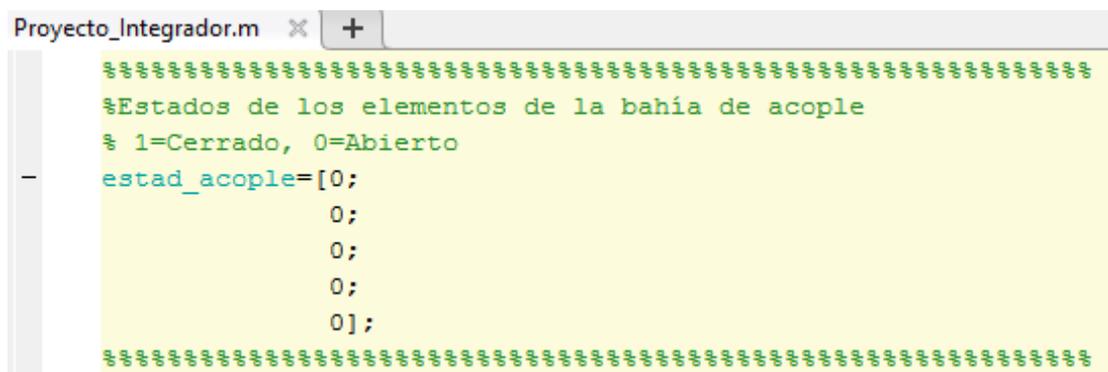
Proyecto_Integrador.m x +
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% 1=Bloqueo, 0=No bloqueado
Bloqueo_SF6=[0 0 0 0 0 0 0 0 0;
             0 0 0 0 0 0 0 0 0;
             0 0 0 0 0 0 0 0 0;
             0 0 0 0 0 0 0 0 0;
             0 0 0 0 0 0 0 0 0;
             0 0 0 0 0 0 0 0 0];
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

```

**Figura B12: Bloqueo\_SF6**

**Bloqueo\_SF6:** Matriz que contiene el estado del gas SF6 de los disyuntores de cada bahía (los que están encerrado), cabe recalcar que solo se ha considerado los estados de la segunda fila y se ha llenado de ceros para facilitar la programación.

En la Figura B12, arbitrariamente se tiene “0” el bloqueo SF6 de los disyuntores de cada bahía, así lo requiere las lógicas de los disyuntores. El programa es capaz de simular para cualquier condición inicial.



```

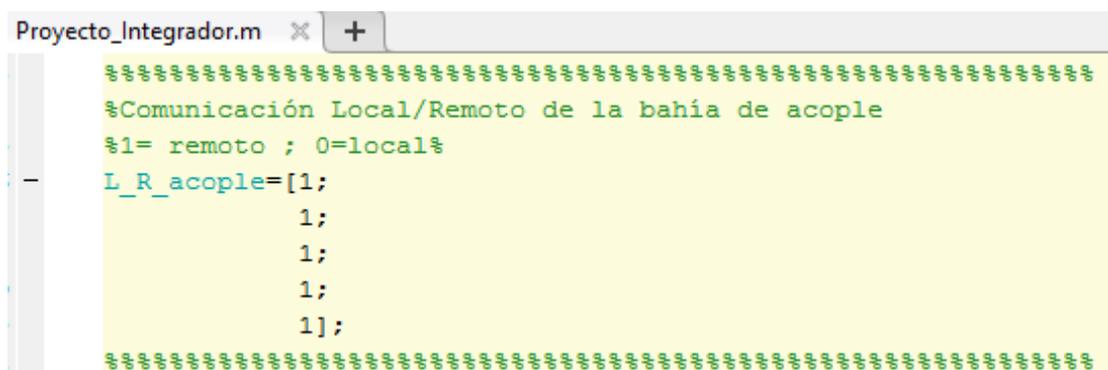
Proyecto_Integrador.m x +
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%Estados de los elementos de la bahía de acople
% 1=Cerrado, 0=Abierto
- estad_acople=[0;
                0;
                0;
                0;
                0];
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

```

**Figura B13: estad\_acople**

**estad\_acople:** Matriz que contiene los estados de cada elemento de la bahía de acople correspondientes a la doble barra de la S/E Pascuales.

En la Figura B13, arbitrariamente se tiene abierto toda la bahía del acople. El programa es capaz de simular para cualquier condición inicial de la bahía.



```

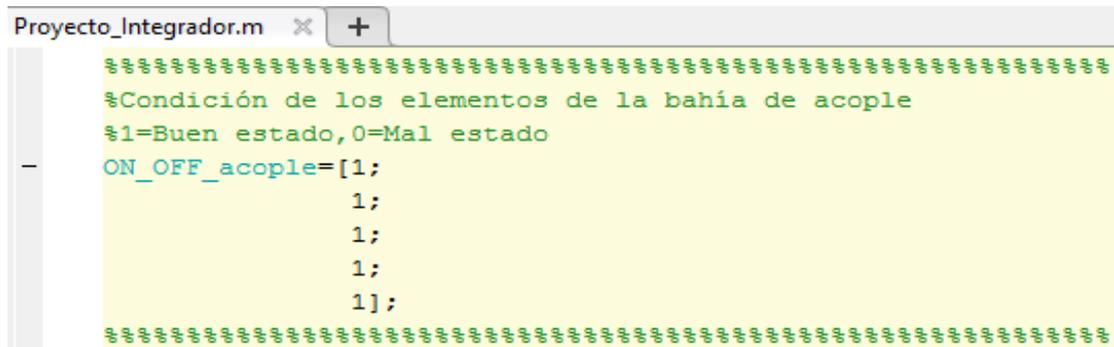
Proyecto_Integrador.m x +
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%Comunicación Local/Remoto de la bahía de acople
%1= remoto ; 0=local%
- L_R_acople=[1;
              1;
              1;
              1;
              1];
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

```

**Figura B14: L\_R\_acople**

**L\_R\_acople:** Matriz que contiene el modo de comunicación de los elementos de la bahía de acople (local/remoto).

En la Figura B14, arbitrariamente se tiene puesto todos los elementos en modo remoto, así lo requiere las lógicas de operación de estos elementos. El programa es capaz de simular independientemente del modo que se encuentre.



```

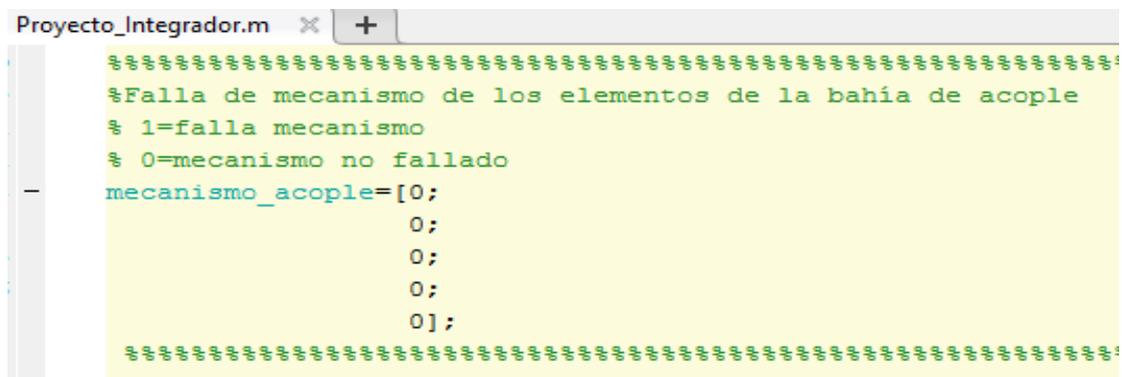
Proyecto_Integrador.m x +
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%Condición de los elementos de la bahía de acople
%1=Buen estado,0=Mal estado
ON_OFF_acople=[1;
               1;
               1;
               1;
               1];
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

```

**Figura B15: ON\_OFF\_acople**

**ON\_OFF\_acople:** Matriz que contiene las condiciones de los elementos de la bahía de acople (buen estado/mal estado).

En la Figura B15, arbitrariamente se tiene puesto todos los elementos en “buen estado”, así se lo requiere para cumplir la condición de las lógicas para la operación de los elementos de la bahía. El programa es capaz de simular independientemente del modo que se encuentre.



```

Proyecto_Integrador.m x +
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%Falla de mecanismo de los elementos de la bahía de acople
% 1=falla mecanismo
% 0=mecanismo no fallado
mecanismo_acople=[0;
                  0;
                  0;
                  0;
                  0];
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

```

**Figura B16: mecanismo\_acople**

**mecanismo\_acople:** Matriz que contiene el estado de falla de mecanismo de los elementos de la bahía de acople.

En la Figura B16, arbitrariamente se tiene puesto tal cual que todos los elementos “no falla” (significa que no presentan fallas al momento de operar), así se lo requiere para cumplir la lógica de los equipos de la bahía de acoplamiento. El programa es capaz de simular independientemente si existe falla de mecanismo.

```

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% 0=No bloqueado por SF6
% 1=bloqueado por SF6
acople_SF6=[0;
            0;
            0;
            0];
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

```

**Figura B17: acople\_SF6**

**acople\_SF6:** Matriz que contiene el estado del gas SF6 del disyuntor de la bahía de acople, cabe recalcar que solo se ha considerado el estado de la segunda fila porque así se ha ubicado a los disyuntores dentro de las matrices, y se ha llenado de ceros para facilitar la programación.

En la Figura B17, arbitrariamente se tiene “0” el bloqueo SF6 del disyuntor de la bahía de acople, así se lo requiere para cumplir las lógicas de operación. El programa es capaz de simular para cualquier condición inicial.

```

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%Estados de los elementos de las bahías de los transformadores 230/138 KV
% 1=cerrado, 0=abierto
%
%           ATT ATU
estados_trafos=[ 0 0;
                0 0;
                0 0;
                0 0;
                0 0;
                0 0];
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

```

**Figura B18: estados\_trafos**

**estados\_trafos:** Matriz que contiene los estados de los elementos de cada bahía de los transformadores correspondientes a la doble barra de la S/E Pascuales.

En la Figura B18, arbitrariamente se tiene abierto los elementos de los transformadores. El programa es capaz de simular para cualquier condición inicial.

```

Proyecto_Integrador.m x +
%% Estados de los IED'S de cada bahía
%(1=HABILITADO, 0=DAÑADO)
      % N1      N2      N3
medidores_TP= [1      1      1; %Quevedo2
               1      1      1; %Quevedo1
               1      1      1; %Milagro
               1      1      1; %2Cerritos
               1      1      1; %Las esclusas
               1      1      1; %N.Proesperina
               1      1      1; %Molino2
               1      1      1]; %Molino1

```

**Figura B19: medidores\_TP**

**medidores\_TP:** Matriz que contiene las condiciones (habilitado/dañado) de los equipos IED`s de cada bahía.

En la Figura B19, arbitrariamente se tiene puesto todos los elementos “habilitado”. El programa es capaz de simular para cualquier condición inicial.

```

Proyecto_Integrador.m x +
%% Comunicación Local/Remoto de los IED'S de cada bahía
%Remoto=1, Local=0
      % N1      N2      N3
medidores_TP_COMUN = [1      1      1; %Quevedo2
                     1      1      1; %Quevedo1
                     1      1      1; %Milagro
                     1      1      1; %2Cerritos
                     1      1      1; %Las esclusas
                     1      1      1; %N.Proesperina
                     1      1      1; %Molino2
                     1      1      1]; %Molino1

```

**Figura B20: medidores\_TP\_COMUN**

**medidores\_TP\_COMUN:** Matriz que contiene el modo de comunicación (Local/Remoto) de los equipos IED`s de cada bahía.

En la Figura B20, arbitrariamente se tiene puesto todos los elementos en modo “remoto”. El programa es capaz de simular independientemente del modo que se encuentre.

```

Proyecto_Integrador.m x +
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% Estados de los núcleos de TP de cada bahía
% 1=ON      0=OFF
% N1      N2      N3
TP_NUCLEOS= [ 0      0      0; %QUEVEDO2
              0      0      0; %Quevedo1
              0      0      0; %Milagro
              0      0      0; %2Cerritos
              0      0      0; %Las esclusas
              0      0      0; %N.Prospalina
              0      0      0; %Molino2
              0      0      0]; %Molino1
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

```

**Figura B21: TP\_NUCLEOS**

**TP\_NUCLEOS:** Matriz que contiene el estado de los núcleos de los transformadores de voltaje de cada bahía. La primera columna corresponde al núcleo 1 (N1) del TP, la segunda columna corresponde al núcleo 2 (N2) del TP y la tercera columna corresponde al núcleo 3 (N3) del TP, y cada fila indica la bahía que pertenecen los núcleos (N1, N2 y N3).

En la Figura B21, arbitrariamente se tiene puesto todos los elementos en “off”. El programa es capaz de simular independientemente del estado que se encuentre.

```

Proyecto_Integrador.m x +
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% Estados de los núcleos de TC de cada bahía
% 1=ON      0=OFF
% N1      N2      N3
TC_NUCLEOS= [ 0      0      0; %QUEVEDO2
              0      0      0; %Quevedo1
              0      0      0; %Milagro
              0      0      0; %2Cerritos
              0      0      0; %Las esclusas
              0      0      0; %N.Prospalina
              0      0      0; %Molino2
              0      0      0]; %Molino1
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

```

**Figura B22: TC\_NUCLEOS**

**TC\_NUCLEOS:** Matriz que contiene el estado de los núcleos de los transformador de corriente de cada bahía. La primera columna corresponde al núcleo 1 (N1) del TC, la segunda columna corresponde al núcleo 2 (N2) del TC y la tercera columna corresponde al núcleo 3 (N3) del TC, y cada fila indica la bahía que pertenecen los núcleos (N1, N2 y N3).

En la Figura B22, arbitrariamente se tiene puesto todos los elementos en “off”. El programa es capaz de simular independientemente del estado que se encuentre.

```

Proyecto_Integrador.m x +
%%
%% Estados de los núcleos del TP de la barra 1
%% 1=ON    0=OFF
%%
%%      N1  N2  N3
TP_NUCLEOS_B1= [ 0    0    0];
%%

```

**Figura B23: TP\_NUCLEOS\_B1**

**TP\_NUCLEOS\_B1:** Matriz que contiene el estado de los núcleos del TP de Barra 1. La primera columna corresponde al núcleo 1 (N1) del TP, la segunda columna corresponde al núcleo 2 (N2) del TP y la tercera columna corresponde al núcleo 3 (N3) del TP.

En la Figura B23, arbitrariamente se tiene puesto todos los elementos en “off”. El programa es capaz de simular independientemente del estado que se encuentre.

```

Proyecto_Integrador.m x +
%%
%% Estados de los núcleos del TP de la barra 2
%% 1=ON    0=OFF
%%
%%      N1  N2  N3
TP_NUCLEOS_B2= [ 0    0    0];
%%

```

**Figura 24: TP\_NUCLEOS\_B2**

**TP\_NUCLEOS\_B2:** Matriz que contiene el estado de los núcleos del TP de Barra 2. La primera columna corresponde al núcleo 1 (N1) del TP, la segunda columna corresponde al núcleo 2 (N2) del TP y la tercera columna corresponde al núcleo 3 (N3) del TP.

En la Figura B24, arbitrariamente se tiene puesto todos los elementos en “off”. El programa es capaz de simular independientemente del estado que se encuentre.

```

Proyecto_Integrador.m x +
% Matriz que muestra las mediciones de voltaje de cada barra
Medicion_barras=[0 0 0; %barra_1
                 0 0 0]; %barra_2

```

**Figura B25: Medicion\_barras**

**Medicion\_barras:** Matriz que muestra el valor de voltaje de la Barra 1 y Barra 2. Cuando el usuario desenergize todas las bahías, esta matriz tomará el valor del voltaje del sistema anillo (230kV, valor asumido).

En la Figura B25, se observa que la matriz está llena de “0”, es porque no se encuentra energizado ninguna bahía.

```

Editor - C:\Users\Santiago\Desktop\TESIS\Final\Programación final\13-08-2016\Proyecto_Integrador
Proyecto_Integrador_ejemplo_base.m x +
270 %
271 %Remoto=1, Local=0
272 - IHM=0;
273 %
274 %

```

**Figura B26: IHM**

**IHM:** Valor que indica si el programa se encuentra en modo remoto o local. Recordar que usuario representará el IHM en modo “Local”, el programa detectará el modo que se encuentre. Si se llegase a estar en modo remoto como condición inicial, el programa dará opción a cambiar a local para poder continuar con la simulación requerida por el usuario.

En la Figura B26, se observa que IHM tiene “0” como condición inicial, lo cual indica que el programa se encuentra en modo local.

## ANEXO C

### Tabla de casos de los elementos de bahía

A continuación se muestra la tabla que contiene los 128 casos de estado de los equipos de cada bahía. El usuario tiene opción a plantear cualquiera de ellos previo a la ejecución del programa. Las filas cuyos estados están de color rojo corresponden a los cortocircuitos que provocan una falla. Recordar que:

- 0= Estado abierto
- 1= Estado cerrado

Casos	Equipos						
	P892N9	P892N7	P892N5	P892N4	P892N3	P522N2	P892N1
1	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	1
3	0	0	0	0	0	1	0
4	0	0	0	0	0	1	1
5	0	0	0	0	1	0	0
6	0	0	0	0	1	0	1
7	0	0	0	0	1	1	0
8	0	0	0	0	1	1	1
9	0	0	0	1	0	0	0
10	0	0	0	1	0	0	1
11	0	0	0	1	0	1	0
12	0	0	0	1	0	1	1
13	0	0	0	1	1	0	0
14	0	0	0	1	1	0	1
15	0	0	0	1	1	1	0
16	0	0	0	1	1	1	1
17	0	0	1	0	0	0	0
18	0	0	1	0	0	0	1
19	0	0	1	0	0	1	0
20	0	0	1	0	0	1	1
21	0	0	1	0	1	0	0
22	0	0	1	0	1	0	1
23	0	0	1	0	1	1	0
24	0	0	1	0	1	1	1

Casos	P892N9	P892N7	P892N5	P892N4	P892N3	P522N2	P892N1
25	0	0	1	1	0	0	0
26	0	0	1	1	0	0	1
27	0	0	1	1	0	1	0
28	0	0	1	1	0	1	1
29	0	0	1	1	1	0	0
30	0	0	1	1	1	0	1
31	0	0	1	1	1	1	0
32	0	0	1	1	1	1	1
33	0	1	0	0	0	0	0
34	0	1	0	0	0	0	1
35	0	1	0	0	0	1	0
36	0	1	0	0	0	1	1
37	0	1	0	0	1	0	0
38	0	1	0	0	1	0	1
39	0	1	0	0	1	1	0
40	0	1	0	0	1	1	1
41	0	1	0	1	0	0	0
42	0	1	0	1	0	0	1
43	0	1	0	1	0	1	0
44	0	1	0	1	0	1	1
45	0	1	0	1	1	0	0
46	0	1	0	1	1	0	1
47	0	1	0	1	1	1	0
48	0	1	0	1	1	1	1
49	0	1	1	0	0	0	0
50	0	1	1	0	0	0	1
51	0	1	1	0	0	1	0
52	0	1	1	0	0	1	1
53	0	1	1	0	1	0	0
54	0	1	1	0	1	0	1
55	0	1	1	0	1	1	0
56	0	1	1	0	1	1	1
57	0	1	1	1	0	0	0
58	0	1	1	1	0	0	1
59	0	1	1	1	0	1	0
60	0	1	1	1	0	1	1
61	0	1	1	1	1	0	0
62	0	1	1	1	1	0	1

Casos	P892N9	P892N7	P892N5	P892N4	P892N3	P522N2	P892N1
63	0	1	1	1	1	1	0
64	0	1	1	1	1	1	1
65	1	0	0	0	0	0	0
66	1	0	0	0	0	0	1
67	1	0	0	0	0	1	0
68	1	0	0	0	0	1	1
69	1	0	0	0	1	0	0
70	1	0	0	0	1	0	1
71	1	0	0	0	1	1	0
72	1	0	0	0	1	1	1
73	1	0	0	1	0	0	0
74	1	0	0	1	0	0	1
75	1	0	0	1	0	1	0
76	1	0	0	1	0	1	1
77	1	0	0	1	1	0	0
78	1	0	0	1	1	0	1
79	1	0	0	1	1	1	0
80	1	0	0	1	1	1	1
81	1	0	1	0	0	0	0
82	1	0	1	0	0	0	1
83	1	0	1	0	0	1	0
84	1	0	1	0	0	1	1
85	1	0	1	0	1	0	0
86	1	0	1	0	1	0	1
87	1	0	1	0	1	1	0
88	1	0	1	0	1	1	1
89	1	0	1	1	0	0	0
90	1	0	1	1	0	0	1
91	1	0	1	1	0	1	0
92	1	0	1	1	0	1	1
93	1	0	1	1	1	0	0
94	1	0	1	1	1	0	1
95	1	0	1	1	1	1	0
96	1	0	1	1	1	1	1
97	1	1	0	0	0	0	0
98	1	1	0	0	0	0	1
99	1	1	0	0	0	1	0
100	1	1	0	0	0	1	1

Casos	P892N9	P892N7	P892N5	P892N4	P892N3	P522N2	P892N1
101	1	1	0	0	1	0	0
102	1	1	0	0	1	0	1
103	1	1	0	0	1	1	0
104	1	1	0	0	1	1	1
105	1	1	0	1	0	0	0
106	1	1	0	1	0	0	1
107	1	1	0	1	0	1	0
108	1	1	0	1	0	1	1
109	1	1	0	1	1	0	0
110	1	1	0	1	1	0	1
111	1	1	0	1	1	1	0
112	1	1	0	1	1	1	1
113	1	1	1	0	0	0	0
114	1	1	1	0	0	0	1
115	1	1	1	0	0	1	0
116	1	1	1	0	0	1	1
117	1	1	1	0	1	0	0
118	1	1	1	0	1	0	1
119	1	1	1	0	1	1	0
120	1	1	1	0	1	1	1
121	1	1	1	1	0	0	0
122	1	1	1	1	0	0	1
123	1	1	1	1	0	1	0
124	1	1	1	1	0	1	1
125	1	1	1	1	1	0	0
126	1	1	1	1	1	0	1
127	1	1	1	1	1	1	0
128	1	1	1	1	1	1	1

## **ANEXO D**

### **Procedimientos para energizar una barra.**

Para ilustrar este ejemplo, se seleccionará la alimentadora “Milagro” lo cual será generación para el sistema.

- 1) Acoplar las barras mediante la bahía de acople. (El programa realiza el acople automáticamente e independientemente de los estados de los elementos de bahía).
- 2) Seleccionar la barra que desea conectarse. (Si selecciona la Barra 1, deberá cerrar el seccionador 7. Si selecciona la Barra 2, deberá cerrar el seccionador 9. Para ilustrar este ejemplo, se seleccionará la Barra 1).
- 3) Cerrar el seccionador selector de Barra 1 (P89237).
- 4) Cerrar los seccionadores asociados al disyuntor (P89211 y P89213).
- 5) Cerrar el disyuntor (P52232).

### **Procedimientos para energizar una alimentadora.**

Para ilustrar este ejemplo, se seleccionará la alimentadora “Quevedo 2”.

- 1) Seleccionar la barra que desea conectarse. (Si selecciona la Barra 1, deberá cerrar el seccionador 7. Si selecciona la Barra 2, deberá cerrar el seccionador 9. Para ilustrar este ejemplo, se seleccionará la Barra 2).
- 2) Cerrar el seccionador selector de Barra 2 (P89219).
- 3) Cerrar los seccionadores asociados al disyuntor (P89211 y P89213).
- 4) Cerrar el disyuntor (P52212).

### **Procedimientos para desenergizar una línea.**

Para ilustrar este ejemplo, se seleccionará la alimentadora “Quevedo 2”.

- 1) Abrir el disyuntor (P52212).
- 2) Abrir los seccionadores asociados al disyuntor (P89211 y P89213).
- 3) Abrir el seccionador selector de Barra 2 (P89219).
- 4) Cerrar el seccionador puesta a tierra (P89214).

## Transferencia

- **Caso 1:** La línea que se hará transferencia se encuentra energizada, recordar que si la energización se la efectuó desde la opción “Energizar”, el programa automáticamente realiza el acople.

Para ilustrar este ejemplo, se seleccionará la alimentadora “Molino 1”

- 1) Seleccionar la barra que será de transferencia.
  - 2) Si selecciona la Barra 1, el usuario deberá traspasar a la Barra 2 todas las alimentadoras incluyendo a la bahía de transformadores que estén conectadas a través de la Barra 1. Si selecciona la Barra 2, el usuario deberá traspasar a la Barra 1 todas las alimentadoras incluyendo a la bahía de transformadores que estén conectadas a través de la Barra 2. Para ilustrar este ejemplo, se seleccionará la Barra 1).
  - 3) Cerrar seccionador bypass (P89285).
  - 4) Abrir el disyuntor (P52212).
  - 5) Abrir los seccionadores asociados al disyuntor (P89211 y P89213).
- **Caso 2:** La línea a transferir se encuentra desenergizada.

Para ilustrar este ejemplo, se seleccionará la alimentadora “Molino 2”.

- 1) Seleccionar la barra que será de transferencia.
- 2) (Si selecciona la Barra 1, el usuario deberá traspasar a la Barra 2 todas las alimentadoras incluyendo a la bahía de transformadores que estén conectadas a través de la Barra 1. Si selecciona la Barra 2, el usuario deberá traspasar a la Barra 1 todas las alimentadoras incluyendo a la bahía de transformadores que estén conectadas a través de la Barra 2. Para ilustrar este ejemplo, se seleccionará la Barra 1).
- 3) Abrir el disyuntor de la bahía de acople. (P522F2).
- 4) Abrir los seccionadores asociados al disyuntor de la bahía de acople (P892F7 y P892F9).
- 5) Cerrar el seccionador selector de Barra 1 (P89277).
- 6) Cerrar el seccionador bypass (P89275).
- 7) Cerrar el seccionadores asociados al disyuntor de la bahía de acople (P892F7 y 892F9).

- 8) Cerrar el disyuntor de la bahía de acople (P522F2).

### **Procedimientos para energizar posterior a una transferencia.**

Para ilustrar este ejemplo, se seleccionará la alimentadora “Las esclusas”

- 1) Si en el sistema se tiene que la barra de transferencia es la Barra 1, entonces se deberá cerrar el selector de Barra 2 (P89259). Si en el sistema se tiene que la barra de transferencia es la Barra 2, entonces se deberá cerrar el selector de Barra 1 (P89257).
- 2) Cerrar los seccionadores asociados al disyuntor (P89211 y P89213).
- 3) Cerrar el disyuntor (P52252).

### **Procedimientos para desenergizar una transferencia.**

Para ilustrar este ejemplo, se asumirá que la barra de transferencia es la Barra 1 y que la alimentadora que se ha transferido es “Molino 1”

- 1) Abrir el disyuntor de la bahía de acople (P522F2).
- 2) Abrir los seccionadores asociados al disyuntor de la bahía de acople (P892F7 y P892F9).
- 3) Abrir el seccionador selector de Barra 1 (P89287).
- 4) Abrir el seccionador bypass (P89285).
- 5) Cerrar el seccionador de puesta a tierra (P89284).
- 6) Cerrar los seccionadores asociados al disyuntor de la bahía de acople (P892F7 y P892F9).
- 7) Cerrar el disyuntor de la bahía de acople (P522F2).