



① Equipo: AEL-EPP. Aplicación de Centrales de Energía

Sistema **SCADA** de EDIBON

Técnica de Enseñanza usada



②

Software para:
- Control
- Adquisición de Datos
- Manejo de Datos



Computador
(no incluido en el suministro)

③ Cables y Accesorios

④ Manuales

* El suministro mínimo siempre incluye: 1 + 2 + 3 + 4 (Computador no incluido en el suministro)

Características principales:

- **Sistema SCADA con Control Avanzado en Tiempo Real.**
- **Control Abierto + Multicontrol + Control en Tiempo Real.**
- **Software de Control EDIBON específico, basado en LabVIEW.**
- **Compatibilidad del equipo con un proyector y/o una pizarra electrónica, que permiten explicar y demostrar el funcionamiento del equipo a toda la clase al mismo tiempo.**
- **Preparado para realizar investigación aplicada, simulación industrial real, cursos de formación, etc.**
- **El usuario puede realizar las prácticas controlando el equipo a distancia, y además es posible realizar el control a distancia por el departamento técnico de EDIBON.**
- **El equipo es totalmente seguro, ya que dispone de 4 sistemas de seguridad (mecánico, eléctrico, electrónico y por software).**
- **Diseñado y fabricado bajo varias normas de calidad.**
- **Software ICAI opcional para crear, editar y llevar a cabo ejercicios prácticos, tests, exámenes, cálculos, etc. Además de monitorizar el progreso y conocimiento alcanzado por el usuario.**
- **Este equipo se ha diseñado para poder integrarse en futuras expansiones. Una expansión típica es el Sistema SCADA NET de EDIBON (ESN) que permite trabajar simultáneamente a varios estudiantes con varios equipos en una red local.**

**CONTROL ABIERTO
+
MULTICONTROL
+
CONTROL EN TIEMPO REAL**



www.edibon.com
↳ PRODUCTOS
↳ 5.- ENERGÍA



Certificado de Aprobación del
Sistema de Gestión de Calidad



Certificado Unión Europea
(seguridad total)



Normativas UL y CSA
(Todos nuestros productos cumplen con la
normativa vigente de UL y CSA)



Certificado de Aprobación del
Sistema de Gestión Ambiental



Certificado de Pertenencia
a la Asociación Mundial
Worlddidac

TABLA DE CONTENIDO

7.1	DESCRIPCIÓN.....	3
7.1.1	Introducción.....	3
7.1.2	Descripción del equipo.....	6
7.1.2.1	Descripción de la aplicación.....	6
7.1.2.2	Descripción de los módulos.....	8
7.1.3	Descripción del proceso.....	26
7.1.3.1	Cableado de los módulos AEL-EPP.....	26
7.1.4	Posibilidades prácticas.....	38
7.1.4.1	Generación.....	38
7.1.4.2	Algunas posibilidades prácticas con el software SCADA.....	38
7.1.5	Especificaciones de los módulos.....	39
7.1.5.1	N-PPCM1: Control y Protección del Grupo Turbina-Generador Módulo 1.....	39
7.1.5.2	N-PSUB2: Módulo 2 de subestación de generación eléctrica.....	41
7.1.5.3	N-ALI01: Fuente de alimentación industrial.....	42
7.1.5.4	N-EALD. Módulo analizador de redes con adquisición de datos.....	42
7.1.5.5	N-REFT/3C: Módulo de Resistencias Configurables Trifásico 3 x 300 W.....	43
7.1.5.6	N-INDT/3C: Módulo de Inductancias Configurables Trifásico 3 x 300 VAR.....	44
7.1.5.7	N-CAR19T/3C: 3 x 300 VAR Módulo de condensadores Trifásico Configurable.....	44
7.1.5.8	EMT6/1K: Generador síncrono trifásico de 1 kW/1P.....	44
7.1.5.9	SERV01: Servomotor de CA 1.....	45
7.2	TEORÍA.....	46
7.2.1	Redes inteligentes.....	46
7.2.2	Introducción a las máquinas síncronas.....	47
7.2.3	Introducción al generador síncrono.....	48
7.2.4	Tipos de configuración de las subestaciones.....	49
7.2.5	Líneas de transmisión eléctrica.....	53
7.2.6	Sistemas de distribución eléctrica.....	56
7.2.7	Maniobras en subestaciones.....	57
7.2.8	"5 reglas de oro" de la seguridad en las subestaciones.....	60
7.2.9	Elementos comunes en los sistemas de transmisión/distribución.....	61
7.2.9.1	Transformadores.....	61
7.2.9.2	Protecciones en los sistemas de transmisión/distribución.....	65
7.2.10	Compensación de potencia reactiva.....	67
7.3	OPERATIVIDAD.....	70
7.3.1	Puesta en marcha de la aplicación.....	70
7.3.2	Apagar la aplicación.....	73
7.3.3	N-PSUB2: Módulo 2 de subestación de generación eléctrica.....	74
7.3.3.1	Modo de control local.....	74
7.3.3.2	Modo de control remoto.....	79
7.3.3.3	Posición inicial de los interruptores.....	79
7.3.3.4	Configuraciones para el control local del grupo generador-motor.....	80
7.3.3.5	Control y protección del grupo turbina-generador.....	83
7.3.4	N-REFT/3C. Módulo de resistencias configurables trifásicas 3x300 W.....	93
7.3.5	N-INDT/3C. Módulo de Inductancias Configurables Trifásico 3x300 VAR.....	96
7.3.6	N-CAR19T/3C. Módulo de condensadores configurables trifásicos 3x300 VAR.....	100
7.3.7	Software SCADA.....	104
7.3.7.1	Menús principales SCADA.....	104
7.3.7.2	Proceso de arranque del SCADA.....	106
7.3.7.3	Descripción del menú de la subestación eléctrica.....	110
7.3.7.4	Descripción del menú de línea de transmisión.....	119
7.3.7.5	Descripción del menú de la subestación de distribución.....	121
7.3.7.6	Descripción del menú de cargas.....	123
7.3.7.7	Descripción del menú del visualizador de señales.....	124

7.3.7.8	Apagado del software SCADA	126
7.4	PRINCIPALES INSTRUCCIONES, ADVERTENCIAS Y PRECAUCIONES	128
7.4.1	Consideraciones y precauciones previas	128
7.4.1.1	Alimentación	128
7.4.1.2	Motores.....	129
7.4.1.3	Generación y sincronización	129
7.4.1.4	SCADA	132
7.4.2	Instalación del controlador y configuración del puerto de comunicación.....	133
7.4.3	Configuraciones de direcciones IP.....	139
7.5	EJERCICIOS PRÁCTICOS DE LABORATORIO.....	144
7.5.1	Ejercicios prácticos de control local	144
7.5.1.1	Ejercicio práctico 1: Control automático de la tensión y la frecuencia del generador en vacío. Medición de los parámetros de generación.	144
7.5.1.2	Ejercicio práctico 2: Control automático de la tensión y la frecuencia del generador en funcionamiento autónomo.	147
7.5.1.3	Ejercicio práctico 3: Control manual de la frecuencia del generador a través del potenciómetro de control de velocidad en modo aislado de operación.	151
7.5.1.4	Ejercicio práctico 4: Control manual de la excitación del generador en funcionamiento autónomo. .	156
7.5.1.5	Ejercicio práctico 5: Operación de sincronización del generador síncrono y la red.	161
7.5.2	Ejercicios prácticos desde el SCADA	164
7.5.2.1	Consideraciones importantes antes de trabajar con el SCADA.	164
7.5.2.2	Ejercicio práctico 6: Control automático de la tensión y frecuencia del grupo electrógeno, desde el software SCADA. Operación aislada	166
7.5.2.3	Ejercicio práctico 7: Control manual de la tensión y frecuencia del generador, desde el software SCADA. Operación aislada.....	179
7.5.2.4	Ejercicio práctico 8: Operación de sincronización del generador síncrono y la red, desde el software SCADA	190
7.5.2.5	Ejercicio práctico 9: Operación de sincronización del generador síncrono y la red, desde el software SCADA, y almacenamiento de datos	202
7.6	LISTA DE FIGURAS.....	219

7. MANUAL DE EJERCICIOS PRÁCTICOS

7.1 DESCRIPCIÓN

7.1.1 Introducción

La Aplicación de Centrales de Energía “AEL-EPP” ha sido diseñada para estudiar los principios básicos de funcionamiento de las centrales de generación eléctrica, así como de las subestaciones encargadas de recibir la energía generada.

La aplicación AEL-EPP ofrece diferentes niveles de formación que proporcionarán al usuario los conocimientos y habilidades esenciales sobre los principios fundamentales de control, operación y funcionamiento de las centrales de energía con sus respectivos sistemas de generación de electricidad.

A continuación se enumeran los simuladores de centrales de energía opcionales que se recomiendan con esta aplicación (AEL-EPP):

- PSV-HPPS-SOF. Simulador de centrales hidroeléctricas.
- PSV-GSPP-SOF. Simulador de centrales eléctricas de gas.
- PSV-WPPP-SOF. Simulador de central eólica.
- PSV-BPP-SOF. Simulador de central eléctrica de biomasa.
- PSV-GPP-SOF. Simulador de centrales geotérmicas.
- PSV-HSPP-SOF. Simulador de central solar heliotérmica

Tenga en cuenta que este software de simulación de centrales de energía no está incluido en la referencia AEL- EPP y debe adquirirse por separado.

Estos programas de simulación se basan en una serie de modelos matemáticos que proporcionarán al estudiante los conceptos más significativos sobre las centrales de energía eléctrica. Tenga en cuenta que estos modelos de simulación se han simplificado al máximo para facilitar el funcionamiento del sistema.

Además, para una mejor comprensión, esta aplicación incluye una serie de módulos, dispositivos y máquinas eléctricas que reaccionarán según el funcionamiento de cada central eléctrica del software de simulación. Consulta el manual específico de cada central para saber más sobre su funcionamiento. En la siguiente imagen se indica un esquema de las centrales de hardware y software de simulación:

En la siguiente imagen se indica un esquema de las centrales de hardware y software de simulación:

AEL-EPP. Aplicación de Centrales de Energía

Softwares de simulación opcionales



Figura 1: Módulos opcionales e incluidos en la aplicación AEL-EPP

El hardware AEL-EPP está diseñado para estudiar los aspectos fundamentales como el control y regulación de los generadores síncronos, la calidad del suministro eléctrico, la regulación de frecuencia para el equilibrio entre generación y demanda de energía, etc.

La siguiente tabla muestra los módulos incluidos en la aplicación AEL-EPP:

Tabla 1 Elementos de la aplicación AEL-EPP

	REFERENCIA	NOMBRE
Aplicación	AEL-EPP	Aplicación de centrales de energía con SCADA
Módulo incluido	N-PPCM1	Módulo de Control y Protección del Grupo Turbina-Generador
Módulo incluido	N-PSUB2	Subestación de generación de energía Módulo 2
Módulo incluido	SERV01	Servomotor de CA 1
Módulo incluido	N-ALI01	Fuente de alimentación AC 3PH
Módulo incluido	EMT6/1K	Motor-generador síncrono 3PH de excitación independiente, 1kW
Módulo incluido	N-EALD	Analizador de redes con adquisición de datos

7.1.2 Descripción del equipo

7.1.2.1 Descripción de la aplicación



Figura 2: Aplicación AEL-EPP

La aplicación 'AEL-EPP' ha sido diseñada para estudiar las operaciones que se llevan a cabo en las centrales de generación eléctrica. También puede demostrar el

funcionamiento de los dispositivos de control y regulación utilizados en turbinas, generadores y subestaciones eléctricas reales.

Esta aplicación incluye un grupo servomotor-generator (turbina generador). El generador es una máquina síncrona trifásica utilizada para estudiar la generación de energía eléctrica. Está acoplado a un servomotor sin escobillas cuya velocidad se controla con gran precisión mediante un servocontrolador incluido en esta aplicación. Un innovador controlador de frecuencia/tensión controla tanto la velocidad del servomotor como la excitación de la corriente del generador. Este controlador supervisa y controla en tiempo real todos los parámetros de la turbina (servomotor) y del generador para mantener constantes la frecuencia y la tensión de salida del generador, independientemente de la carga eléctrica a la que e s t é s o m e t i d o .

Además, el usuario puede tomar el control de la turbina y el generador desde el módulo de simulación suministrado de una subestación de generación cambiando al modo de control manual, provocando perturbaciones de frecuencia y tensión que serán corregidas posteriormente con el controlador automático de frecuencia/tensión. El usuario puede monitorizar el PID de velocidad para estudiar la estabilidad del grupo motor-generator síncrono a través del controlador, que incluye una serie de alarmas y protecciones para proteger al propio grupo.

Adicionalmente, la aplicación “AEL-EPP” incluye un Sistema de Control y Adquisición de Datos (SCADA) a través del cual el usuario podrá gestionar y controlar las diferentes señales que gobiernan las subestaciones de generación eléctrica (por ejemplo: señales de arranque/parada de turbina, señal de control de velocidad de turbina, señal de control de excitación de turbina, señales de control de apertura y cierre de interruptores y seccionadores, etc.). Gracias al sistema SCADA, también es posible visualizar todos los parámetros eléctricos, como tensiones,

corrientes de línea, factor de potencia, potencia activa, reactiva potencia, potencia aparente, frecuencia y velocidad del generador, señales PID de excitación y velocidad, diagramas fasoriales, etc.

7.1.2.2 Descripción de los módulos

7.1.2.2.1 N-PSUB2. Módulo 2 de subestación de generación eléctrica

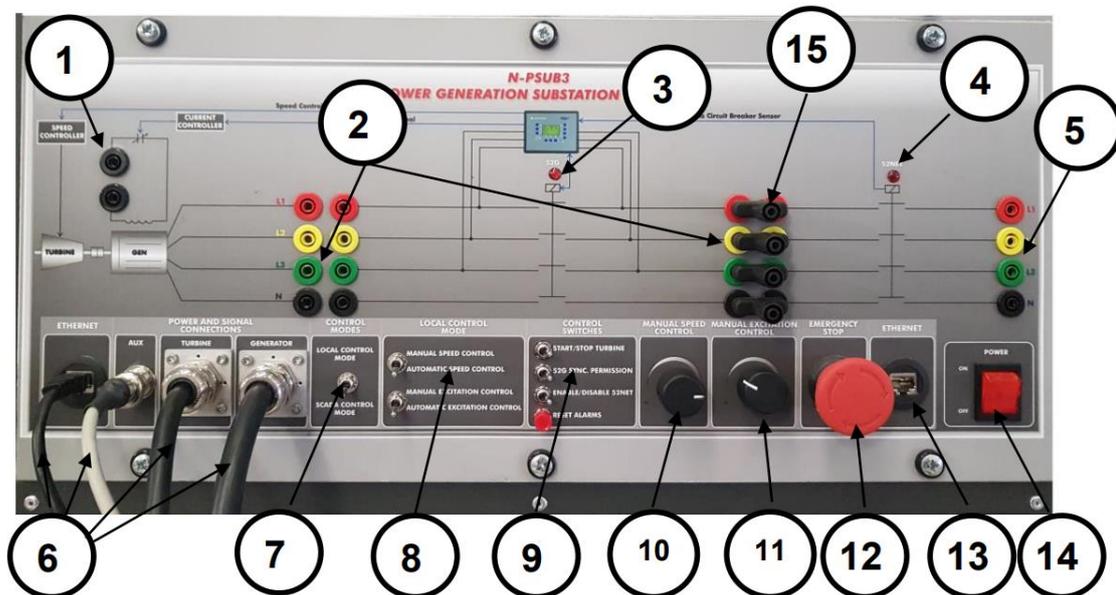


Figura 3: Módulo N-PSUB2

Este módulo simula las operaciones más habituales que se realizan en las subestaciones de generación eléctrica.

- 1. Regulador de la corriente de excitación:** Este elemento permite la regulación de la corriente de excitación del generador síncrono. La corriente de excitación es controlada por una señal generada por el regulador de Velocidad-Tensión para conseguir las condiciones adecuadas de generación de tensión. Dispone de dos terminales para la conexión de amperímetro/multímetro de corriente continua para medir la corriente de excitación del generador.

- 2. Conectores de medición:** Hay 8 terminales de conexión que coinciden con las líneas L1, L2, L3 y N. Estos terminales pueden conectarse directamente o intercalarse con instrumentos de medida como analizadores de redes.
- 3. Indicador de estado del interruptor 52G:** Esta lámpara indica el estado del interruptor de sincronización. Una lámpara iluminada indica que el interruptor está cerrado.
- 4. Indicador de estado del conmutador de red:** Esta lámpara indica el estado del conmutador de red. Una lámpara iluminada indica que el conmutador está cerrado.
- 5. Bornes de salida:** Estos bornes L1, L2, L3 y N permiten la conexión del módulo de subestación de generación con la red eléctrica del laboratorio.
- 6. Conexiones de alimentación y señal:** Este bloque consta de las siguientes conexiones que se describen a continuación:
 - Conexión Ethernet: este conector permite que la aplicación se comunique con el software SCADA y otros módulos de control remoto.
 - Conexión auxiliar: este conector recibe las señales del codificador del servomotor.
 - Turbina: Conector IP44 3PN+E 32A 400V que alimenta el servomotor.
 - Generador: Conector IP44 3PN+E 32A 400V que recibe alimentación del generador.
- 7. Modos de control:** interruptores para la selección del modo de control de la subestación:

- Modo de control local: este modo de control permite al usuario trabajar localmente con todos los interruptores y potenciómetros de este módulo.
- Modo de control SCADA: este modo de control anula la función de todos los interruptores y potenciómetros de este módulo. En esta configuración, la aplicación solo se puede supervisar desde el software SCADA.

8. Modo de control local: El modo de control local tiene 4 posibilidades para el control de la turbina y el generador. Este modo de control habilita la función de los dos interruptores que se explican a continuación:

- Interruptor de control de velocidad: este interruptor permite el control manual o automático de la velocidad de la turbina. El control manual de la velocidad se realiza mediante el respectivo potenciómetro de "control manual de la velocidad" y el control automático lo realiza el regulador.
- Interruptor de control de la excitación: este interruptor permite el control manual o automático de la excitación del generador. El control manual de la excitación se realiza mediante el respectivo potenciómetro de 'control manual de la excitación' y el control automático lo realiza el regulador.

9. Interruptores de control: Este bloque consta de cuatro interruptores para realizar la siguiente secuencia de conmutación:

- Puesta en marcha/parada de la turbina: Este interruptor pone en marcha la turbina mientras no se active ninguna alarma.
- Permiso de sincronización 52G: Este interruptor da permiso para cerrar el interruptor 52G con el fin de sincronizar el generador o trabajar en modo isla.

- **Activar/desactivar 52NET:** Este interruptor activa el cierre del 52NET interruptor de red. Por razones de seguridad, su cierre se bloqueará automáticamente si el conmutador 52G está cerrado previamente.
- **Restablecer alarmas:** Pulsador para restablecer las alarmas activas. Se necesitan dos pulsaciones para restablecer cualquier alarma.

10. Control manual de la velocidad: Este potenciómetro tiene dos funciones:

- Si el interruptor de control de velocidad está en automático, el potenciómetro de control de velocidad manual controla la consigna de potencia activa del generador.
- Si el interruptor de control de velocidad está en manual, el potenciómetro de control de velocidad manual controla la velocidad de rotación del servomotor.

11. Control manual de la excitación: Este potenciómetro permite variar la excitación del generador para tener diferentes condiciones de generación de tensión. Esta función sólo está habilitada si el interruptor de control de excitación está en control manual.

12. Parada de emergencia: La parada de emergencia permite detener el funcionamiento de la unidad de forma rápida y segura en caso de que el usuario detecte algún fallo en la unidad.

13. Ethernet: estas conexiones permiten el control remoto de la aplicación desde el SCADA. Además, pueden conectarse otros módulos compatibles para ampliar la red de control SCADA.

14. Interruptor ON/OFF: Enciende y apaga la alimentación de la unidad.

15. Puentes: Estos terminales permiten interconectar de forma fácil y segura dos terminales cercanos a una línea de alimentación. El usuario puede retirar los terminales y conectar un analizador de redes

7.1.2.2.2 N-PPCM1. Control y protección del grupo turbina-generador Módulo 1



Figura 4: Módulo N-PPPCM1

1. Controlador automático de velocidad y tensión: Este dispositivo está destinado a controlar, proteger y supervisar centrales eléctricas basadas en generadores síncronos acoplados a turbinas de gas, motores diésel, etc.

Este módulo tiene las siguientes características:

- Permite conectar hasta 16 generadores eléctricos en paralelo-isla con distribución de potencia activa y reactiva y arranque/parada en función de la demanda de carga.

- Permite conectar un generador en paralelo con la red.
- Salidas analógicas para controlar reguladores de tensión y frecuencia.
- Medición trifásica de la tensión de la red y del generador.
- Medición trifásica de la intensidad y la potencia del generador.
- Medición monofásica de la intensidad de la red.
- Sistema de protección:
 - Generador: Tensión máxima/mínima (59/27), frecuencia máxima/mínima (81O/U), asimetría de tensión, detección de barras muertas, sobretensión (32), desequilibrio de carga (46), potencia de secuencia negativa/potencia reducida (32R/F), sobreintensidad por curva definida (50/51), sobreintensidad de tiempo inverso (IEC255), fallo a tierra medido (50N/51N), rotación de fases, fallos de interruptores.
 - Red: Tensión máxima/mínima (59/27), frecuencia máxima/mínima (81O/U), salto vectorial, rotación de fases. o Red: tensión máxima/mínima (59/27), frecuencia máxima/mínima (81O/U), salto vectorial o ángulo de desfase, rotación de fase.

2. Alarmas: Se dispone de seis indicadores luminosos con alarmas configurables para informar de cualquier problema con el generador eléctrico o la turbina. Cada indicador luminoso de alarma está vinculado a la siguiente función:

- **Alarma 1.** Potencia inversa del generador: se activa cuando el controlador detecta potencia de secuencia negativa en el generador.

- **Alarma 2.** Sobreintensidad del generador: se activa cuando el controlador detecta una sobreintensidad en las líneas del generador.
- **Alarma 3:** Sobretensión/subtensión: se activa cuando el controlador detecta una sobretensión o subtensión.
- **Alarma 4:** Sobreintensidad de tiempo inverso: se activa cuando se produce una sobreintensidad repentina y elevada.
- **Alarma 5:** Sobrefrecuencia/subfrecuencia del generador: se activa cuando el controlador detecta una sobrefrecuencia o una subfrecuencia en el generador.
- **Alarma 6:** Alarmas de parada: esta alarma indica si se ha activado algún tipo de alarma que requiera rearme.

NOTA: si se activa alguna de estas alarmas, la turbina no puede funcionar.

3. Indicador de estado de la señal de control remoto: Consta de cuatro LED verdes que muestran el estado de funcionamiento del generador y la turbina:

- **Listo para funcionar:** este indicador muestra cuando el grupo turbina generador está listo para funcionar. Esta luz estará encendida mientras no se active ninguna alarma.
- **Solicitud de arranque:** este indicador se enciende cuando el usuario solicita el arranque de la turbina desde el panel de control o desde SCADA.
- **Condiciones de sincronización:** este indicador se enciende cuando el controlador comprueba que se cumplen las condiciones de sincronización, es

decir, que las diferencias entre el desfase $\Delta\delta$, la tensión ΔV y la frecuencia Δf entre el generador y la red son inferiores a los valores previamente configurados en el controlador. Cuando este LED se enciende, el usuario puede cerrar el interruptor de sincronización 52G.

Si el generador está funcionando en modo isla (52NET abierto), la lámpara de 'condiciones de sincronización' se activará cuando el generador esté en valores de 50Hz y 380 VAC.

- **Permiso de sincronización:** Este indicador se enciende cuando el usuario da permiso para la sincronización.

7.1.2.2.3 N-ALI01. Módulo de alimentación industrial



Figura 5: módulo N-ALI01

El módulo de alimentación permite alimentar al resto de módulos. Consta de una tensión monofásica y otra trifásica (para instalaciones industriales) con formato de interruptor industrial y terminales para las fases L1, L2, L3, línea L y neutro N. El módulo N-ALI01 tiene los siguientes elementos:

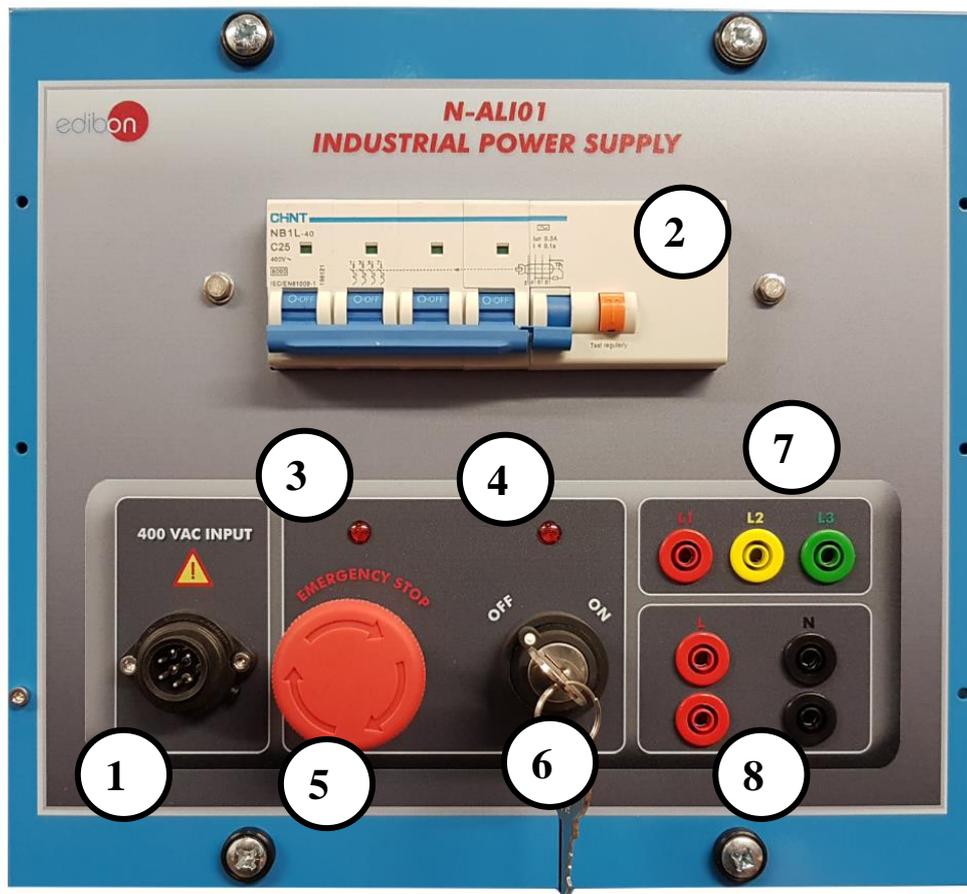


Figura 6: Elementos del módulo N-ALI01

- 1. Conector de entrada de 400VAC:** El módulo incluye un cable de alimentación para conectar el módulo a la red trifásica del laboratorio.



Figura 7 Conector de entrada

2. **Protección diferencial:** El interruptor diferencial de 4 polos de 240V/30mA/25 A (con test) y el interruptor magnetotérmico de 4 polos de 230/400V-16A/6kA se encargan de la seguridad del equipo.
3. **Indicador de parada de emergencia:** Esta lámpara indica que la seta de parada de emergencia está conectada, lo que significa que el módulo de alimentación está inoperativo.
4. **Indicador de salidas activas:** Esta luz se activará si todas las protecciones de la unidad están funcionando. Cuando esto ocurre, el módulo de alimentación está listo para ser utilizado.
5. **Seta de seguridad:** El pulsador de la seta de seguridad se utiliza cuando es necesario cortar inmediatamente la alimentación del circuito ante una situación de emergencia.
6. **Llave de seguridad:** La llave tiene dos posiciones: ON y OFF. El profesor de

laboratorio encargado puede retirar la llave en posición OFF para evitar que los alumnos operen el módulo. Compruebe que el indicador LED "salidas ON" se enciende cuando el interruptor magnetotérmico está activado; el pulsador de la seta de seguridad se desactiva y se selecciona la posición ON con la llave de seguridad.

7. Terminales trifásicos: Son las salidas trifásicas a 400VAC.

8. Bornes monofásicos: Son las dos salidas monofásicas a 230VAC.

7.1.2.2.4 EMT6/1K y SERV01. Grupo servomotor-generator

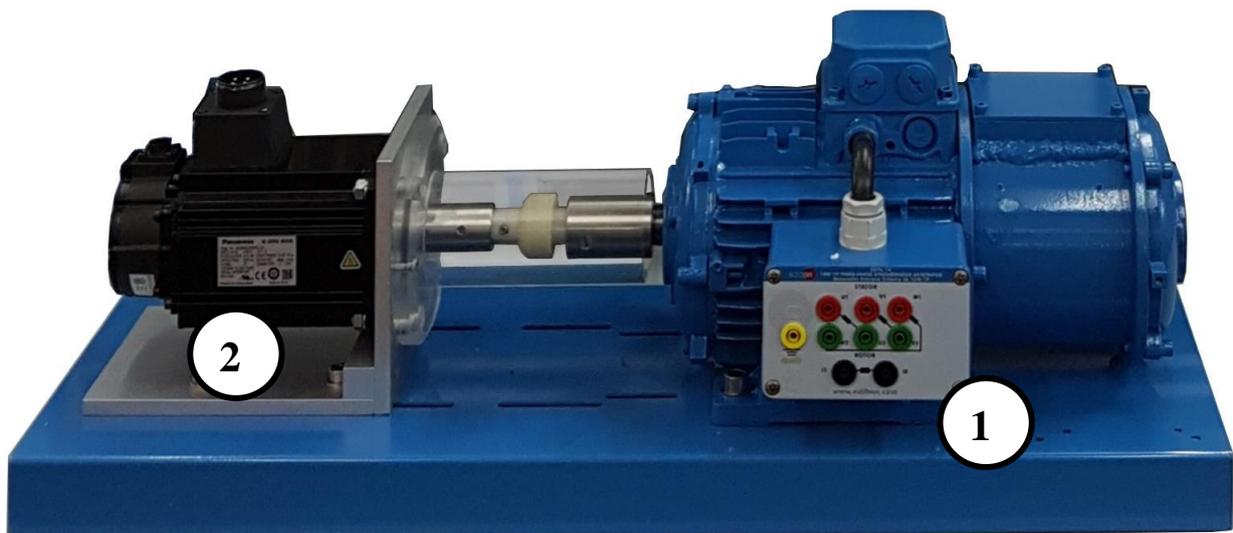


Figura 8 Acoplamiento SERV01 y EM6/1K

1. EMT6/1K. Generador síncrono trifásico de 1kW/1P. Este generador se utiliza para la producción de energía eléctrica. Consta de seis terminales que dan acceso al bobinado del estator de la máquina permitiendo su conexión en estrella y triángulo. También tiene dos terminales que proporcionan acceso al devanado de campo de la máquina para la corriente de excitación.

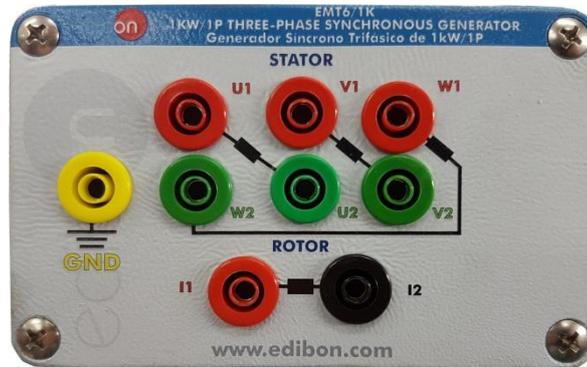


Figura 9: Conectores EMT6/1K

2. **SERV01. Servomotor de CA 1.** El servomotor está diseñado para funcionar como máquina de accionamiento de un generador (máquina motriz). Dispone de un terminal de conexión de alimentación (1) y un terminal de conexión para el codificador (2).

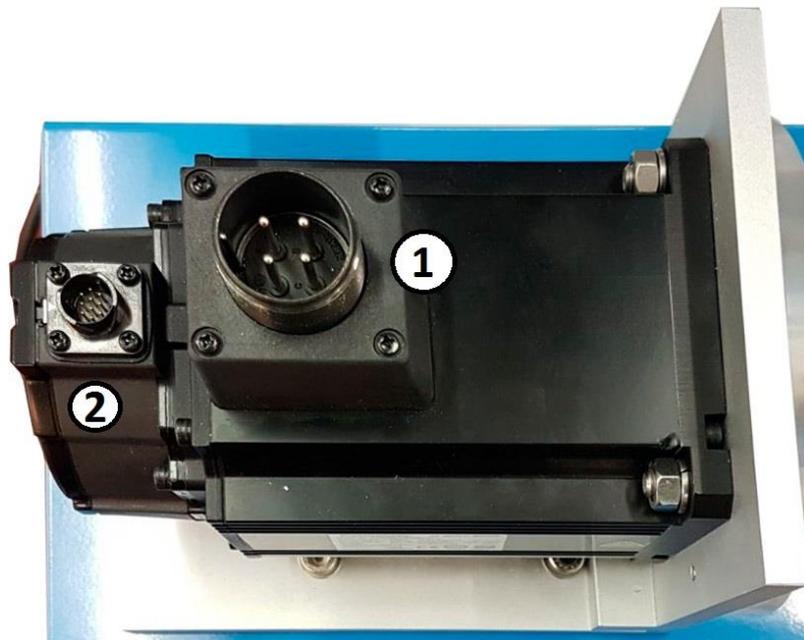


Figura 10: Conectores SERV01

7.1.2.2.5 N-EALD. Unidad de analizador de redes con adquisición de datos por ordenador

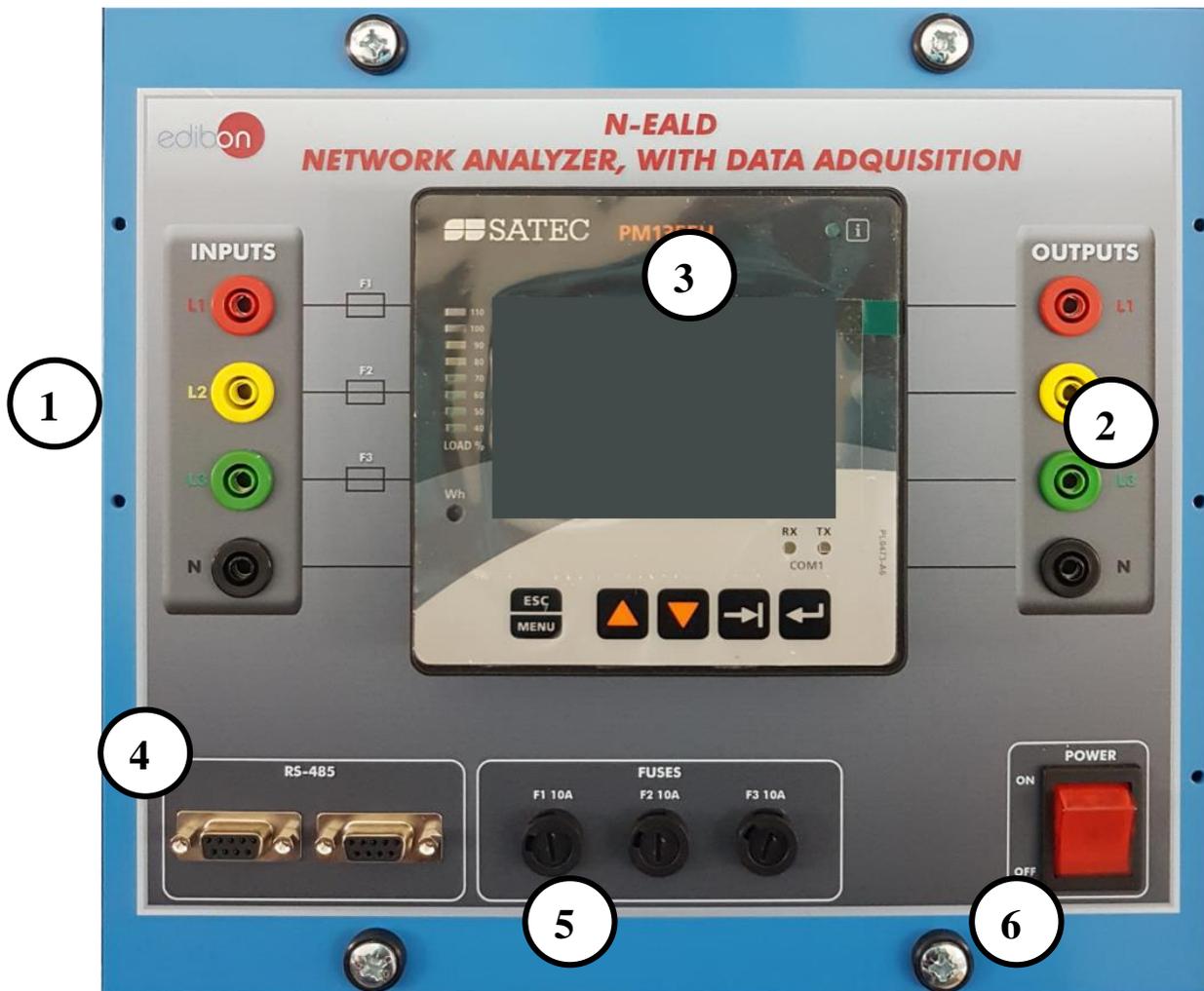


Figura 11: Módulo N-EALD

La Unidad de Analizador de Redes con Adquisición de Datos por Ordenador se utiliza para analizar los parámetros eléctricos de la red: potencias y energías activas, reactivas y aparentes, corrientes y frecuencias.

EL N-EALD se compone de las siguientes partes:

- 1. Corriente / tensión Terminales de entrada.**
- 2. Corriente / tensión Terminales de salida.**
- 3. Analizador de redes PM135EH.**
- 4. Puertos RS-485, uno para conectar con el PC y otro para conectar con otro N-EALD.**
- 5. Fusibles de protección de 10A.**
- 6. Interruptor de encendido/apagado.**

El N-EALD integra el dispositivo PM135EH y contiene además tres transformadores de corriente ($CT = 10/5$), uno para cada una de las tres fases L1, L2, L3, que actúan como protección del analizador.

El N-EALD tiene tres entradas de corriente/tensión L1, L2, L3 y N en el lado izquierdo y tres salidas de corriente L1, L2, L3 y N en el lado derecho.

Además, el analizador de redes dispone de botones de navegación que permiten al alumno seleccionar diferentes opciones de medida.

El dispositivo PM135EH se compone de las siguientes partes:



Figura 12: Elementos del dispositivo PM135EH

1. Gráfico de barras de carga (carga completa según el TC o en el menú DISPLAY SETUP).
2. Luz de mensaje de diagnóstico (OFF es OK).
3. Pantalla gráfica LCD.
4. LEDs de actividad de los puertos COM.
5. Botón SELECT/ENTER.
6. TAB, cambiar de pantalla.
7. Página arriba/abajo.
8. Botón ESCAPE y MENU.
- LED de calibración (1 pulso/Wh o VARh)

7.1.2.2.6 N-REFT/3C. Módulo de resistencias configurables trifásicas 3 x 300 W

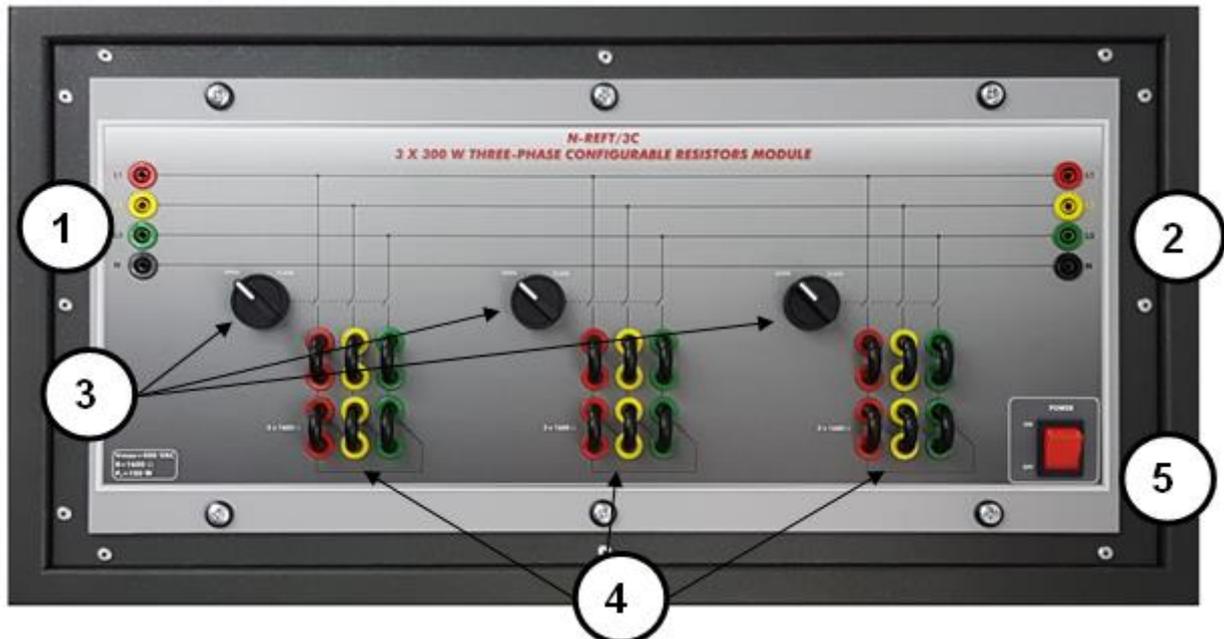


Figura 13: módulo N-REFT-3C

1. **Terminales de entrada:** L1, L2, L3 y N terminales de entrada de línea para potenciar las resistencias.

2. **Terminales de salida:** Terminales de salida de línea L1, L2, L3 y N para conectar otros módulos.

3. **Interruptores selectores:** Consta de tres polos con dos posiciones para conectar y desconectar los bancos de resistencias:

Posición ABIERTO → banco de resistencias desconectado.

Posición CERRADA → banco de resistencias conectado.

4. **Bancos de resistencias:** cada banco está formado por tres resistencias de 1600Ω . Cada banco de resistencias puede estar cableado en estrella o en triángulo.

5. Interruptor de alimentación ON/OFF.

7.1.2.2.7 N-INDT/3C. 3 x 300 VAR Trifásico Módulo de inductancias configurable

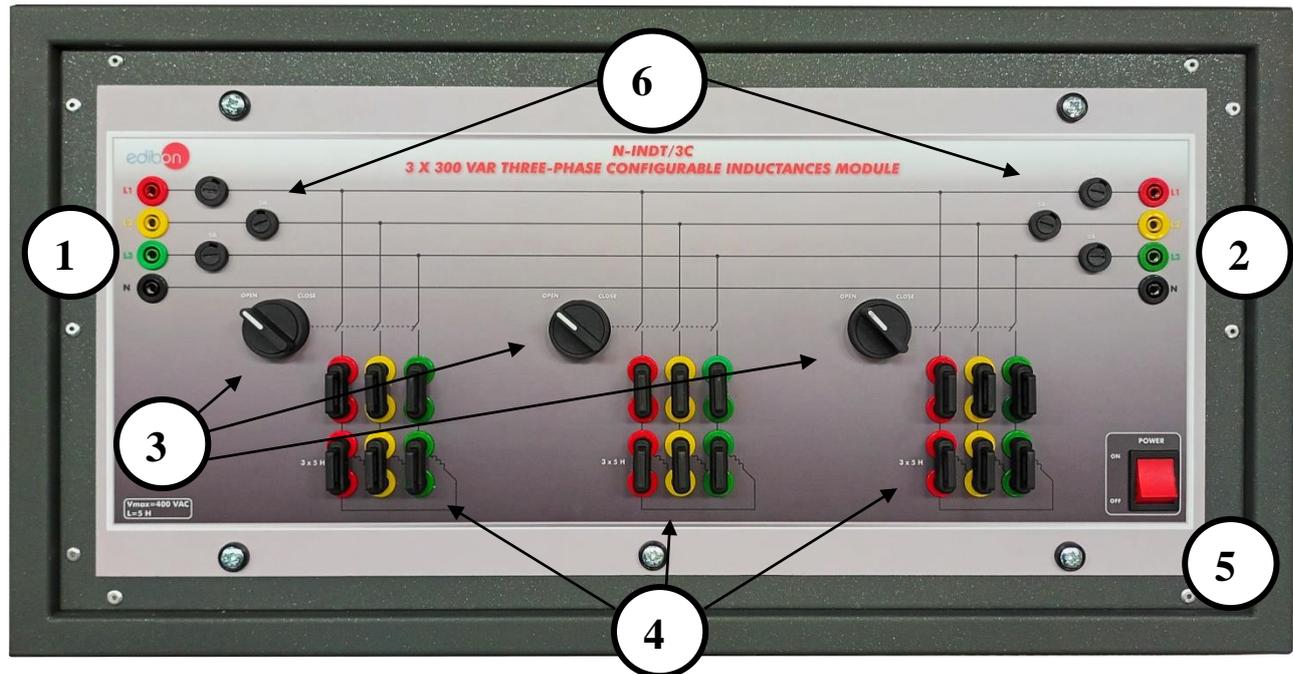


Figura 14: Módulo N-INDT/3C

1. Terminales de entrada: Terminales de entrada de línea L1, L2, L3 y N para alimentar las inductancias.

2. Terminales de salida: Terminales de salida de línea L1, L2, L3 y N para conectar otros módulos.

3. Interruptor selector: consta de tres polos con dos posiciones para conectar y desconectar los bancos de inductancias:

Posición ABIERTA → banco de inductancia desconectado.

Posición CERRADA → banco de inductancias conectado.

4. Bancos de inductancias: cada banco está formado por tres

inductancias de 5H.

5. Interruptor de alimentación ON/OFF.

6. Fusibles 5A.

7.1.2.2.8 N-CAR19T/3C. 3 x 300 VAR Trifásico Módulo de condensadores configurable

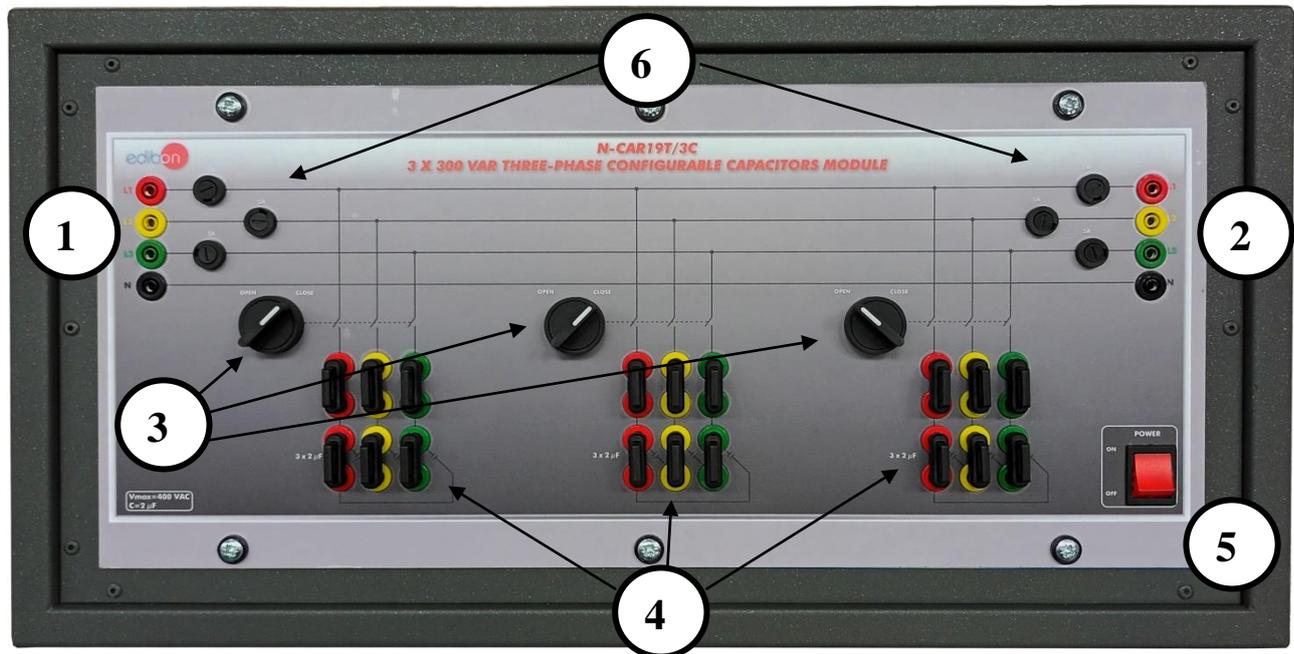


Figura 15: Módulo N-CAR19T/3C

1. **Terminales de entrada:** Terminales de entrada de línea L1, L2, L3 y N para alimentar las inductancias.
2. **Terminales de salida:** Terminales de salida de línea L1, L2, L3 y N para conectar otros módulos.
3. **Selector de interruptores:** Consta de tres polos con dos posiciones para conectar y desconectar los bancos de inductancias:
Posición ABIERTA → banco de inductancia desconectado.

Posición CERRADA → banco de inductancias conectado.

4. Bancos de inductancias: cada banco está formado por tres inductancias de 5H.

5. Interruptor de alimentación ON/OFF.

7.1.3 Descripción del proceso

7.1.3.1 Cableado de los módulos AEL-EPP

7.1.3.1.1 Conexiones del grupo servomotor-generator



Figura 16: Cableado de alimentación de las máquinas eléctricas

La siguiente figura muestra el detalle del cableado del generador síncrono.

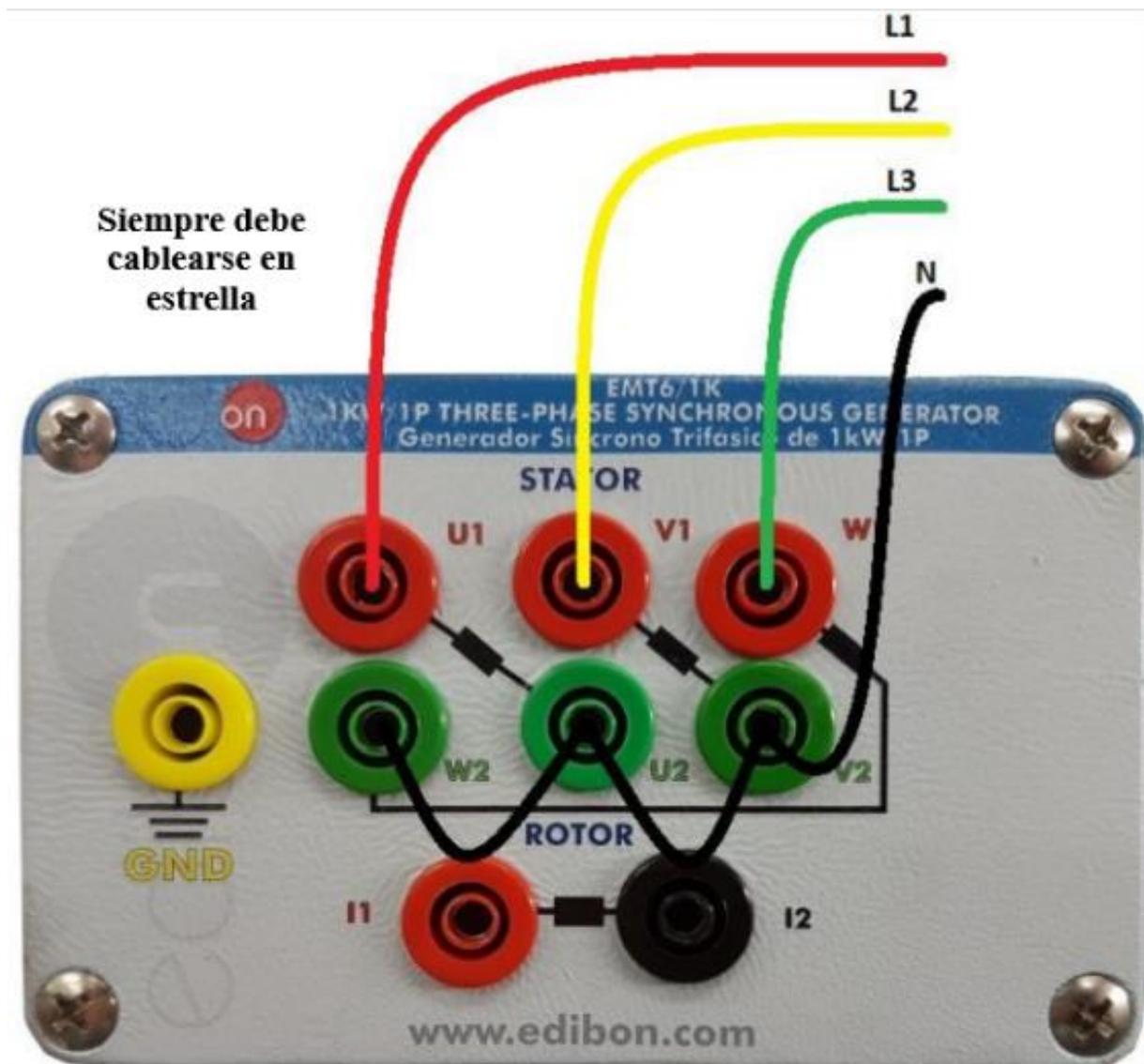


Figura 17: Detalle de la topología de cableado del generador síncrono

7.1.3.1.2 Conexiones de la alimentación principal

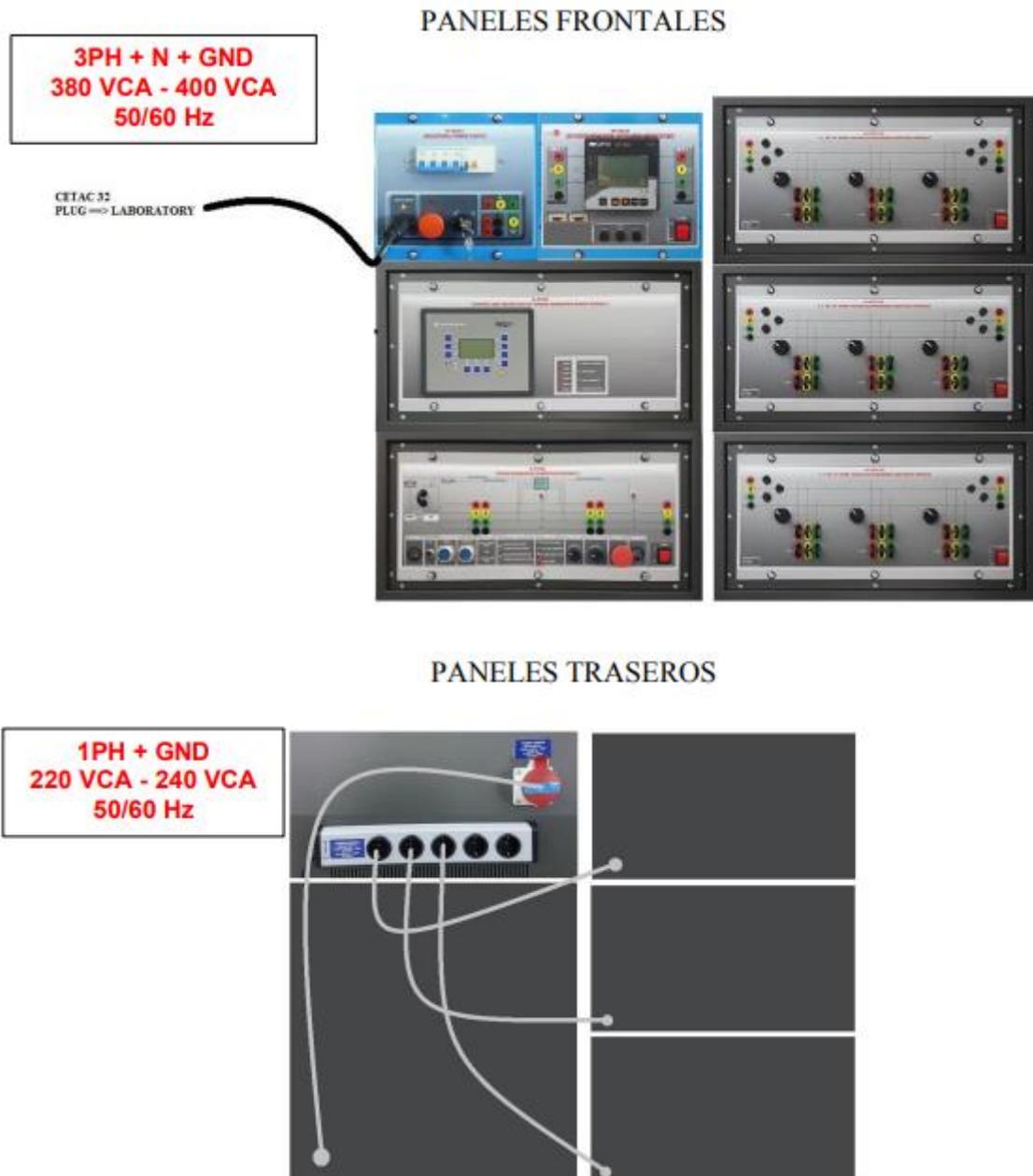


Figura 18: Cableado de la alimentación principal

7.1.3.1.3 Cableado de la fuente de alimentación

Tenga en cuenta que todos los módulos que requieren alimentación auxiliar incluyen en la parte trasera una toma de alimentación monofásica para conectar en la caja de alimentación principal tal y como se indica en la siguiente imagen:

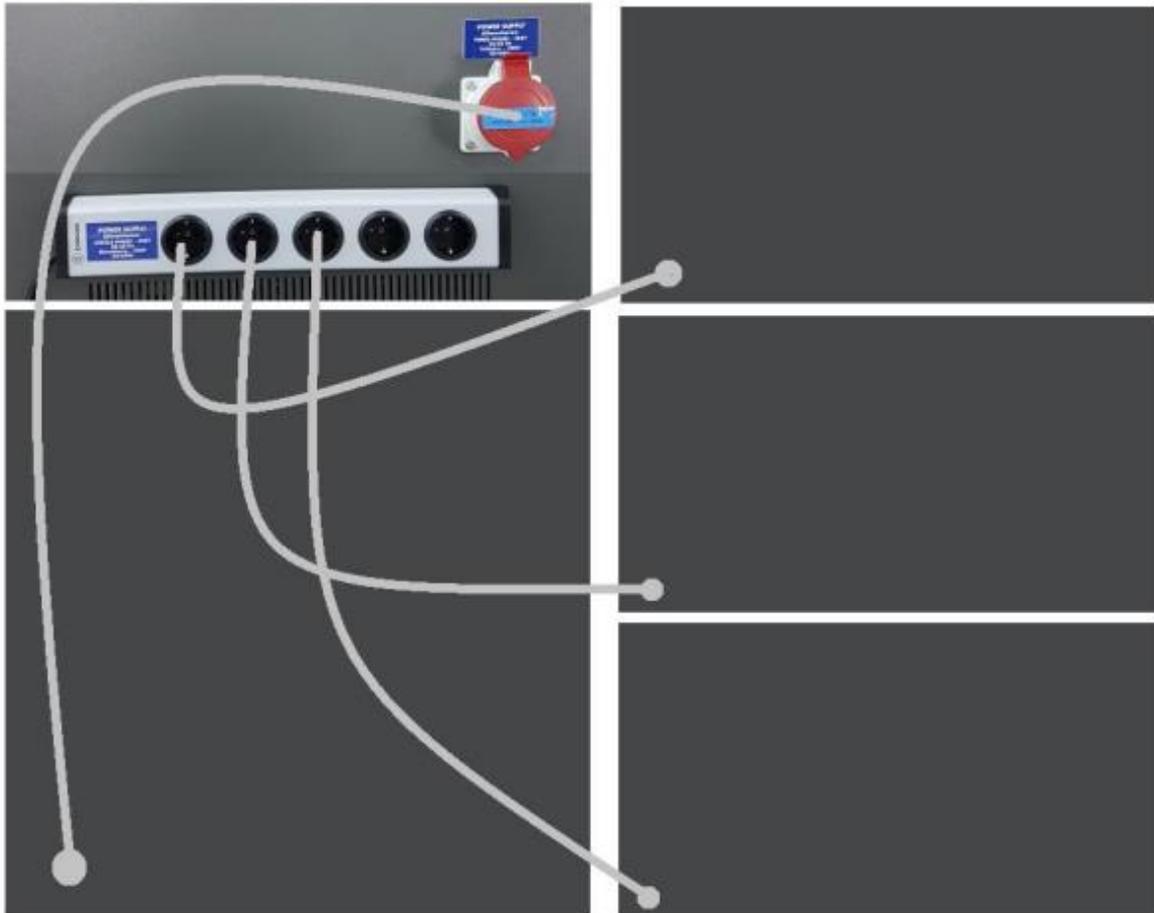


Figura 19: Cableado de la fuente de alimentación

7.1.3.1.4 Cableado de la generación con cargas

7.1.3.1.4.1 Cableado del circuito de potencia

Ejemplo 1: Cableado de las cargas para generación y consumo de energía

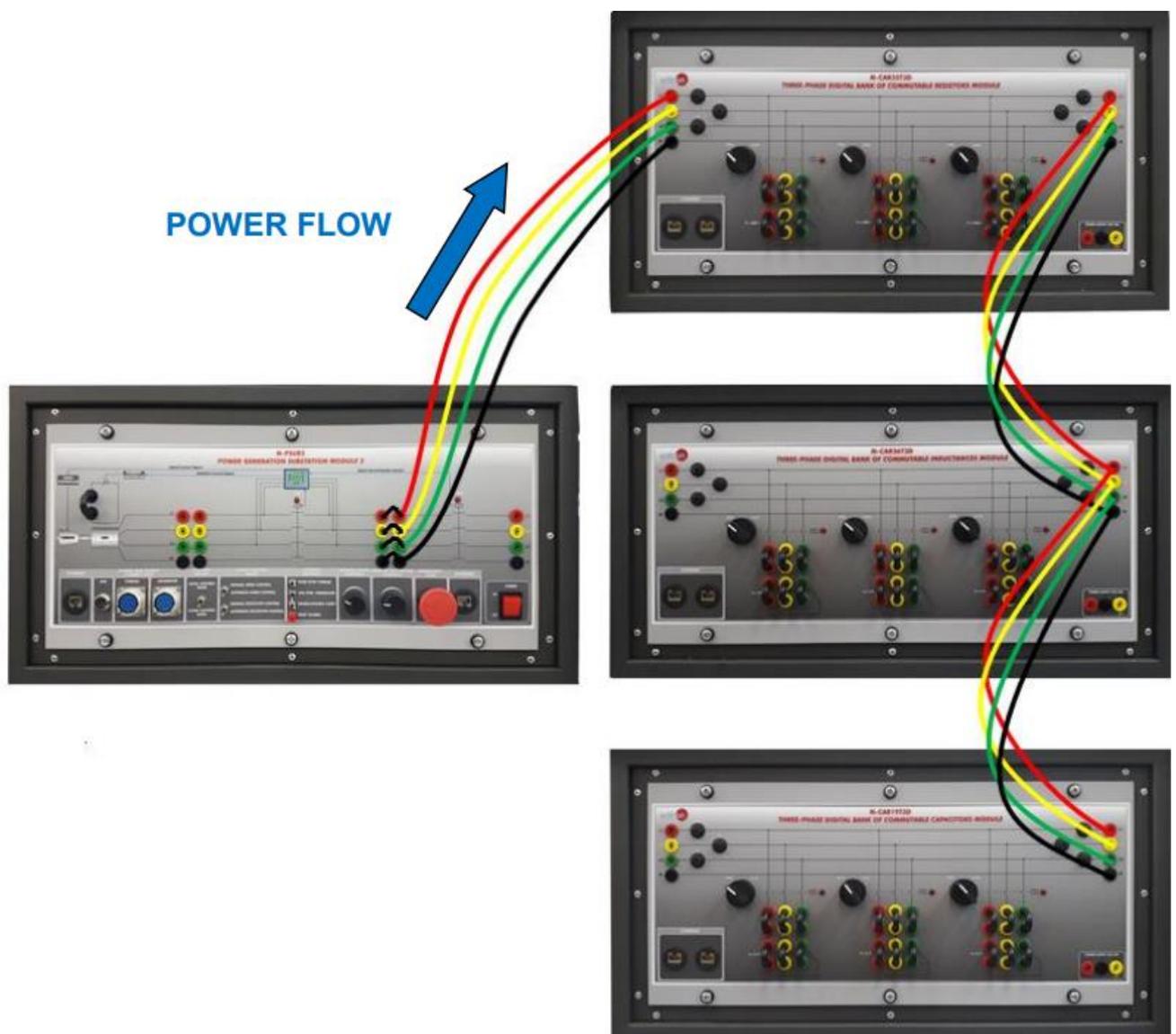


Figura 20: Cableado del circuito de potencia para la generación con cargas

Ejemplo 2: Cableado de las cargas de generación y consumo de energía con analizador de redes.

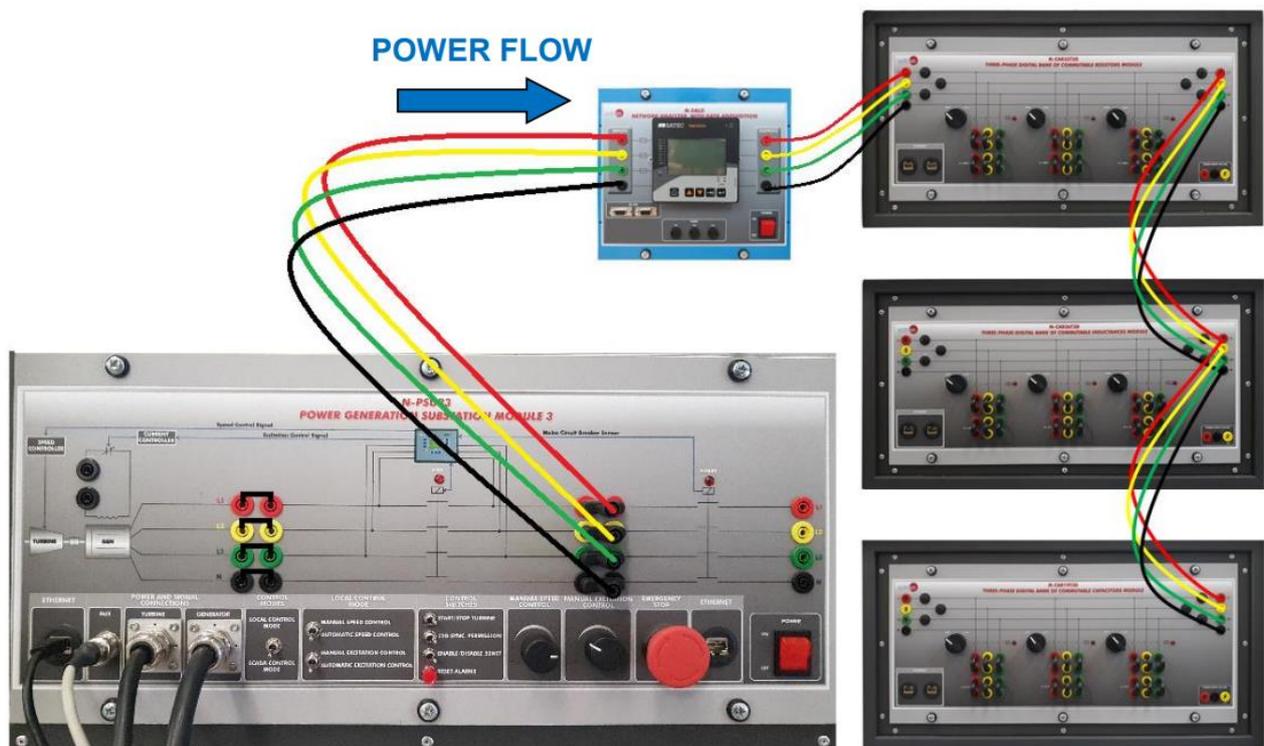


Figura 21: Cableado del circuito de potencia para la generación con cargas y analizador de redes

7.1.3.1.4.2 Cableado de los elementos de medida

Las siguientes imágenes muestran diferentes ejemplos de cableado de medida según las necesidades del usuario. El/los analizador/es de redes se pueden cablear en cualquier punto de los circuitos de potencia.

- **Ejemplo 1:** Cableado del analizador en el generador de salida (antes del disyuntor 52G)



Figura 22: Cableado del analizador en la salida del generador (antes del disyuntor 52G)

Este ejemplo de cableado permite medir los parámetros eléctricos después a la salida del generador.

- **Ejemplo 2:** Cableado del analizador después del disyuntor 52G.



Figura 23: Cableado del analizador después del disyuntor 52G

Este ejemplo de cableado permite medir los parámetros eléctricos después del interruptor 52G.

- **Ejemplo 3:** Cableado del analizador después del disyuntor 52NET.



Figura 24: Cableado del analizador después del disyuntor 52NET

Este ejemplo de cableado permite medir la potencia inyectada al laboratorio.

7.1.3.1.5 Cableado de la sincronización del generador con la red

7.1.3.1.5.1 Cableado del circuito de potencia

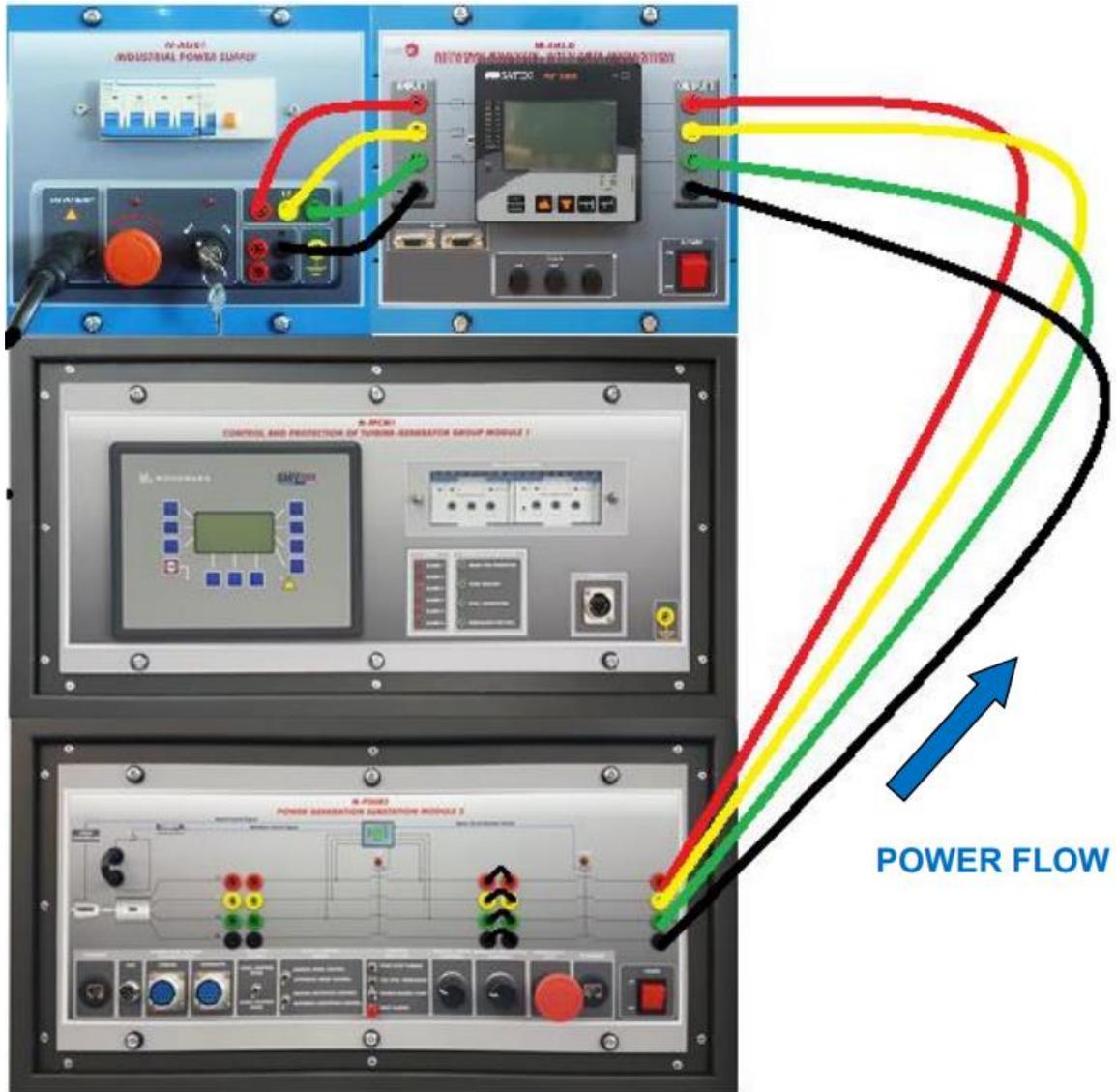


Figura 25: Cableado del circuito de potencia para la sincronización del generador con la red

7.1.3.1.5.2 Cableado de los instrumentos de medición

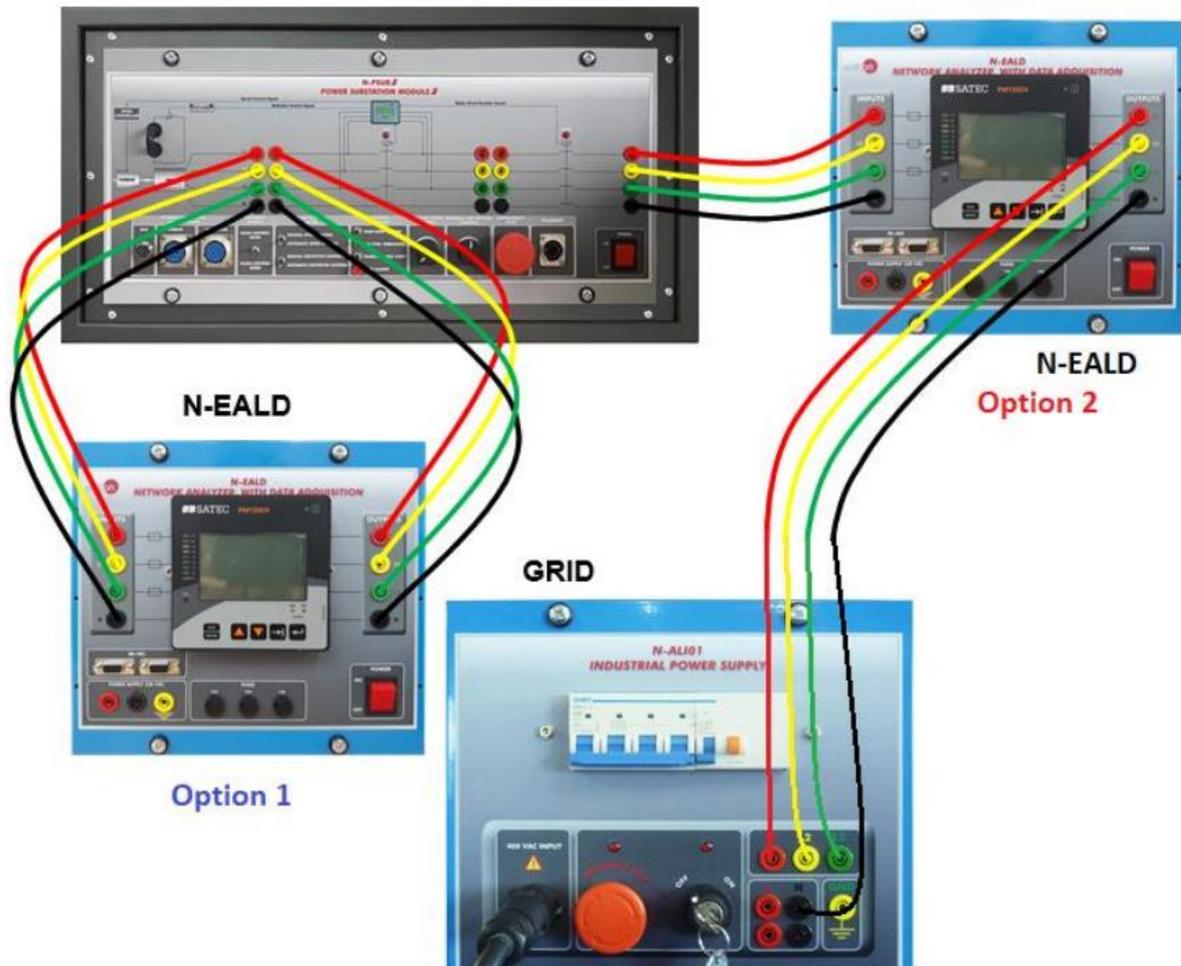


Figura 26: Cableado de los analizadores de redes

NOTA: Tenga en cuenta que el equipo AEL-EPP se suministra con un analizador de redes, por este motivo el usuario deberá valorar en qué puntos (N EALD1 o N-EALD2) de la red realizar las medidas eléctricas correspondientes.

7.1.3.1.6 Cableado de la excitación de corriente

NOTA: Tenga en cuenta que el equipo AEL-EPP no se suministra con multímetro digital. Por este motivo, el usuario deberá utilizar su propio multímetro.

7.1.3.1.6.1 Cableado de los instrumentos de medida

NOT INCLUDED

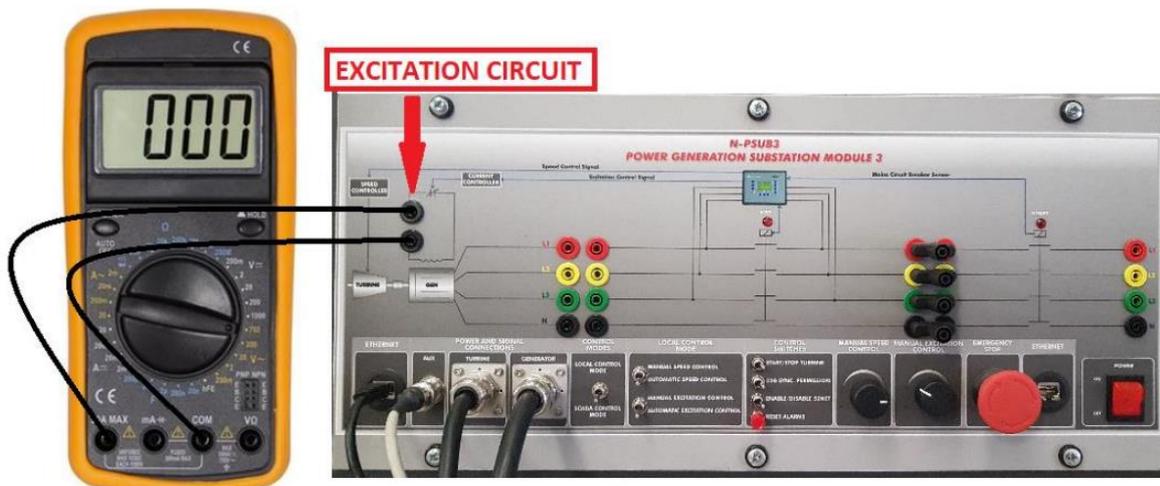


Figura 27: Cableado del multímetro para la medición de la excitación de corriente

NOTA: compruebe que la escala del multímetro es de 0 - 10 A. Recuerde que no debe superar la corriente nominal de excitación del generador.

Haz clic en el siguiente enlace para comprobar su corriente nde excitación nominal "EMT6/1K: Generador síncrono trifásico de 1 kW/1P".

7.1.4 Posibilidades prácticas

7.1.4.1 Generación

1. Control automático de la tensión y la frecuencia del generador en vacío. Medición de los parámetros de generación.
2. Control automático de la tensión y la frecuencia del generador en funcionamiento autónomo.
3. Control manual de la tensión y la frecuencia del generador mediante el control de velocidad en funcionamiento autónomo.
4. Control manual de la tensión del generador mediante el control de la corriente de excitación en funcionamiento autónomo.
5. Operación de sincronización del generador síncrono y la red

7.1.4.2 Algunas posibilidades prácticas con el software SCADA

6. Control automático de la tensión y la frecuencia del generador, con el software SCADA. Funcionamiento autónomo.
7. Control manual de la tensión y la frecuencia del generador, desde el software SCADA. Funcionamiento autónomo.
8. Operación de sincronización entre el generador síncrono y la red, desde el software SCADA.
9. Operación de sincronización entre el generador síncrono y la red, desde el software SCADA, y Guardado de datos

7.1.5 Especificaciones de los módulos

La aplicación "AEL-TPTC" incluye los siguientes elementos:

7.1.5.1 N-PPCM1: Control y Protección del Grupo Turbina-Generador

Módulo 1

Controlador automático de velocidad y tensión: Permite conectar hasta 16 generadores eléctricos en paralelo-isla con distribución de potencia activa y reactiva y arranque/parada en función de la demanda de carga.

Permite conectar un generador en paralelo con la red.

Permite diferentes modos de control del interruptor, como apertura, cierre y sincronización. Salidas analógicas para controlar reguladores de tensión y frecuencia.

Medición trifásica de la tensión de la red y del generador.

Medición trifásica de la intensidad y la potencia del generador. Medición monofásica de la intensidad de la red.

Sistema de protección:

Generador: Tensión máxima/mínima (59/27), frecuencia máxima/mínima (81O/U), asimetría de tensión, detección de barras muertas, sobretensión (32), desequilibrio de carga (46), potencia de secuencia negativa/potencia reducida (32R/F), sobreintensidad por curva definida (50/51), sobreintensidad de tiempo inverso (IEC255), fallo a tierra medido (50N/51N), rotación de fases, fallos de interruptores.

Red: Tensión máxima/mínima (59/27), frecuencia máxima/mínima (81O/U), salto vectorial, rotación de fases.

Seis alarmas:

Alarma 1: Potencia inversa.

Alarma 2: Sobrecorriente.

Alarma 3: Sobretensión/subtensión.

Alarma 4: Sobreintensidad de tiempo inverso.

Alarma 5: Sobre/baja frecuencia.

Alarma 6: Alarmas de parada.

Cuatro señales de estado:

Listo para funcionar.

Petición de arranque.

Condiciones de sincronización.

Permisos de sincronización.

Protecciones de respaldo.

Relé de corriente.

Relé de potencia inversa.

Conexión Ethernet:

Puertos de comunicación RJ45.

7.1.5.2 N-PSUB2: Módulo 2 de subestación de generación eléctrica

Alimentación: 400 VAC, 3PH+N+G

Interruptor ON/OFF.

Conexiones de alimentación y señal:

Conexión auxiliar.

Cable de alimentación trifásico para turbina con enchufe IP44 3PN+E
32A 400V.

Cable de alimentación trifásico para generador con enchufe IP44 3PN+E
32A 400V.

Tres interruptores para elegir entre los distintos modos:

Modo de control local y remoto.

Control de velocidad manual y automático.

Control manual y automático de la excitación.

Tres interruptores de control para:

Arrancar y parar la turbina.

Dar permiso para sincronizar el generador con la red.

Dar permiso para sincronizar el generador con la red nacional.

Dos potenciómetros para:

Ajustar la velocidad de la turbina.

Ajustar la excitación del generador.

Pulsador de parada de emergencia:

Dos disyuntores para sincronización y funcionamiento en modo isla.

Diferentes terminales de medición.

Dos conexiones Ethernet: Puertos de comunicación RJ45 para control remoto SCADA e interconexión de otros módulos.

7.1.5.3 N-ALI01: Fuente de alimentación industrial

Tensión de alimentación: 400 VCA

3PH+N+G Tecla ON-OFF extraíble.

Conexiones de tensión de salida:

Trifásico + Neutro: 400 VCA.

Monofásico: 230 VAC.

Manguera de alimentación trifásica con clavija de conexión IP44 3PN+E 32A 400V. Magnetotérmico diferencial: 4 polos, 25A, 300mA AC, 6KA

7.1.5.4 N-EALD. Módulo analizador de redes con adquisición de datos

Interruptor ON/OFF.

Alimentación: 400 VAC.

Terminales de entrada:

Conexión de entrada con el punto de medida.

Terminales de salida:

Conexión de salida con el punto de medición.

Salidas digitales:

Tres salidas digitales se utilizan para pulsos o alarmas, o para la combinación de ambos.

Puerto de comunicación RS 485.

Fusibles: 3 x 10A.

Pantalla del Analizador de Red. Muestra:

Energías activas, reactivas y aparentes.

Energías activa, reactiva y aparente.

Corrientes de línea y de fase.

Tensiones de línea y de fase Frecuencias.

Factor de potencia.

7.1.5.5 N-REFT/3C: Módulo de Resistencias Configurables Trifásico 3 x 300 W

Conexiones Estrella y Delta configurables.

Tres bancos con tres resistencias trifásicas de 1600Ω .

Tensión nominal: 400 VCA.

Potencia nominal: 3 x (3 x 100) W.

7.1.5.6 N-INDT/3C: Módulo de Inductancias Configurables Trifásico 3 x 300 VAR

Conexiones Estrella y Delta configurables.

Tres bancos con tres inductancias trifásicas de 5H.

Tensión nominal: 400 VCA

7.1.5.7 N-CAR19T/3C: 3 x 300 VAR Módulo de condensadores Trifásico Configurable

Conexiones Estrella y Delta configurables.

Tres bancos con tres condensadores trifásicos de 2 μ F.

Tensión nominal: 400 VCA. Potencia nominal: 3 x (3 x 100) VAR.

7.1.5.8 EMT6/1K: Generador síncrono trifásico de 1 kW/1P

Potencia nominal: 1000 VA.

Factor de potencia: 0,8.

Tensión nominal de salida: 3 x 380 VCA.

Frecuencia: 50/60 Hz.

Velocidad: 3000/3600 rpm

Corriente nominal de salida: 0,8A.

Corriente nominal de excitación: 5 A.

7.1.5.9 SERV01: Servomotor de CA 1

Potencia nominal: 2 kW.

Tensión nominal de salida: 3x400 VCA.

Velocidad nominal: 3000rpm.

7.2 TEORÍA

7.2.1 Redes inteligentes

En las dos últimas décadas, el sistema eléctrico ha evolucionado sustancialmente debido a la introducción de nuevos factores que están provocando la descentralización del sistema eléctrico. Antes de esta descentralización, la red eléctrica se comportaba como un sistema unidireccional en el que los flujos de energía procedían de las centrales de generación y llegaban a los consumidores.

Aunque las líneas de transporte y distribución de energía se han desarrollado constantemente, hoy en día hay nuevos retos, como la mejora de la eficiencia energética, la introducción de energías renovables, la reducción de la contaminación y la mejora del almacenamiento de energía eléctrica.

El camino para llevar a cabo todos estos avances es una red eléctrica en la que los flujos de energía sean bidireccionales y las empresas o compañías puedan ser tanto consumidoras como pequeños grupos productores de energía. Esta red avanzada se denomina "Smart Grid".

El desarrollo de una red inteligente requiere una combinación de sistemas eléctricos, de telecomunicaciones y de información. Estos sistemas deben permitir la integración de todos los propietarios de redes inteligentes de forma segura y eficiente: gestión activa y remota de la demanda, generación distribuida y gestión automatizada de la red.

Los cuatro pilares siguientes definen el concepto de Smart Grid: Red Inteligente (SN), Operación Inteligente (SO), Medición Inteligente (SM) y Generación Inteligente (SG). Estas tecnologías se han venido utilizando a lo largo de los años; sin embargo, la reciente mejora de las telecomunicaciones y las tecnologías

de la información ha provocado su implantación masiva en la red eléctrica.

En Red inteligente se refiere a la automatización de la eléctrica eléctrica y a establecer una inteligencia distribuida entre los distintos sistemas de protección y control y los centros de control que operan en la red.

La "Operación Inteligente" se define como una gestión eficiente de la red gracias a la "Red Inteligente", que proporciona un amplio conocimiento sobre el consumo en cada punto del sistema.

Los "contadores inteligentes" sirven para recoger información sobre el consumo en tiempo real en todos los puntos de la red. De este modo, el operador de la red puede ofrecer una respuesta óptima al consumo instantáneo para mejorar la eficiencia del sistema eléctrico. Un elemento importante es el "contador inteligente", definido como un contador digital que puede recoger información sobre el consumo de energía y enviarla a los centros de operación y control. Gracias a la lectura del 'Smart Meter', el consumidor puede saber cuánta energía está consumiendo en tiempo real y puede decidir si se desconecta de la red (si conoce el coste de la energía en ese momento) o si consume su propia energía.

La "generación inteligente" reúne recursos energéticos distribuidos para mejorar la respuesta de la generación a la demanda. La integración de energías renovables es la solución a los problemas de suministro eléctrico en zonas de difícil acceso.

7.2.2 Introducción a las máquinas síncronas

Una máquina síncrona transforma la energía mecánica en energía eléctrica, o viceversa. Estas máquinas giran a velocidad constante en función de la frecuencia del sistema eléctrico.

$$n = \frac{60f}{p}$$

Donde "n" representa el número de revoluciones por minuto, "f" la frecuencia de las corrientes en el estator y "p" el número de pares de polos.

7.2.3 Introducción al generador síncrono

El alternador es un generador síncrono que transforma la energía mecánica en energía eléctrica. Estas máquinas eléctricas están formadas por un estator, un rotor y un sistema de excitación.

El alternador suele tener un generador de corriente continua para producir energía eléctrica y un excitador en el rotor de la máquina. La excitación es la corriente aplicada al rotor para generar un polo magnético polarizado. La rotación del rotor hace que el campo magnético se aplique a los devanados del estator. Así, el flujo magnético en los devanados del estator cambia: positivo, cero, negativo, cero y así sucesivamente. La variación del flujo produce una tensión inducida en los devanados del estator a través de la cual se suministrará energía al sistema eléctrico.

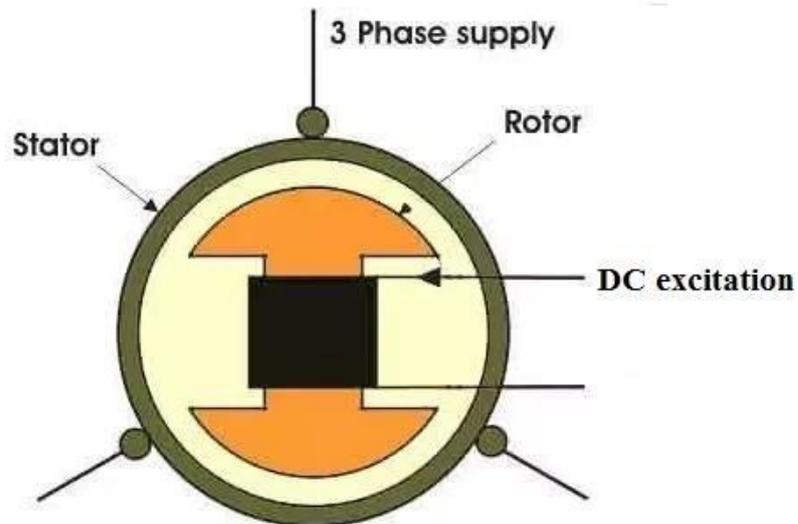


Figura 28: Diagrama del generador síncrono

7.2.4 Tipos de configuración de las subestaciones

Las configuraciones más utilizadas en las subestaciones son las siguientes:

- Barras colectoras simples: carecen de fiabilidad, seguridad y flexibilidad. Así, es necesario interrumpir el suministro cuando se va a realizar una operación.

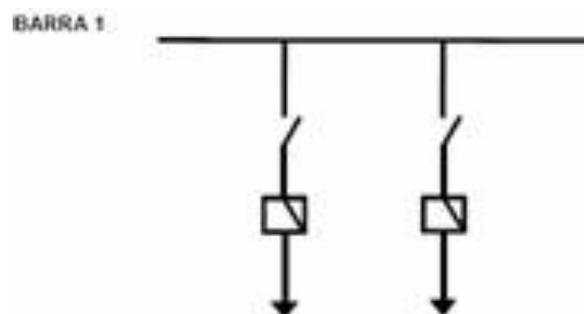


Figura 29: Barra colectoras simple

- Barra principal y barra de transferencia: permite conmutar entre dos barras mediante el interruptor de transferencia, permitiendo mantener el servicio durante el mantenimiento o en caso de avería.

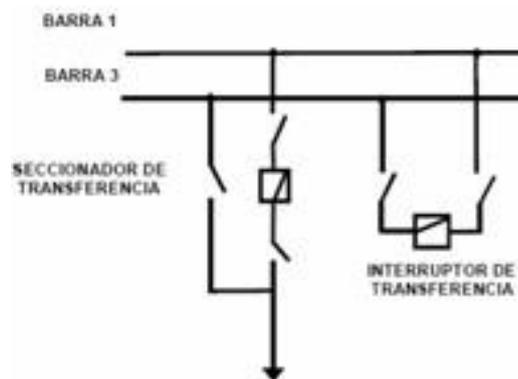


Figura 30: Barra principal y barra de transferencia

- Doble embarrado: permite separar los circuitos en cada uno de los embarrados, por lo que posibilita realizar el mantenimiento sin interrupción del servicio. Ofrece flexibilidad y fiabilidad.

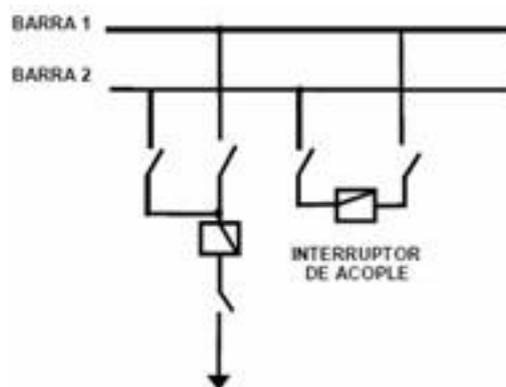


Figura 31: Doble barra colectora

- Doble embarrado con 'Bypass' o seccionador de paso directo: permite operar con doble embarrado o embarrado principal más embarrado de transferencia, pero no simultáneamente. Por lo tanto, ofrece flexibilidad y fiabilidad, pero no simultáneamente.

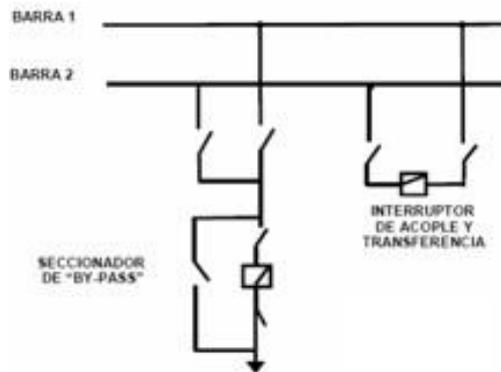


Figura 32: Barra colectora doble con seccionador de derivación

- Doble barra más seccionador de transferencia: es una variante de la configuración de doble barra más seccionador, pero con un seccionador menos.

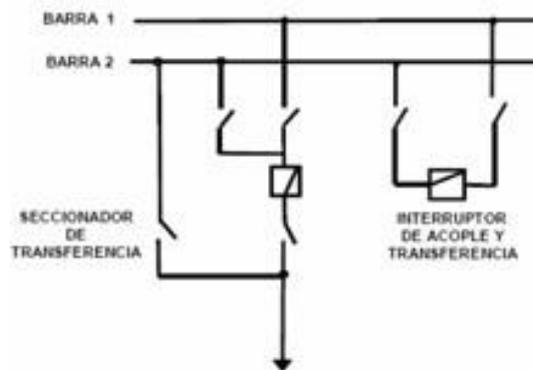


Figura 33: Doble barra + seccionador de transferencia

- Doble barra más transferencia: es una combinación de barra principal y doble barra de transferencia, que ofrece fiabilidad y flexibilidad simultáneamente.

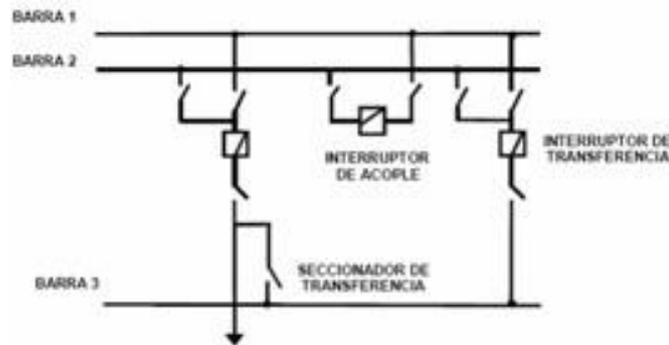


Figura 34: Barra colectora doble + barra colectora de transferencia

Anillo: esta configuración está seccionada en varias partes; cada circuito de la línea tiene seccionadores de barra a cada lado que pueden permitir el suministro de energía por cualquiera de los seccionadores de barra adyacentes. Cuando se produce un fallo en la barra colectora, la subestación queda fuera de servicio, pero una vez identificado el error, el servicio puede aislarse y establecerse de nuevo.

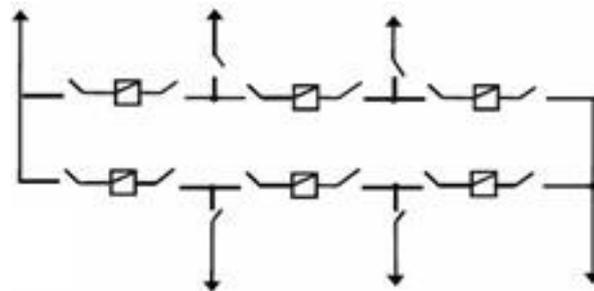


Figura 35: Anillo

- Interruptor y medio: permite realizar el mantenimiento sin interrumpir el servicio, ni una avería interrumpe el servicio a ningún circuito. Es seguro y fiable, pero no flexible, ya que funciona con las dos barras energizadas y todos los interruptores cerrados.

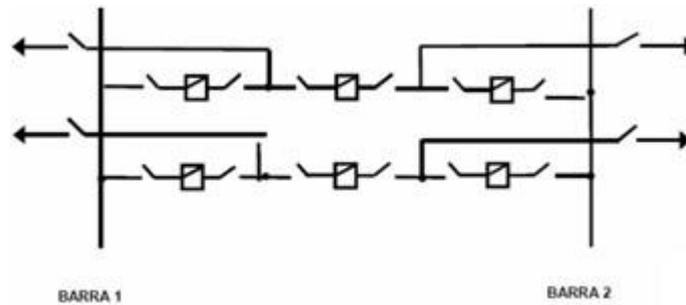


Figura 36: Interruptor y medio

- Barra colectora doble con interruptor doble: En esta configuración, tanto las barras como los interruptores de cada circuito están duplicados. Ofrece mayor seguridad en caso de avería o mantenimiento. Es la configuración más cara.

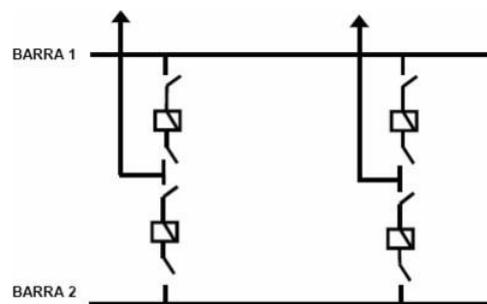


Figura 37: Barra colectora doble con interruptor doble

7.2.5 Líneas de transmisión eléctrica

Los sistemas de transmisión son el conjunto de subestaciones, líneas y elementos utilizados para transportar la electricidad desde los puntos de generación hasta los puntos de distribución para su posterior suministro a los consumidores.

La electricidad generada debe transformarse para reducir las pérdidas debidas al efecto Joule antes de ser transmitida a los centros de distribución. Para ello, se

aumenta la tensión a la salida de los centros de generación mediante transformadores elevadores y luego se transfiere a las líneas de transmisión.

Estas líneas de transmisión están formadas por elementos conductores, normalmente cobre, cables de aluminio o hierro, y otros elementos de protección y soporte, etc.

Los parámetros típicos de las líneas de transmisión son:

- Resistencia por unidad de longitud, "R", que depende de la resistividad de los conductores y de la frecuencia. Para frecuencias altas, la resistencia aumenta debido al efecto piel.
- Inductancia en serie por unidad de longitud, "X", porque cada conductor por el que circula corriente alterna lleva asociada una inductancia.
- Capacitancia paralela por unidad de longitud, "C", ya que la línea está formada por dos o más conductores separados por un material dieléctrico, creando un condensador cuya capacitancia depende del área de los conductores, y de la separación y el dieléctrico que los separa.
- Conductancia paralela por unidad de longitud, "G". Como los elementos dieléctricos tienen resistividad finita, parte de la corriente se pierde en los conductores.

La siguiente figura muestra una línea aérea con conductores agrupados. En las líneas aéreas, los conductores están suspendidos de la torre y separados entre sí mediante aisladores. Los dos "brazos" cortos situados por encima de los conductores de fase sostienen unos cables comúnmente de acero. Estos cables, de diámetro mucho menor que los conductores de fase, están conectados eléctricamente a la torre y, por

tanto, al terminal de tierra. Estos cables se conocen como cables de protección o de tierra y protegen a los conductores de fase de los rayos.

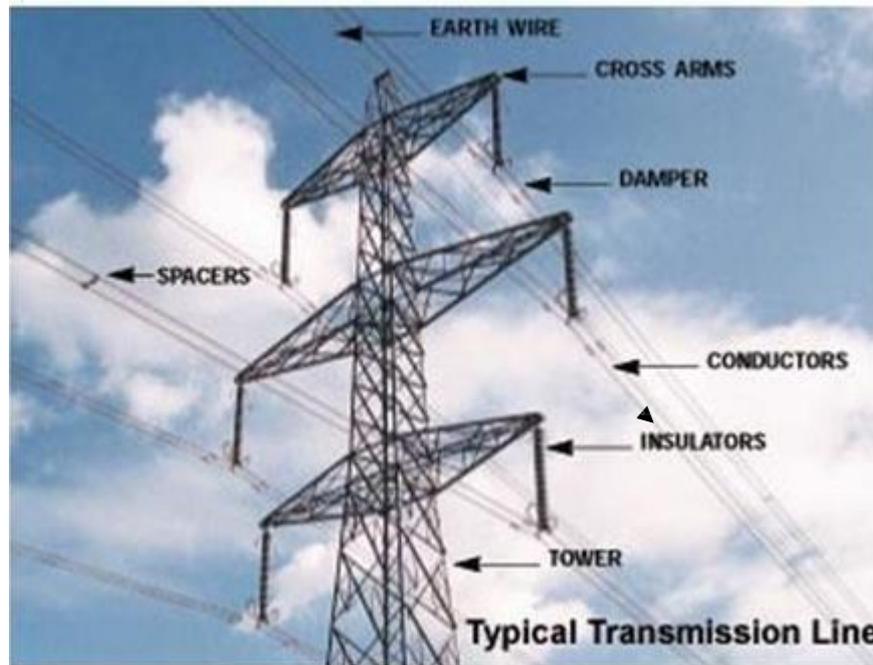


Figura 38. Línea aérea de transmisión típica

Las líneas de transmisión suelen funcionar con cargas trifásicas equilibradas y, aunque las líneas no están espaciadas uniformemente, la asimetría resultante es pequeña, por lo que se consideran equilibradas.

Las líneas de transmisión se clasifican en:

- Líneas cortas ($l < 80\text{km}$).
- Líneas mediasnas ($80\text{ km} \leq l \leq 240\text{ km}$).
- Líneas largas ($l > 240\text{km}$).

Cada tipo de línea tiene un circuito equivalente y parámetros normalizados para su análisis.

7.2.6 Sistemas de distribución eléctrica

El sistema de distribución eléctrica es la parte final de los sistemas de energía que consiste en la distribución de electricidad a los consumidores finales. Las subestaciones que realizan esta distribución de energía son las subestaciones de maniobra, que distribuyen la energía procedente del sistema de transporte o de alta distribución. Este tipo de sistemas se utilizan como subestaciones colectoras, recibiendo energía de varias líneas para la posterior distribución de la carga, o como redirección de energía a líneas de reserva en caso de averías.

Las funciones esenciales que debe tener una subestación incluyen:

- **Protección:** Todas las subestaciones deben disponer de unidades de protección que garanticen la seguridad en caso de avería para las personas, las unidades y la continuidad del suministro eléctrico.
- **Medida:** La obtención de los valores de tensión, corriente, potencia, etc., es esencial tanto para la operación como para el encaminamiento de los flujos de potencia y los sistemas predictivos utilizados en los diferentes mercados eléctricos.
- **Maniobrabilidad:** Requerida para el aislamiento de barras o unidades en condiciones de mantenimiento, garantía de suministros y seguridad de cortocircuito.
- **Vigilancia y control:** Garantiza que todos los elementos que componen una subestación están en condiciones normales, y permite el control y la maniobrabilidad a distancia.

Estas funciones son desempeñadas por varios tipos de elementos; los

disyuntores permiten controlar el flujo de energía o el aislamiento de la línea en caso de averías o trabajos de mantenimiento. Son capaces de interrumpir la corriente cuando la línea está en servicio o en condiciones de cortocircuito. Además, los seccionadores permiten aislar visualmente una zona de la subestación, pero no pueden actuar cuando circula corriente por ellos, por lo que dependen directamente de los interruptores. Se utilizan para garantizar que una barra colectora, una línea o un interruptor están sin tensión cuando se actúa sobre ellos. Por último, los transformadores de medida permiten supervisar una zona obteniendo en todo momento los valores de tensión e intensidad que maneja dicha zona.

En general, dependiendo de la disposición de los interruptores y seccionadores de la subestación, se consiguen determinadas características:

- La flexibilidad es la capacidad de hacer frente a los cambios que puedan surgir, como mantenimiento, cambios operativos, etc.

- Fiabilidad en caso de avería del sistema, es decir, capacidad de garantizar la continuidad del suministro eléctrico durante un cierto periodo de tiempo, cuando al menos una de las unidades de la subestación no puede repararse durante su funcionamiento.

- Seguridad en el suministro a los consumidores incluso cuando se produce un fallo en el sistema, especialmente en interruptores, seccionadores y unidades de potencia.

7.2.7 Maniobras en subestaciones

Las maniobras utilizadas en las subestaciones pueden clasificarse en dos tipos: maniobras en condiciones normales o maniobras en condiciones de fallo.

Las maniobras en condiciones normales son las que se realizan para las operaciones cotidianas de distribución de cargas y mantenimiento, entre las que se incluyen las siguientes:

- **Conexión de una línea:** Cuando dicho seccionador de línea está abierto y una vez comprobado que no está puesto a tierra, se cierra el seccionador de línea y a continuación se cierra el seccionador de línea. Debe tenerse en cuenta que este orden de secuencia debe seguirse ya que el seccionador no puede abrirse o cerrarse con tensiones diferentes en sus extremos

- **Desconexión de una línea:** Cuando los seccionadores y el interruptor de línea están cerrados, primero se ordena la apertura del interruptor de línea y después del seccionador que une la línea con la(s) barra(s) se ordena abrir. Debe tenerse en cuenta que debe seguirse este orden de secuencia, ya que el seccionador no puede abrirse o cerrarse con tensiones diferentes en sus extremos.

- **Transferencia de una línea energizada a otra barra colectora:** Cuando el seccionador de acoplamiento está abierto, se ordena el cierre de los seccionadores de acoplamiento y luego el cierre del seccionador de acoplamiento. Ahora, utilizando la misma tensión en ambas barras, es posible ordenar el cierre del seccionador que une la línea con la segunda barra y, a continuación, la apertura del seccionador que une la línea con la primera barra. De esta forma, la carga se transfiere de la primera barra a la segunda barra sin interrumpir el suministro.

Las maniobras en condiciones de avería se realizan cuando es necesario aislar una línea o parte de una subestación en caso de cortocircuito o cualquier otra perturbación en el sistema. En muchos casos, los cortocircuitos son temporales y pueden solucionarse con repetidas operaciones de apertura-cierre, como en el caso de los rayos, pero en algunos casos es necesario aislar permanentemente una zona para

encontrar la ubicación de una avería y realizar las inspecciones oportunas. Algunas de las maniobras utilizadas en condiciones de avería son las siguientes:

- **Caída de tensión en barras colectoras:** Es uno de los casos más graves en una subestación. La caída de tensión en barras, dependiendo del tipo de subestación, puede llevar a la pérdida total del suministro, como en las subestaciones de barras simples. En otras subestaciones, como las de tipo anillo, se puede aislar una sección, mientras que en otras, como las de doble barra, se puede realizar una transferencia de carga. En cualquier caso, cuando los interruptores se han disparado, se debe ordenar la apertura de los seccionadores de cada interruptor y, a continuación, la puesta a tierra y en cortocircuito de la zona afectada para su inspección.

- **Cortocircuito en una línea:** Cuando se producen condiciones de fallo en una línea se realizan operaciones consecutivas de apertura y cierre, en el caso de que el cortocircuito haya sido provocado por un elemento puntual, como un rayo, en cuyo caso la línea puede volver rápidamente a las condiciones normales de funcionamiento. Si el cortocircuito no desaparece, debe desconectarse la línea para su inspección.

- **Disparo en unidades capacitivas:** Cuando se produce un disparo en una batería de condensadores, debe tenerse en cuenta el tiempo de descarga del condensador. El interruptor no debe volver a cerrarse hasta que se haya desenergizado por completo; de lo contrario, la condición de fallo podría agravarse y dañar las unidades.

- **Disparos en unidades inductivas:** Cuando se producen disparos en unidades como transformadores y reactancias, deben analizarse las protecciones mecánicas (temperatura del aceite, relé de Buchholz, sobrepresión) y eléctricas para determinar la causa del fallo. Estas unidades se distinguen por requerir corrientes elevadas

durante su conexión a la red, por lo que el interruptor no debe volver a cerrarse cuando se activa alguna de las alarmas.

7.2.8 "5 reglas de oro" de la seguridad en las subestaciones

Cuando se van a realizar operaciones en elementos de baja tensión de una subestación, el trabajador debe seguir ciertas pautas para garantizar su seguridad, la de sus compañeros y la de las unidades:

- 1. Corte visible o efectivo del elemento de todas las fuentes de tensión posibles.** Esto incluye tanto interruptores como seccionadores, interruptores seccionadores y otras celdas.
- 2. Enclavamiento y bloqueo de todos los dispositivos de corte visibles o efectivos y de su señalización.** Esto evita que otro trabajador cierre por error un circuito donde se realizan trabajos de mantenimiento. El bloqueo puede realizarse mecánicamente con cadenas, cerraduras, etc., o mediante accionamientos eléctricos y elementos de aislamiento que impidan el paso de la corriente.
- 3. Comprobación de la falta de tensión.** Esta función se suele realizar de forma física con una pértiga, en la que al entrar en contacto con el elemento en cuestión, se enciende un piloto en caso de falta de tensión. La comprobación debe realizarse tanto en el punto donde se va a trabajar como en los puntos donde se ha abierto el circuito. Es importante tener en cuenta que todos los aparatos estén alimentados hasta esta comprobación.
- 4. Puesta a tierra y cortocircuito de los elementos a comprobar.** Se considera que una instalación está conectada a tierra cuando lo está directamente mediante elementos conductores, sin soldaduras ni ningún otro

elemento que pueda interrumpir esta conexión, como fusibles. La puesta a tierra debe realizarse en ambos extremos de la zona de operación. Por otro lado, se considera que un elemento está cortocircuitado cuando todos sus elementos conductores están conectados directamente entre sí mediante elementos conductores. La parte de la instalación delimitada por la puesta a tierra y el cortocircuito es la "zona de trabajo".

5. Colocación de las señales de seguridad adecuadas, señalización de la zona de trabajo. La zona se marca mediante señales, pancartas, cintas, etc. Por su forma, tienen el mismo significado que las señales de tráfico, una señal circular indica obligación, una señal triangular significa advertencia y una señal rectangular indica información. Por su color, el rojo indica prohibición, el amarillo peligro, el verde situación de seguridad y el azul obligación.

Todas estas maniobras son necesarias para garantizar la seguridad durante las operaciones de mantenimiento de una subestación y deben realizarse en el mismo orden indicado anteriormente.

Del mismo modo, una vez finalizado el trabajo, deben seguirse estos mismos pasos en orden inverso.

7.2.9 Elementos comunes en los sistemas de transmisión/distribución

7.2.9.1 Transformadores

7.2.9.1.1 Transformadores elevadores y reductores

En los sistemas eléctricos de potencia real, la energía se genera a una tensión relativamente baja que se eleva en las subestaciones de transformación, por razones de eficiencia, a través de los transformadores elevadores, y luego se transfiere a las

líneas de transmisión. Antes de ser transferida a las líneas de distribución, cuya tensión es la de los puntos de consumo de energía, la tensión se reduce en las subestaciones de distribución mediante transformadores reductores.

7.2.9.1.2 Transformadores reguladores de tensión

Los transformadores reguladores de tensión también se encuentran en las subestaciones de distribución y su función es mantener constante la tensión de salida suministrada a los consumidores en caso de variación de la carga. También regulan la potencia reactiva.

Existen transformadores de regulación cuyos parámetros de salida no pueden modificarse al suministrar potencia, lo que puede suponer un problema cuando se quiere mantener la tensión en caso de variación de carga, aunque también existen transformadores cuyos parámetros de salida pueden modificarse al suministrar potencia.

7.2.9.1.3 Transformadores desfasadores

Este tipo de transformador se utiliza para controlar el flujo de potencia activa en las redes de transporte de electricidad para un uso óptimo, eficiente y económico de las líneas reales. En el caso de líneas paralelas y diferentes alternativas para la transmisión de electricidad, el flujo de potencia activa a través de cada una de ellas dependerá de la impedancia de cada línea según las leyes de Kirchhoff y Ohm (mayor impedancia=menor potencia transmitida y viceversa), lo que en la mayoría de los casos provoca que algunas líneas trabajen muy por debajo de su capacidad nominal y otras estén sobrecargadas. Los transformadores desfasadores permiten controlar estos flujos porque en una línea de transmisión de corriente alterna el flujo de potencia activa también es proporcional al ángulo de desfase entre las tensiones de

los extremos, según la siguiente expresión:

$$P = \frac{|V_s| |V_r|}{XL} \sin \delta$$

P: Active power

V_s: Voltage at the beginning of the line

V_r: Voltage at the end of the line

XL: Line reactance

δ : Phase delay among V_s and V_r

De este modo, en un sistema de transmisión con dos líneas paralelas, la potencia activa que circula por cada una de ellas puede controlarse modificando el ángulo de desfase de las líneas mediante un transformador de este tipo en una de las líneas.

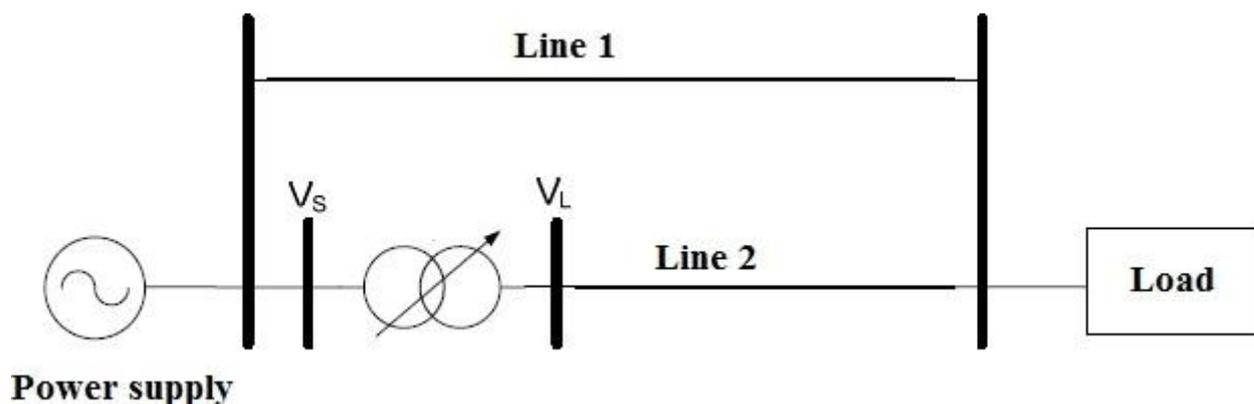


Figura 39: Transformador desfasador

Para ello, este tipo de transformadores modifican el ángulo de desfase entre las tensiones de línea un determinado ángulo de desfase α , proporcionando una tensión en cuadratura (ΔU) perpendicular a la tensión de entrada mediante un devanado

OTLC (On Load Tap Changer) regulable para controlar la amplitud de la misma y por tanto el ángulo añadido α .

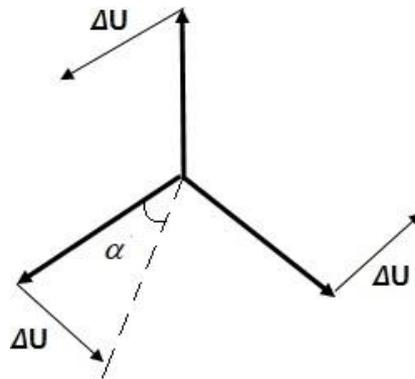


Figura 40: Fasor de tensión en cuadratura:

Como resultado, la fórmula para el flujo de potencia activa a través de cada línea será la siguiente:

$$P = \frac{|V_S| |V_r|}{XL + X_{PST}} \sin(\delta + \alpha)$$

P: Active power

V_s: Voltage at the beggining of the line

V_r: Voltage at the end of the line

XL: Line reactance

δ : Phase delay among V_s and V_r

α : Shift angle

X_{PST}: Transformer reactance

7.2.9.2 Protecciones en los sistemas de transmisión/distribución

Los relés de protección y los equipos asociados son unidades compactas formadas por componentes analógicos, componentes discretos de estado sólido, amplificadores operacionales y microcontroladores digitales conectados al sistema eléctrico para detectar problemas.

Estos relés se utilizan en todas las partes del sistema eléctrico para la detección de averías. Un objetivo primordial de todos los sistemas eléctricos es mantener la continuidad del servicio y, cuando se produce una avería, minimizar el alcance y el tiempo de interrupción.

Finalidad del sistema de protección

El objetivo principal de un sistema de protección es aislar rápidamente la zona problemática del resto del sistema eléctrico, de modo que dicho fallo no afecte al resto del sistema. Cinco aspectos básicos distinguen a un relé de protección:

1. **Fiabilidad:** garantiza el correcto funcionamiento de los dispositivos de protección.
2. **Selectividad:** capacidad de maximizar la continuidad del servicio desconectando el mínimo número de sistemas.
3. **Velocidad:** capacidad de limitar la duración de los fallos.
4. **Sensibilidad:** capacidad del sistema para detectar pequeñas variaciones en el entorno del punto de equilibrio.

5. Economía: máxima protección con el mínimo coste.

En los sistemas de carga se pueden encontrar los siguientes sistemas de protección:

7.2.9.2.1 Relés de sobreintensidad

Los relés de sobreintensidad son la forma más barata y sencilla de proteger una línea de transmisión, y estos relés de protección deben reajustarse cuando cambian las condiciones del sistema eléctrico.

Estos relés pueden funcionar de varias formas: instantánea, temporizada y direccional (instantánea/temporizada).

Estos relés no distinguen entre corriente de carga y corriente de defecto, por lo que sólo se utilizan cuando la corriente de defecto es mayor que la corriente de carga.

Estos relés suelen utilizarse en líneas radiales, y como los fallos en estos circuitos no afectan a la estabilidad del sistema, no se requieren tiempos de despeje instantáneos.

En las líneas de transmisión en las que se suministra energía desde ambos extremos, se utilizan relés de sobreintensidad direccionales.

7.2.9.2.2 Relés de distancia

En las líneas de alta tensión, los niveles de corriente son muy altos cuando se produce una avería. Si esta avería no se despeja rápidamente, puede provocar inestabilidad en el sistema eléctrico. Las ventajas de los relés de distancia son que tienen una gran área de funcionamiento instantáneo, alta sensibilidad, son fáciles de ajustar y coordinar y no se ven afectados por los cambios en la configuración del

sistema eléctrico.

Un relé de distancia calcula la impedancia como la relación entre la tensión y la corriente en su ubicación en el sistema eléctrico para determinar si hay un fallo dentro o fuera del área de operación.

Dado que la impedancia de línea en las líneas de transmisión es proporcional a su longitud, es conveniente utilizar este tipo de relé para medir la impedancia desde la ubicación del relé hasta un punto determinado.

En general, existen cuatro formas de característica de funcionamiento, la impedancia, la admitancia, la reactancia y la característica poligonal.

7.2.10 Compensación de potencia reactiva

El factor de potencia se define como la relación entre la potencia activa y la potencia aparente, que es aproximadamente igual al coseno del ángulo de desfase tensión-corriente.

$$FP = \frac{P}{S} \cong \cos \varphi$$

Hay cargas en la red que demandan potencia reactiva inductiva, lo que hace que aumente el ángulo entre la potencia activa y la aparente, como se muestra en el siguiente gráfico.

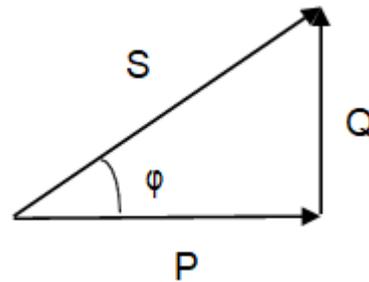


Figura 41: Triángulo de potencia

Para reducir el ángulo entre "P" y "S", se necesita una potencia reactiva capacitiva introducida para contrarrestar la acción de la carga inductiva, como se muestra en la siguiente figura.

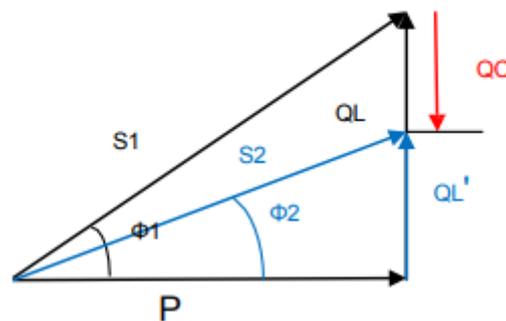


Figura 42: Triángulo de potencia con compensación de reactivos

El objetivo de la compensación reactiva es conseguir el coseno phi deseado, por lo que se sabe que:

1. La potencia reactiva puramente inductiva es:

$$Q_L = P \cdot \tan(\Phi)_1$$

2. La potencia reactiva necesaria es:

$$Q_L' = P \cdot \tan(\Phi)_2$$

3. La potencia reactiva capacitiva a introducir para conseguir el Q deseado será por tanto:

$$Q_C = Q_L - Q_L' = P \cdot \tan(\Phi_1) - P \cdot \tan(\Phi_2) = P \cdot (\tan(\Phi_1) - \tan(\Phi_2))$$

4. La potencia reactiva que debe proporcionar cada condensador en un sistema trifásico es:

$$Q_{C1} = Q_C / 3 = X_C \cdot (I_C)^2 = X_C \cdot (V_C / X_C)^2 = V_C^2 / X_C$$

5. La capacidad del condensador puede obtenerse de la siguiente manera:

$$6. C = Q_C / (3 \cdot \omega \cdot V_C)$$

Donde $V_C = V_L / \sqrt{3}$ y $\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$ donde $f = 60$ Hz (frecuencia de red).

7. En función de estos resultados, se determinará el número y la configuración de los condensadores que deben conectarse

7.3 OPERATIVIDAD

7.3.1 Puesta en marcha de la aplicación

Siga los pasos que se indican a continuación para activar las protecciones e iniciar la aplicación:

POSICIONES INICIALES

1. Verifique que el disyuntor magnetotérmico de la fuente de alimentación (N-ALI01) esté en su posición baja, lo que significa que no permite el paso de corriente.



2. Verifique también que el disyuntor magnetotérmico del N-PSUB está en posición hacia abajo



REAR SIDE



3. Ajuste los potenciómetros de control N- PSUB a los valores mínimos permitidos y los interruptores como se indica en el apartado “Posición inicial de los interruptores”.
4. Apague los interruptores selectores de los módulos N-REFT/3C, N-INDT/3C y N- CAR19T/3C para desconectar todas las cargas si estos módulos se van a utilizar en el ejercicio práctico.



5. Realice el cableado de alimentación de todos los módulos que se van a utilizar en el ejercicio práctico tal y como se indica en el apartado

“Conexiones de la alimentación principal”

POSICIONES FINALES

- Suba ambos disyuntores magnetotérmicos de la fuente de alimentación y de los módulos N- PSUB.



- Ponga en estado ON la fuente de alimentación a través de la llave extraíble (N-ALI01).



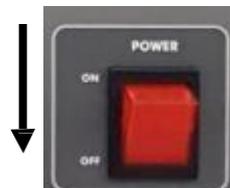
- Encienda todos los módulos que tengan interruptores de alimentación.



7.3.2 Apagar la aplicación

Realice los siguientes pasos para apagar la unidad:

1. Parar la turbina mediante el interruptor (arranque/parada turbina) del módulo N-PSUB o, desde SCADA, realizando la misma operación con el interruptor virtual.
2. Espere a que la turbina se detenga y, si la aplicación estaba en modo de control remoto (SCADA), detenga el SCADA y cierre el software (QUIT).
3. Apague el módulo N-PSUB2 a través de su interruptor de encendido.



4. Apague el N-ALI01, a través de su interruptor de encendido o llave extraíble respectivamente.



7.3.3 N-PSUB2: Módulo 2 de subestación de generación eléctrica

El Módulo 2 de Subestación de Generación de Energía permite al usuario realizar las principales operaciones de control del grupo motor-generator/turbina-generator. A continuación se explica el procedimiento para realizar estas operaciones.

7.3.3.1 Modo de control local



Figura 43: Botones y pulsadores del panel de control del modo local

Este modo de funcionamiento permite controlar el grupo de generación a través de los interruptores situados en el propio módulo. Se selecciona colocando el interruptor "MODO DE CONTROL" en "Modo de Control Local" y permite las siguientes funciones:

- Interruptor de control de velocidad manual/automático.
- Posición de control de velocidad manual: si el "interruptor" se coloca en "control de velocidad manual", el potenciómetro de "control de velocidad manual" permitirá regular la velocidad de la turbina, lo que significa que el usuario controla la frecuencia del generador.



Figura 44: Control local / control manual de velocidad con potenciómetro

- Posición de control automático de la velocidad: si el "interruptor" se coloca en "control automático de la velocidad", el potenciómetro puede controlar el punto de consigna de potencia activa si el generador está en sincronismo con la red. En funcionamiento autónomo, el potenciómetro no tiene ninguna funcionalidad.

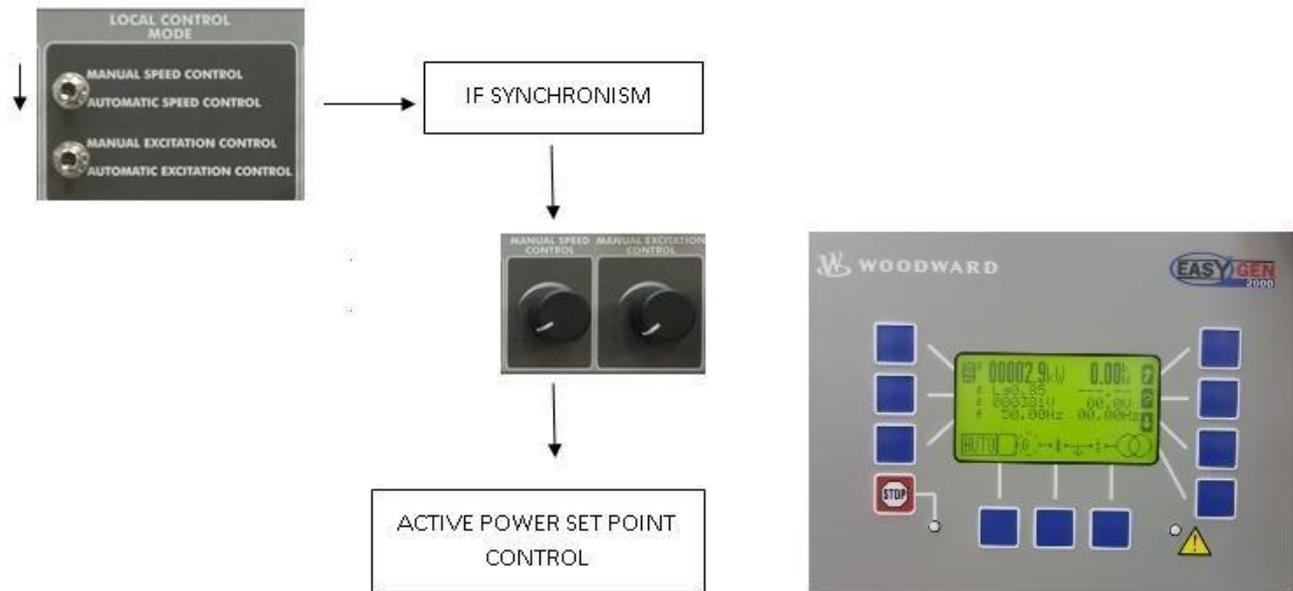


Figura 45: Control local / control de consigna de potencia activa con potenciómetro

- Interruptor de control de excitación manual / automático.
- Posición de control de excitación manual: si el "interruptor" se coloca en “control manual de la excitación”, el potenciómetro “control manual de la excitación” permitirá regular la excitación del generador, lo que significa que el usuario controla la excitación/regulación de la tensión del generador.



Figura 46: control local / control manual de la excitación con potenciómetro

NOTA: tenga especial cuidado con este modo de control, ya que puede provocar sobrecorrientes y sobretensiones muy elevadas. Comience siempre con el potenciómetro completamente girado a

la izquierda.

- Si el "interruptor" se coloca en "control automático de la excitación", el regulador gobernará la excitación de la turbina según sus condiciones internas de programación.



Figura 47: control local / control automático de la excitación con potenciómetro

- Grupo "Interruptores de control":



Figura 48: Grupo de interruptores de control

Además del control dinámico del grupo motor-generator, el grupo "interruptores de control" dispone de cuatro "interruptores" para ejecutar los comandos básicos de la subestación de generación:

- Puesta en marcha/parada de la turbina: Este "interruptor" envía la orden para que el controlador ponga en marcha la turbina.
- Permiso de sincronización 52G: el usuario permite al controlador automático (easygen) sincronizar el generador con la red eléctrica

cuando las tensiones, la secuencia de fases y las frecuencias son adecuadas. El conmutador 52G se cerrará bajo diferentes criterios basados en el estado del conmutador de red 52NET:

- Desactivar 52G: Cuando este interruptor está abierto, el controlador sólo esperará permiso para cerrar el interruptor de generación.
- Activar 52G: en esta situación, el controlador automáticamente cerrará el interruptor de generación en función de dos criterios:
 - Presencia de otra red o fuente de generación. En este caso, el controlador buscará las condiciones de sincronización con dicha fuente externa. Esto es:
 - ❖ Tensiones de red = generador.
 - ❖ Frecuencias de red = generador.
 - ❖ Igual secuencia de fases.
 - Ausencia de otra red o fuente de generación. En este caso, el controlador estabilizará el grupo motor-generador en sus puntos de consigna (tensión y frecuencia).
- Activar/desactivar 52NET: Este interruptor permite al usuario conectar o aislar la subestación eléctrica de una red eléctrica externa. Cuando el 52NET está cerrado, el controlador detectará la posición de este interruptor y esperará la solicitud de arranque de la turbina para sincronizar el generador con la red. Si este interruptor está desactivado, el controlador recibe instrucciones para trabajar en modo isla, es decir,

sin otras fuentes externas.

- Restablecer alarmas: Este pulsador permite restablecer cualquier alarma activa. El usuario deberá pulsarlo al menos dos veces para restablecer las alarmas.

7.3.3.2 Modo de control remoto

Este modo de funcionamiento se lleva a cabo cambiando el "interruptor" a la posición "Modo de control SCADA". Este modo de control se explicará en la sección "Software SCADA"



Figura 49 Modo de control remoto

7.3.3.3 Posición inicial de los interruptores

Antes de encender el módulo N-PUSB2 compruebe que la posición inicial de los interruptores y potenciómetros es la que se muestra en la siguiente imagen:



Figura 50 Posición inicial de los interruptores

7.3.3.4 Configuraciones para el control local del grupo generador-motor

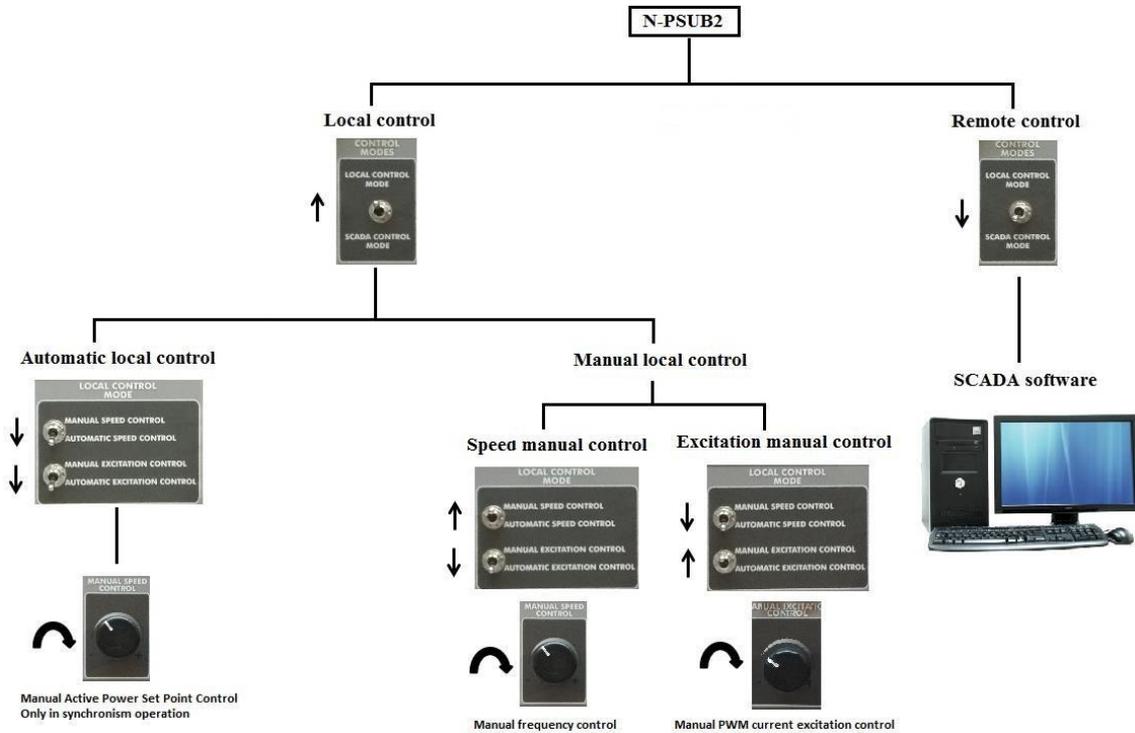


Figura 51 Configuraciones para el control local del grupo generador-motor

7.3.3.4.1 Modo de control local automático

7.3.3.4.1.1 Operación de forma aislada

INTERRUPTORES	PUESTO
Modo de control local/SCADA	ARRIBA (Modo de control local)
Control de velocidad manual/automático	ABAJO (Control automático de velocidad)
Control de excitación manual/automático	ABAJO (Control Automático de Excitación)
Activar/Desactivar 52NET	Derecha (Desactivar 52NET)
Arranque/parada de la turbina	Izquierda (Turbina de arranque)
52G Permiso de sincronización	Izquierda (permiso para cerrar 52G)

Figura 52 Posiciones interruptores operación de forma aislada



Figura 53 Visualización posiciones interruptores operación de forma aislada

7.3.3.4.1.2 Operación de forma sincronizada con la red

INTERRUPTORES	PUESTO
Activar/Desactivar 52NET	Izquierda (Activar 52NET)
Modo de control local/SCADA	ARRIBA (Modo de control local)
Control de velocidad manual/automático	ABAJO (Control automático de velocidad)
Control de excitación manual/automático	ABAJO (Control Automático de Excitación)
Arranque/parada de la turbina	Izquierda (Turbina de arranque)
52G Permiso de sincronización	Izquierda

Figura 54 Posiciones interruptores operación de forma sincronizada con la red



Figura 55 Visualización posiciones interruptores operación de forma sincronizada con la red

7.3.3.4.2 Modo de control local manual

El modo de control manual ofrece al usuario la posibilidad de controlar la tensión y frecuencia del grupo motor-generator mediante el control de su velocidad o de la corriente de excitación, a través de los correspondientes potenciómetros para cada una de ellas. En esta aplicación el usuario controlará manualmente la velocidad o la excitación, pero nunca ambas a la vez.

7.3.3.4.2.1 Control manual de velocidad

INTERRUPTORES	PUESTO
Modo de control local/SCADA	ARRIBA (Modo de control local)
Control de velocidad manual/automático	ARRIBA (Control manual de velocidad)
Control de excitación manual/automático	ABAJO (Control Automático de Excitación)
Activar/Desactivar 52NET	Derecha (Desactivar 52NET)
Arranque/parada de la turbina	Izquierda (Turbina de arranque)
52G Permiso de sincronización	Izquierda (permiso para cerrar 52G)

Figura 56 Posiciones interruptores control manual de velocidad



Figura 57 Visualización osiciones interruptores control manual de velocidad

7.3.3.4.2.2 Control manual de excitación

INTERRUPTORES	PUESTO
Modo de control local/SCADA	ARRIBA (Modo de control local)
Control de velocidad manual/automático	ABAJO (Control automático de velocidad)
Control de excitación manual/automático	ARRIBA (Control manual de excitación)
Activar/Desactivar 52NET	Derecha (Desactivar 52NET)
Arranque/parada de la turbina	Izquierda (Turbina de arranque)
52G Permiso de sincronización	Izquierda

Figura 58 Posiciones interruptores control manual de excitación

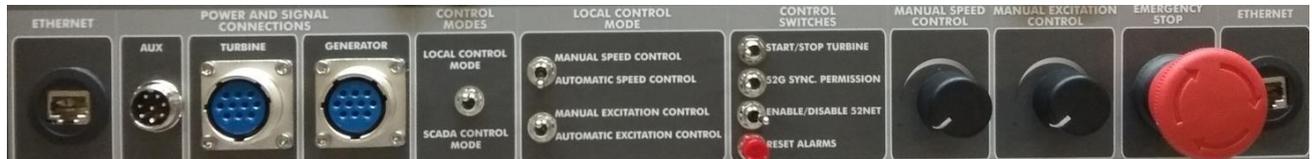


Figura 59 Visualización posiciones interruptores control manual de excitación

7.3.3.5 Control y protección del grupo turbina-generador

Este módulo es el controlador automático de velocidad y tensión del grupo turbina-generador que permite regular la velocidad de la turbina y la excitación del generador. Este controlador es el principal dispositivo de protección y gestión del sistema de generación. Por este motivo es muy importante conocer su funcionamiento, por lo que las pantallas más importantes y los pasos para visualizarlas son los siguientes:

7.3.3.5.1 Ventana principal: Parámetros eléctricos y estado de los interruptores

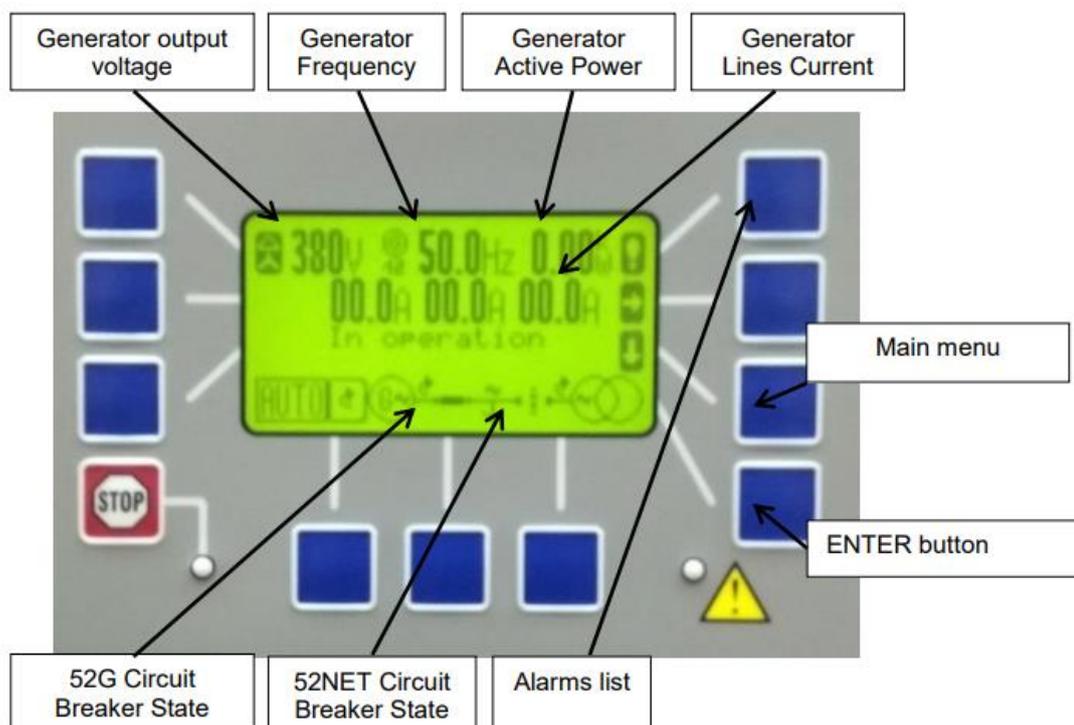


Figura 60: Ventana principal del regulador automático y de tensión

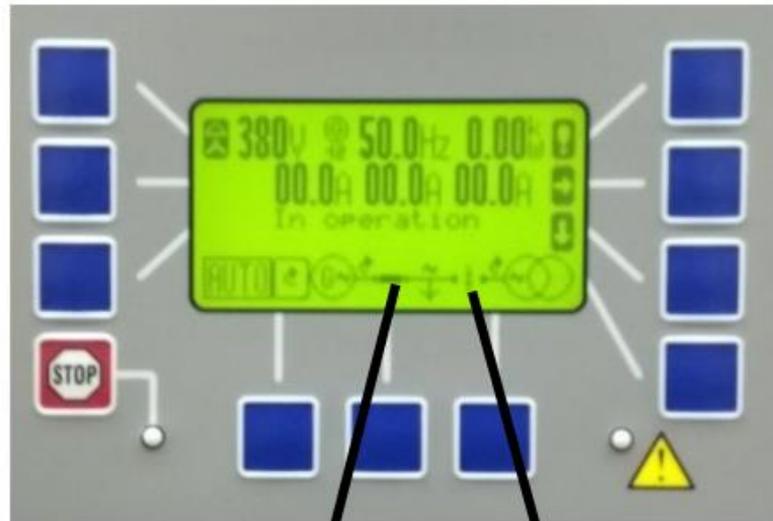


Figura 61: Relación entre el estado de los interruptores automáticos y el diagrama del controlador

7.3.3.5.2 Menú principal

En la ventana principal, pulse el segundo botón de abajo arriba en la columna de la derecha para ir al menú principal.

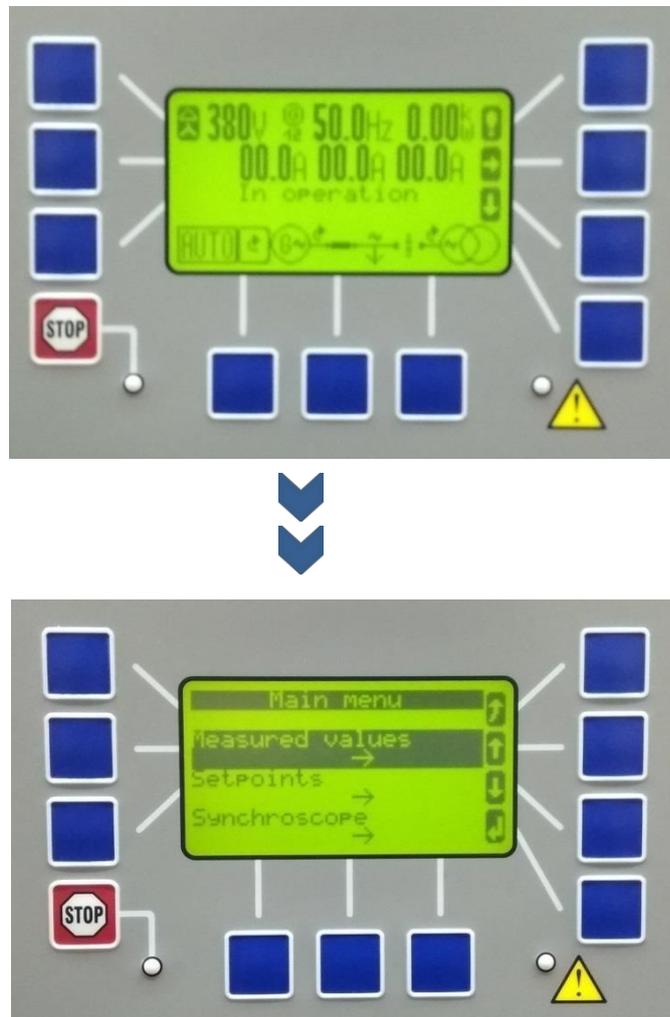


Figura 62 Menú principal

7.3.3.5.2.1 Valores medidos: Parámetros del generador

Pulse el botón Intro cuando seleccione "Valores medidos" en el menú principal y pulse Intro de nuevo para seleccionar "Generador", para visualizar los parámetros eléctricos medidos del generador.

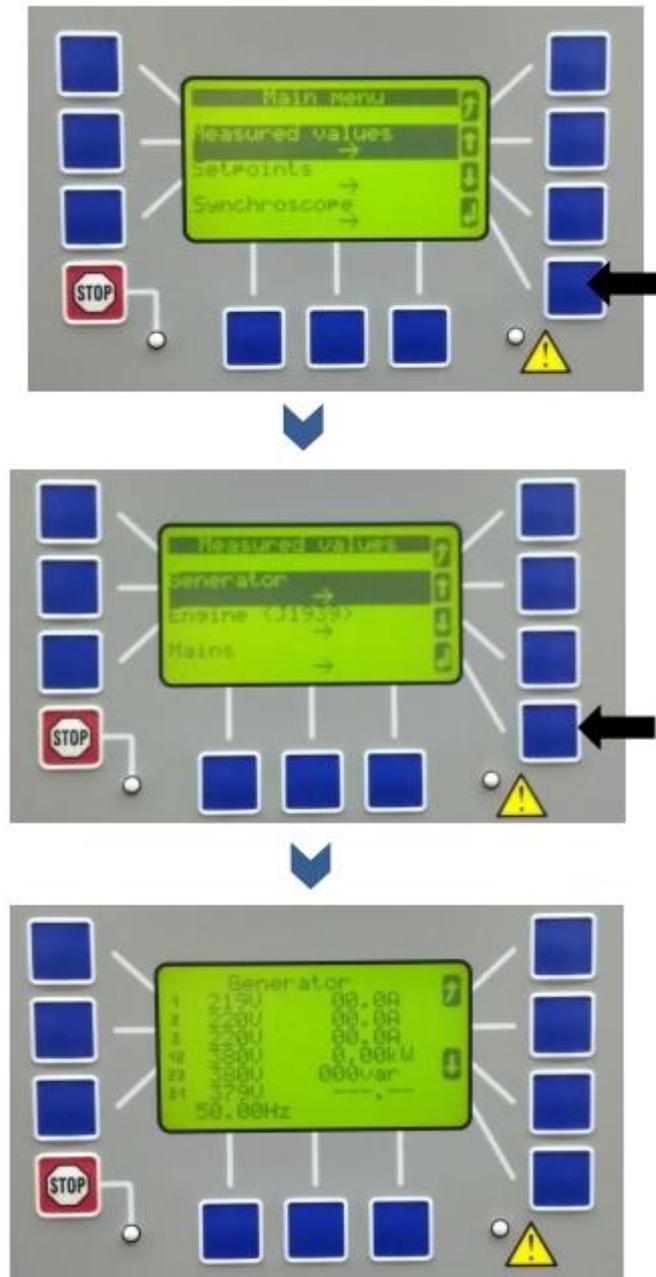


Figura 63 Valores medidos

7.3.3.5.2.2 Set points

Pulse el botón Intro cuando seleccione "Puntos de consigna " en el menú principal para visualizar los puntos de consigna preconfigurados y los valores eléctricos en tiempo real del generador.

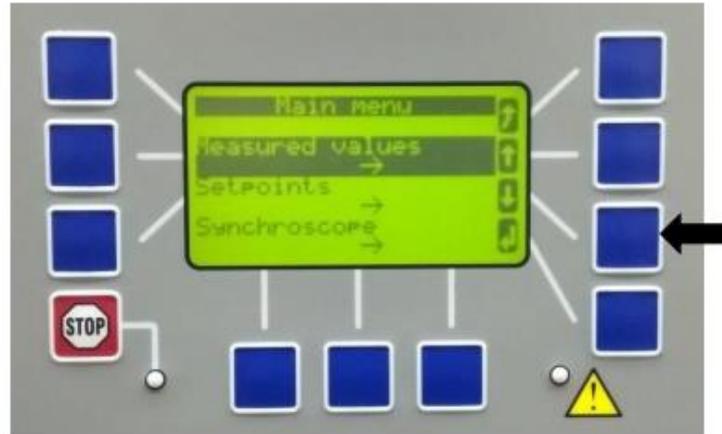


Figura 64 Set points

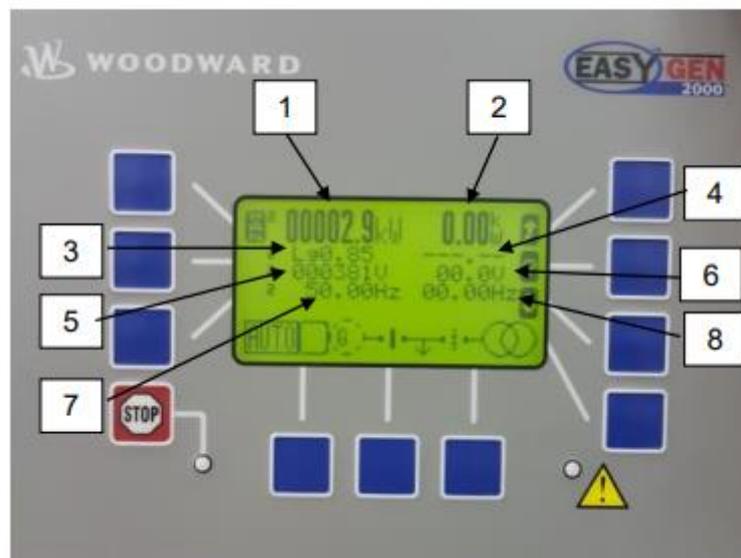
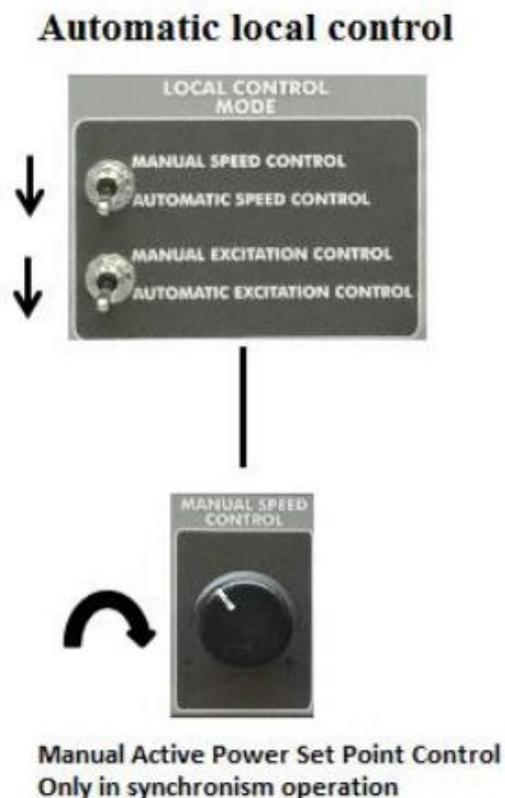


Figura 65 Descripción de los set points

Esta pantalla es muy importante porque el usuario puede comparar los Set Points configurados en el controlador Woodward y comparar estos valores con los parámetros eléctricos reales del generador.

Descripción de los puntos de ajuste:

- Consigna de potencia activa. Esta consigna puede modificarse con el potenciómetro de velocidad si se cumplen las siguientes condiciones:
 - a. El generador está sincronizado con la red nacional.
 - b. El interruptor de modo de control de velocidad está en posición automática según la siguiente imagen:



- Potencia activa real. Este parámetro es la potencia activa generada

por el generador síncrono. Este parámetro dependerá de la carga conectada a la salida del generador.

- Punto de consigna del factor de potencia. Este parámetro es muy importante porque permite establecer la relación entre la potencia activa generada y la potencia reactiva generada del generador síncrono. Este parámetro sólo se puede modificar desde el SCADA. En el modo de control local se ajusta a $PF=0,95$.
- Factor de potencia real. Este parámetro depende de la carga conectada al generador y del modo de funcionamiento (autónomo o sincronismo). Si el generador funciona en modo autónomo, el factor de potencia viene definido por la característica de la carga (resistencia + inductor o resistencia + condensador). Sin embargo, si el generador está en sincronismo con la red, el factor de potencia se fija de acuerdo con el apartado 3.

Consigna de tensión de salida. Esta consigna define la tensión de funcionamiento del generador. Cuando el usuario arranca el generador, el regulador controla la excitación para alcanzar esta consigna de tensión. Esta consigna sólo puede modificarse desde el SCADA.

- Tensión de salida real del generador.
- Consigna de frecuencia del generador. Este parámetro sólo se puede modificar desde el SCADA. Es muy importante configurar este parámetro de acuerdo con la frecuencia del país donde se sincronizará el generador.

- Frecuencia real del generador.

7.3.3.5.2.3 Sincronoscopio

Para ver la diferencia de ángulo de fase entre el generador y la red, junto con el estado de los disyuntores (52G y 52NET) , baje en el menú principal hasta "Sincroscore" y pulse intro.

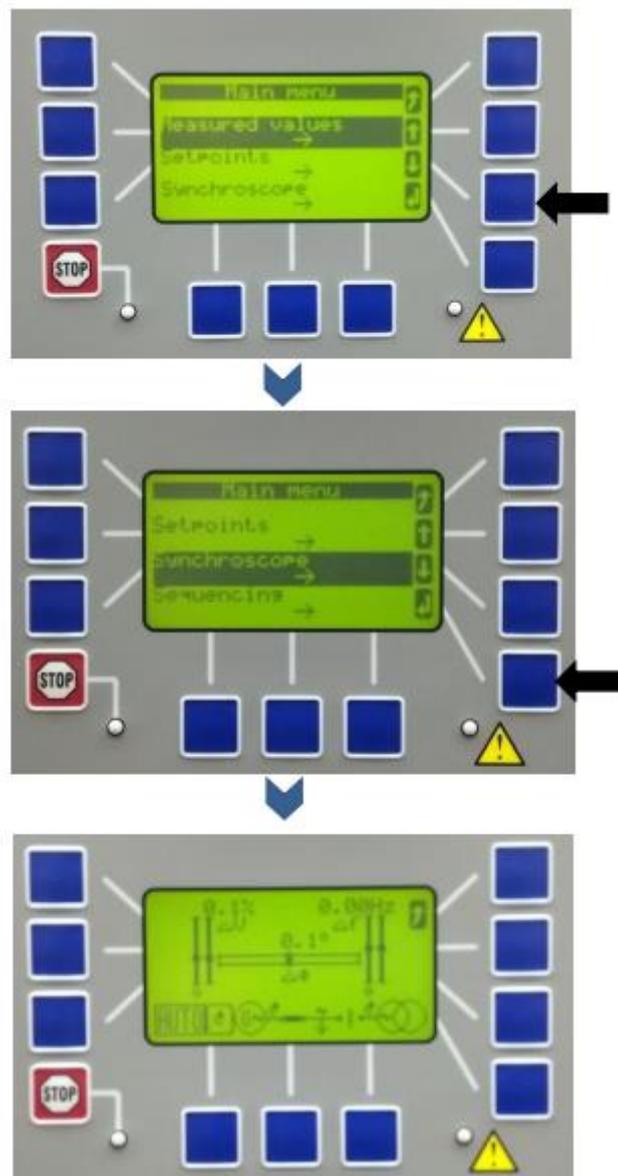
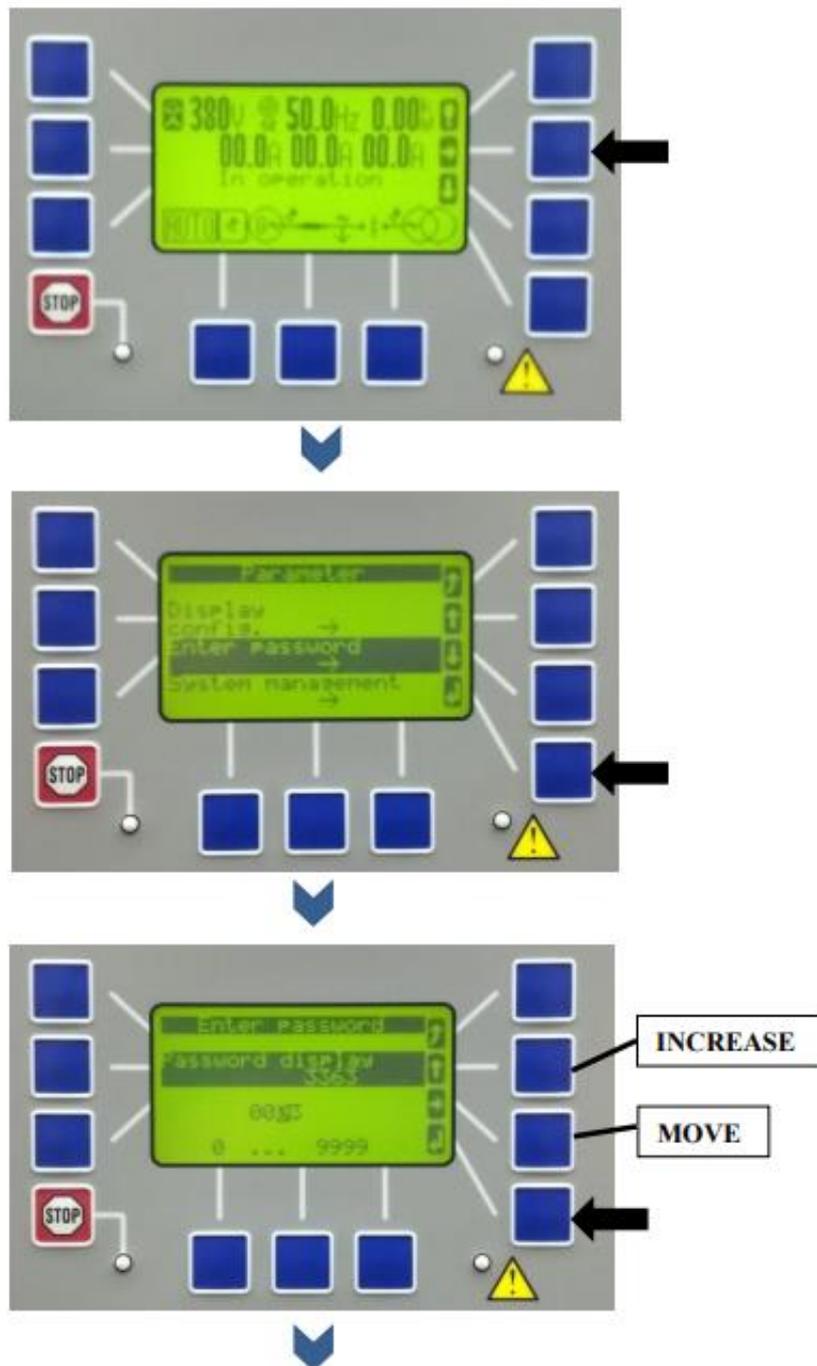


Figura 66 Sincronoscopio

7.3.3.5.3 Contador y servicio

Para restablecer los datos de "contador y servicio" en el menú principal, primero e s necesario ir a la ventana "Parámetros" e introducir la contraseña "0003". Para ello, siga los pasos que se indican a continuación:



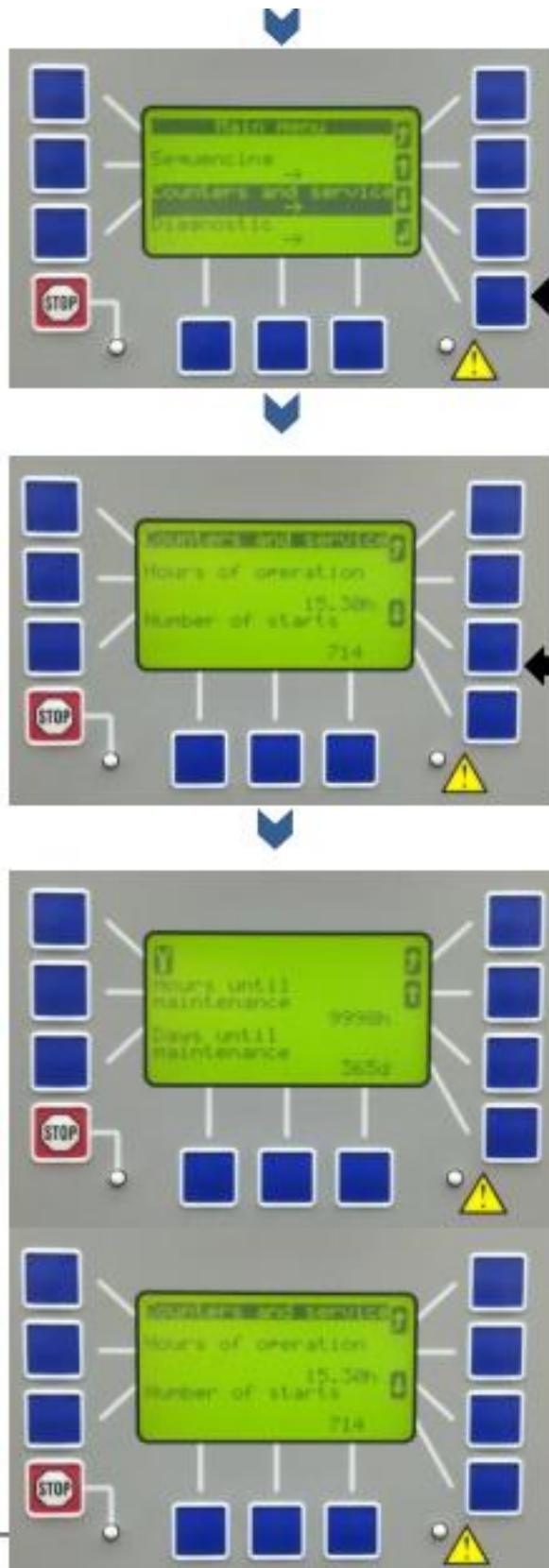


Figura 67 Contador y servicio

7.3.4 N-REFT/3C. Módulo de resistencias configurables trifásicas 3x300 W

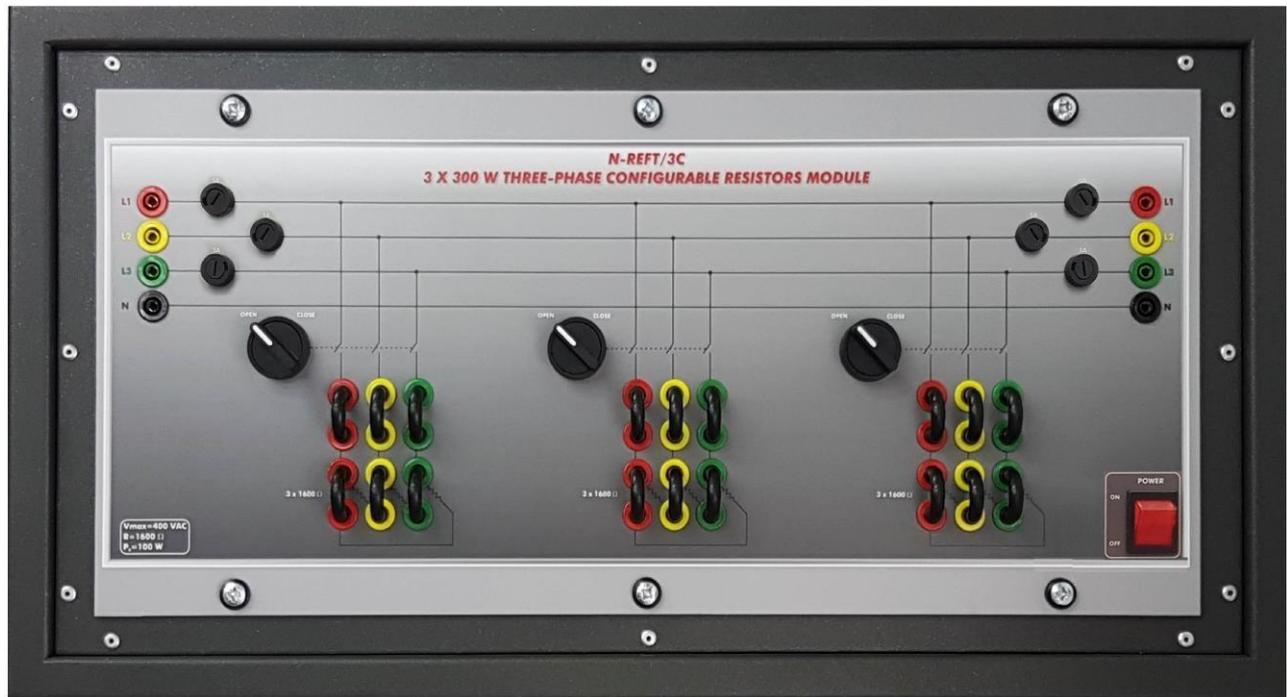


Figura 68: Módulo N-RET/3C

Este módulo permite al usuario introducir el consumo de potencia activa en los sistemas de potencia. El módulo representa un consumidor final con tres escalones de bancos resistivos trifásicos. Cada banco puede configurarse en triángulo o en estrella.

Para trabajar con este módulo es necesario conectar al menos una fuente de alimentación o generador en el lado izquierdo y, si el usuario lo desea, también se puede conectar un analizador de redes para medir los parámetros eléctricos mientras se conmutan los bancos resistivos.

Los pasos necesarios para trabajar con este módulo son los siguientes:

1. Configure la conexión de los bancos resistivos. La configuración

puede ser en triángulo o en estrella. Por ejemplo, la conexión en triángulo se muestra en la siguiente imagen

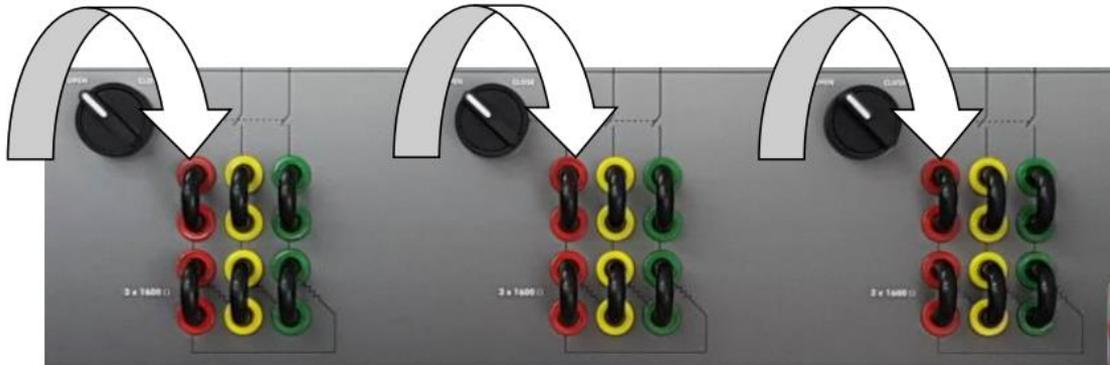


Figura 69: Conexión de resistencia delta N-REFT/3C

En esta configuración, cada banco consumirá una potencia determinada. El consumo dependerá de la tensión entre líneas y de los valores de resistencia.

Supongamos una tensión de línea a línea de 400 VCA. El esquema eléctrico es el siguiente:

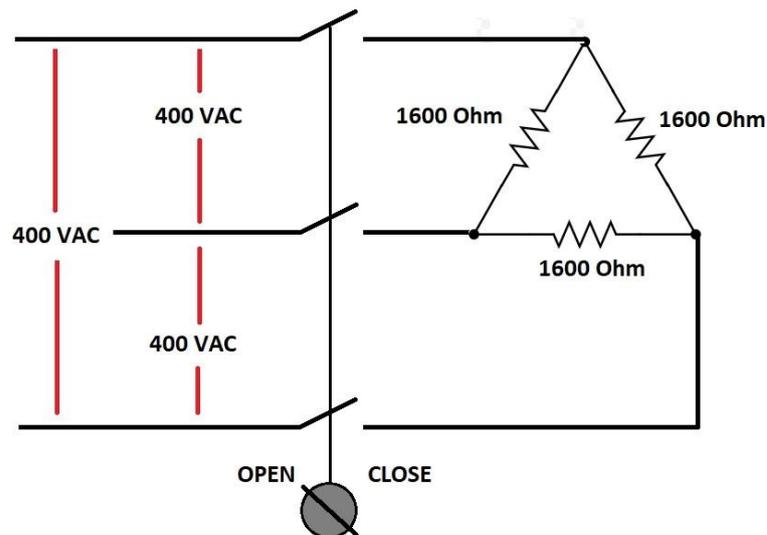


Figura 70: Diagrama de resistencia delta N-REFT/3C

Cierra el interruptor y comprueba si el consumo se acerca a 300 W por paso. El

cálculoteórico es el siguiente:

$$P_{R1} = \frac{V^2}{R1} = \frac{400^2}{1600} = 100W$$

$$P_{BENCH 1} = 3 \times P_{R1} = 3 \times 100W = 300W$$

2. Repita el proceso con la configuración en estrella.

Supongamos una tensión de línea a línea de 400 VCA. El esquema eléctrico es el siguiente

$$V_R = \frac{V_{LL}}{\sqrt{3}} = \frac{400}{\sqrt{3}} = 230 VAC$$

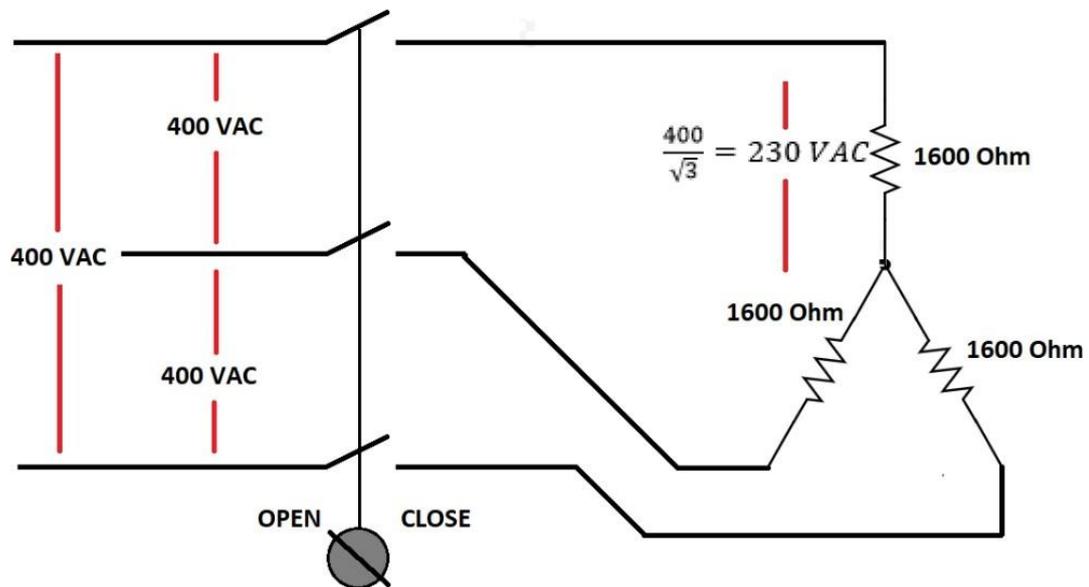


Figura 71: Diagrama de resistencia en estrella N-REFT/3C

Cierra el interruptor y comprueba si el consumo se acerca a 100 W por paso. El cálculoteórico es el siguiente:

$$V_R = \frac{V_{LL}}{\sqrt{3}} = \frac{400}{\sqrt{3}} = 230 \text{ VAC}$$

$$P_{R1} = \frac{V^2}{R1} = \frac{230^2}{1600} = 33W$$

$$P_{BENCH 1} = 3 \times P_{R1} = 3 \times 33W = 100W$$

$$P_{BENCH 1} = 3 \times P_{R1} = 3 \times 33W = 100W$$

7.3.5 N-INDT/3C. Módulo de Inductancias Configurables Trifásico 3x300 VAR

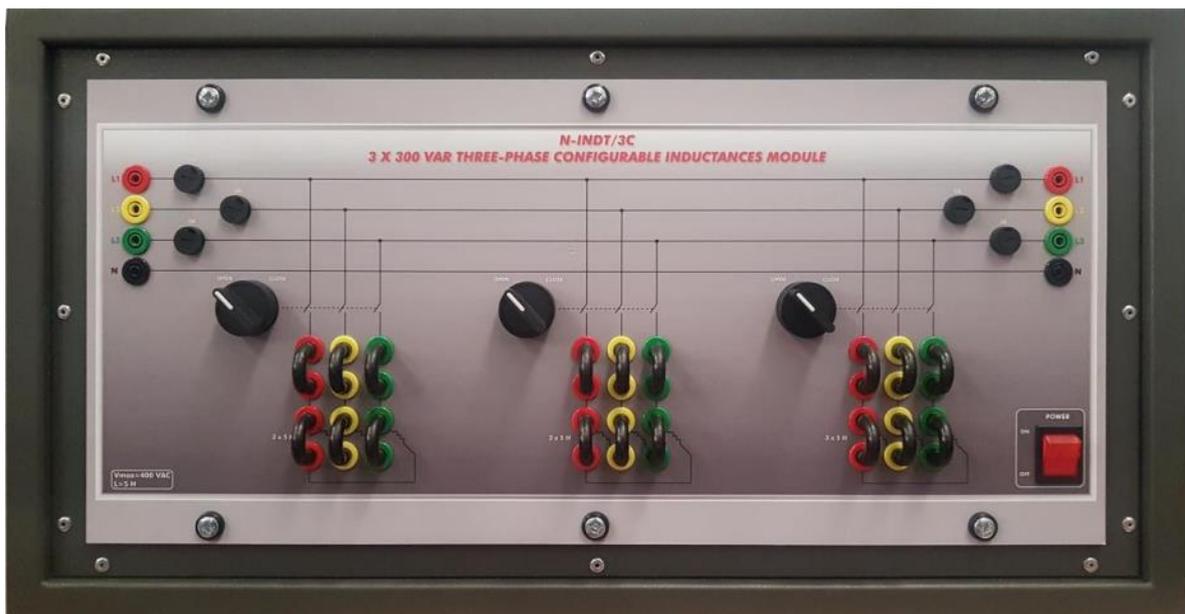


Figura 72. Módulo N-INDT/3C Módulo N-INDT/3C

Este módulo permite al usuario introducir el consumo de potencia reactiva en los sistemas eléctricos. El módulo representa un consumidor final con tres escalones de bancos inductivos trifásicos. Cada banco puede configurarse en triángulo o en estrella.

Para trabajar con este módulo es necesario conectar al menos una fuente de

alimentación o generador en el lado izquierdo y, si el usuario lo desea, también se puede conectar un analizador de redes para medir los parámetros eléctricos mientras se conmutan los bancos inductivos.

Los pasos necesarios para trabajar con este módulo son los siguientes:

1. Configure la conexión de los bancos inductivos. La configuración puede ser en triángulo o en estrella. Por ejemplo, la conexión en triángulo se muestra en la siguiente imagen.



Figura 73: Conexión de inductancia delta N-INDT/3C

En esta configuración, cada banco consumirá una determinada potencia reactiva. El consumo dependerá de la tensión entre líneas y de los valores de inductancia.

Supongamos una tensión de línea a línea de 400 VCA y 50 Hz de frecuencia de red. El esquema eléctrico es el siguiente:

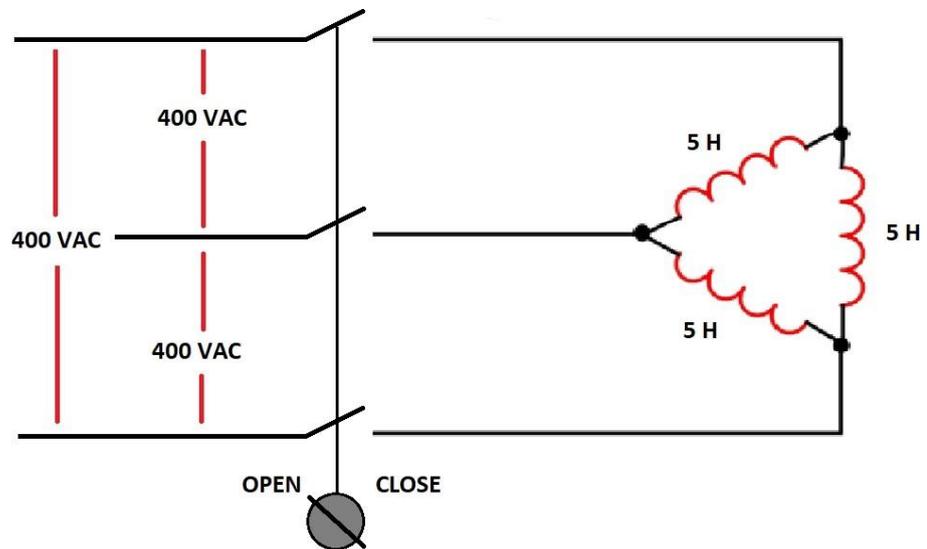


Figura 74: Diagrama de inductancia delta N-INDT/3C

Cierre el interruptor y compruebe si el consumo de potencia reactiva se aproxima a 306 VAr por paso. El cálculo teórico es el siguiente:

$$Q_{L1} = \frac{V^2}{Z_1}$$

$$Z_1 = \omega \times L = 2 \times \pi \times f \times L = 2 \times \pi \times 50 \times 5 = 1570 \text{ Ohm}$$

$$Q_{z1} = \frac{V^2}{Z_1} = \frac{400^2}{1570} = 102 \text{ VAr}$$

$$Q_{BENCH 1} = 3 \times Q_{L1} = 3 \times 102W = 306 \text{ VAr}$$

$$P_{BENCH 1} = 3 \times P_{R1} = 3 \times 100W = 300W$$

2. Repita el proceso con la configuración en estrella.

Supongamos una tensión de línea a línea de 400 VCA y 50 Hz de frecuencia dered. El esquema eléctrico es el siguiente:

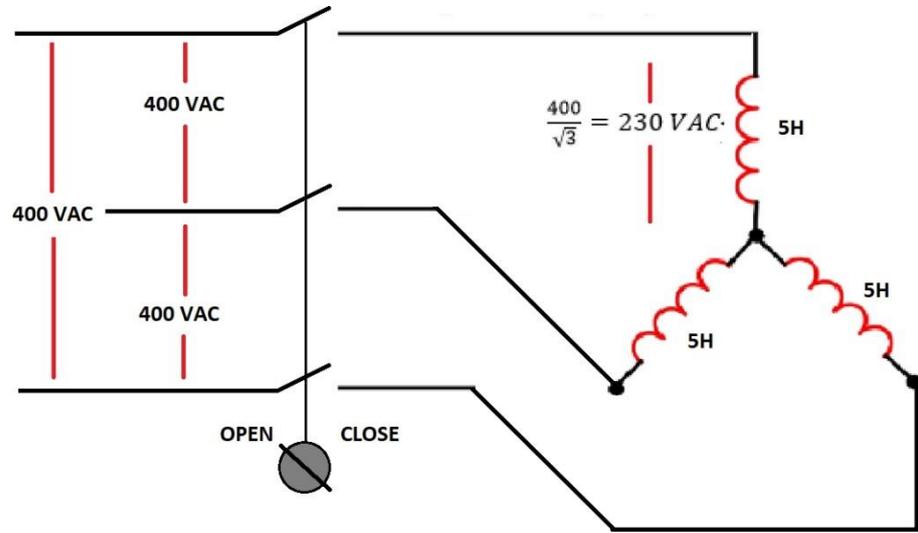


Figura 75: Diagrama de inductancia en estrella N-INDT/3C

Cierra el interruptor y comprueba si el consumo se aproxima a 100 VAr por paso. El cálculo teórico es el siguiente:

$$V_{L1} = \frac{V_{LL}}{\sqrt{3}} = \frac{400}{\sqrt{3}} = 230 \text{ VAC}$$

$$Q_{L1} = \frac{V^2}{Z_1}$$

$$Z_1 = \omega \times L = 2 \times \pi \times f \times L = 2 \times \pi \times 50 \times 5 = 1570 \text{ Ohm}$$

$$Q_{L1} = \frac{V^2}{Z_1} = \frac{230^2}{1570} = 33 \text{ VAr}$$

$$P_{BENCH 1} = 3 \times Q_{L1} = 3 \times 33 \text{ VAr} = 100 \text{ VAr}$$

7.3.6 N-CAR19T/3C. Módulo de condensadores configurables trifásicos 3x300 VAR

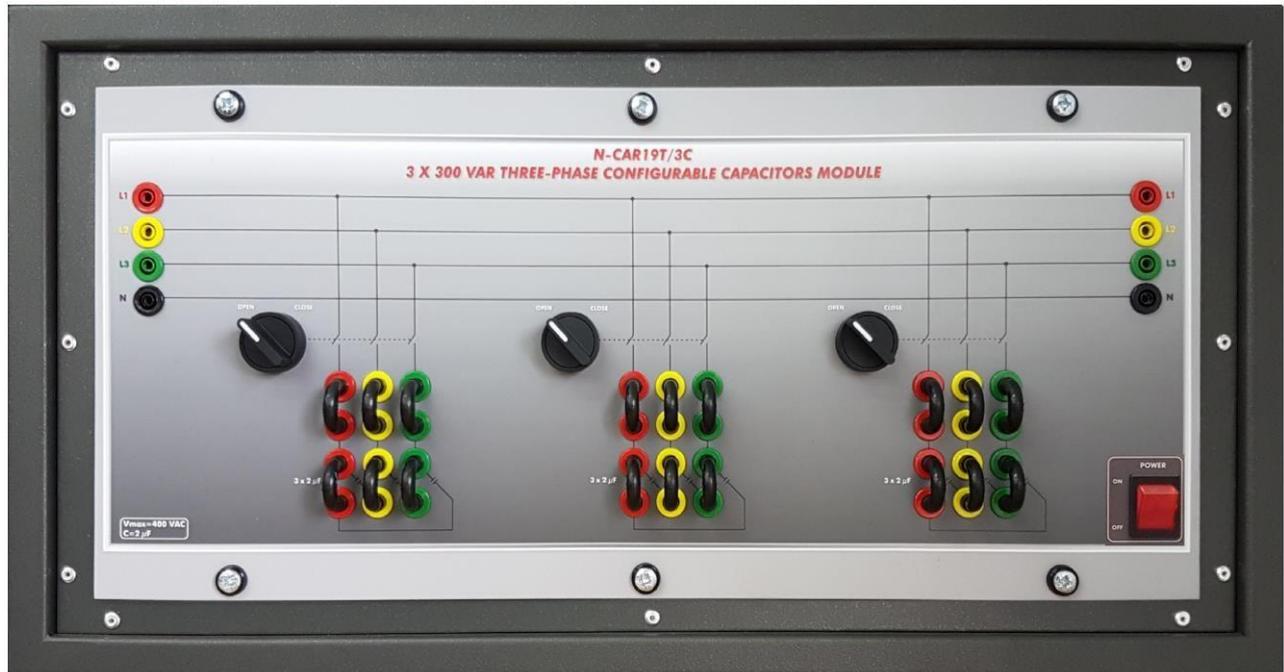


Figura 76: Módulo N-CAR19T/3C

Este módulo permite al usuario introducir la producción de potencia reactiva en los sistemas de potencia. El módulo representa un consumidor final con tres escalones de bancos de condensadores trifásicos. Cada banco puede configurarse en triángulo o en estrella.

Para trabajar con este módulo es necesario conectar al menos una fuente de alimentación o generador en el lado izquierdo y, si el usuario lo desea, también se puede conectar un analizador de redes para medir los parámetros eléctricos mientras se conmutan las baterías de condensadores.

Tenga en cuenta que este módulo produce energía reactiva y un exceso de ésta puede dañar un generador. La energía reactiva produce sobretensiones en la salida del generador. Por esta razón es importante que el usuario calcule el máximo de

baterías de condensadores a conectar en paralelo con el generador. Para más información al respecto por favor, diríjase a las PRINCIPALES INSTRUCCIONES, ADVERTENCIAS Y PRECAUCIONES” de generación y sincronización

Los pasos necesarios para trabajar con este módulo son los siguientes:

1. Configure la conexión de las baterías de condensadores. La configuración puede ser en triángulo o en estrella. Por ejemplo, la conexión en triángulo se muestra en la siguiente imagen

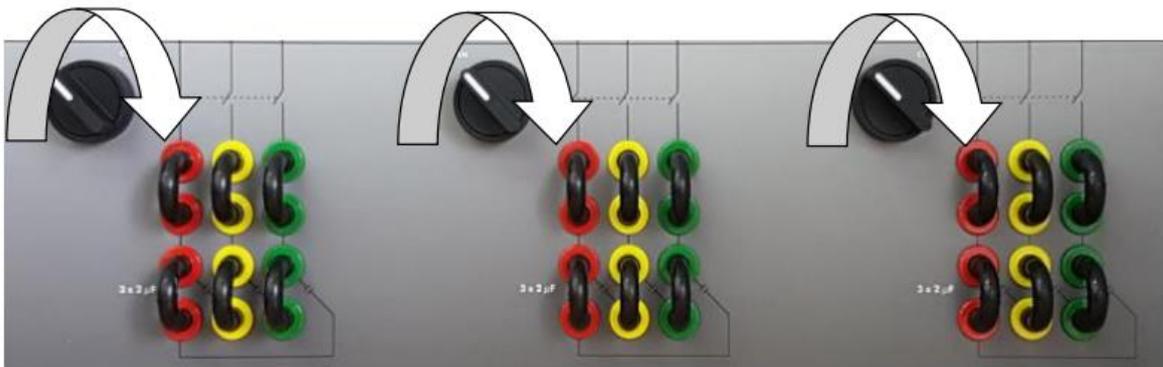


Figura 77: Conexión de condensadores delta N-CA19T/3C

En esta configuración, cada banco producirá una determinada potencia reactiva. La producción de potencia dependerá de la tensión entre líneas y de los valores de los condensadores.

Supongamos una tensión de línea a línea de 400 VCA y 50 Hz de frecuencia de red. El esquema eléctrico es el siguiente:

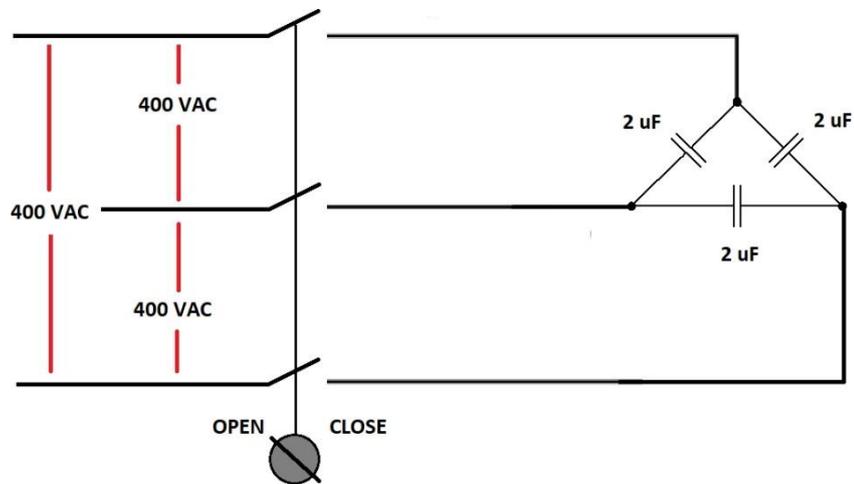


Figura 78: Diagrama de condensadores delta N-CAR19T/3C

Cierre el interruptor y compruebe si la producción de potencia reactiva se aproxima a 300 VAR por paso. El cálculo teórico es el siguiente

$$Q_{L1} = \frac{V^2}{Z_1}$$

$$Z_1 = \frac{1}{\omega \times C} = \frac{1}{2 \times \pi \times f \times C} = \frac{1}{2 \times \pi \times 50 \times 2 \times 10^{-6}} = 1590 \text{ Ohm}$$

$$Q_{Z1} = \frac{V^2}{Z_1} = \frac{400^2}{1590} = 100 \text{ VAR}$$

$$Q_{BENCH 1} = 3 \times Q_{C1} = 3 \times 100W = 300 \text{ VAR}$$

2. Repita el proceso con la configuración en estrella.

Supongamos una tensión de línea a línea de 400 VCA y 50 Hz de frecuencia dered. El esquema eléctrico es el siguiente:

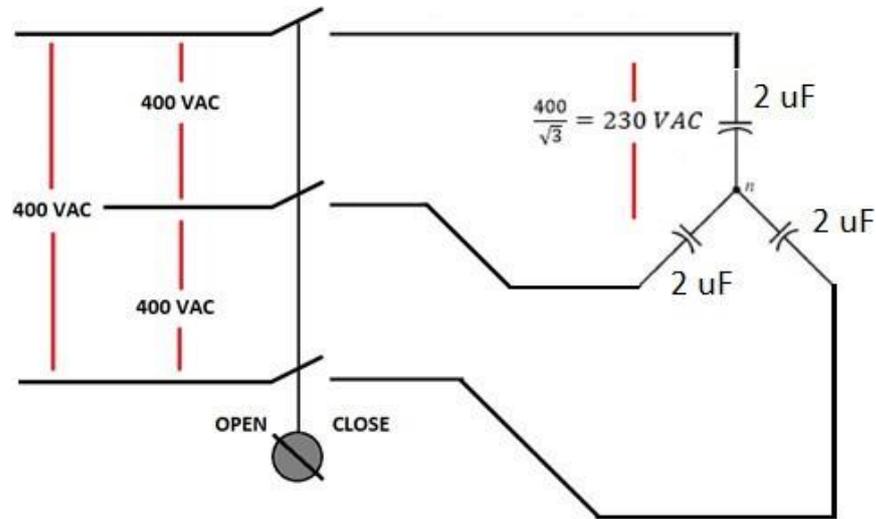


Figura 79: Diagrama de condensadores en estrella N-CAR19T/3C

Cierre el interruptor y compruebe si el consumo se aproxima a 100 VAR por paso.

El cálculo teórico es el siguiente:

$$V_{L1} = \frac{V_{LL}}{\sqrt{3}} = \frac{400}{\sqrt{3}} = 230 \text{ VAC}$$

$$Q_{L1} = \frac{V^2}{Z_1}$$

$$Z_1 = \frac{1}{\omega \times C} = \frac{1}{2 \times \pi \times f \times C} = \frac{1}{2 \times \pi \times 50 \times 2 \times 10^{-6}} = 1590 \text{ Ohm}$$

$$Q_{Z1} = \frac{V^2}{Z_1} = \frac{230^2}{1590} = 33 \text{ VAR}$$

$$Q_{BENCH 1} = 3 \times Q_{C1} = 3 \times 33 \text{ VAR} = 100 \text{ VAR}$$

7.3.7 Software SCADA

El software SCADA se utiliza para controlar y visualizar los parámetros de la aplicación siempre que el modo de control SCADA (modo remoto) esté activado en el interruptor del módulo N-PSUB2. Este software tiene diferentes pantallas estructuradas como el hardware de la aplicación. Hay dos menús en la parte izquierda de la pantalla:

7.3.7.1 Menús principales SCADA

- (1) Menú para controlar SCADA y guardar datos.
- (2) Menú de navegación entre las pantallas.
- (3) Diagrama que representa un sistema de alimentación que no es necesariamente el sistema de aplicación, ya que es modular y flexible.

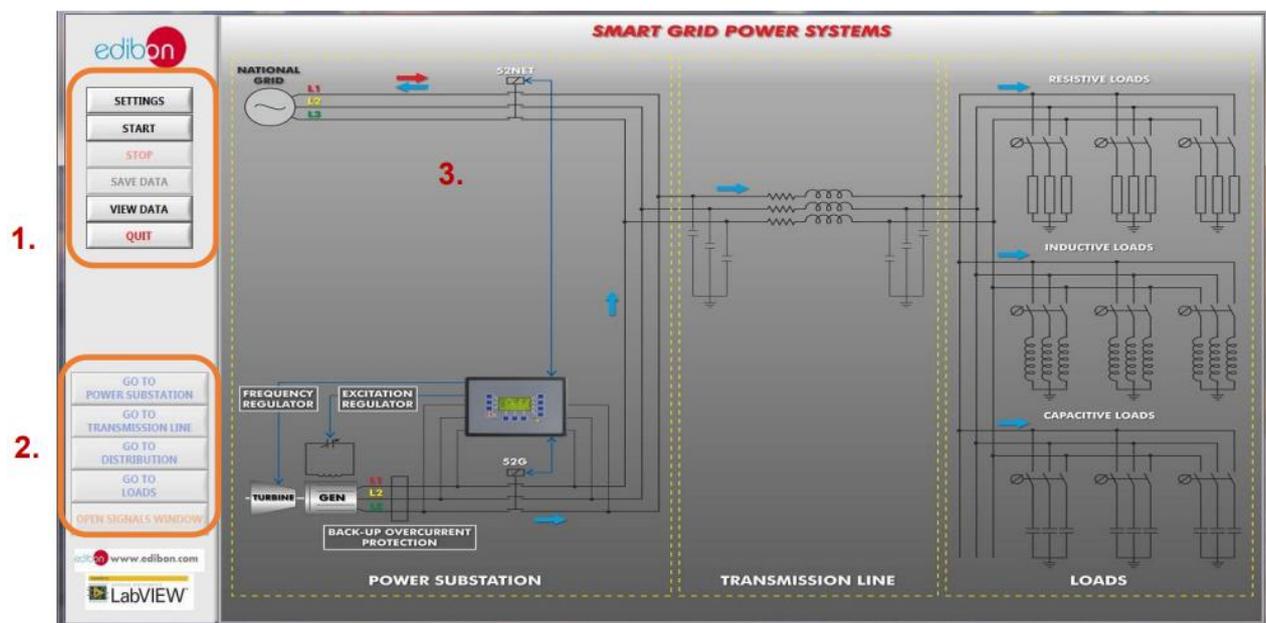


Figura 80. Pantalla principal del software SCADA

La pantalla principal ofrece una visión general de un esquema eléctrico

compuesto por la subestación de generación, transporte y consumo de energía. El menú principal de navegación se encuentra a la izquierda.

Las diferentes partes de esta pantalla se muestran en la figura:

1. Menú de control SCADA. Incluye los principales comandos del sistema:

- a. Configuración:** esta pantalla permite modificar el nombre de configuración de las alarmas. Está definido y configurado por Edibon y no debe ser modificado por el usuario ya que estas alarmas se corresponden con salidas digitales del controlador de turbina.

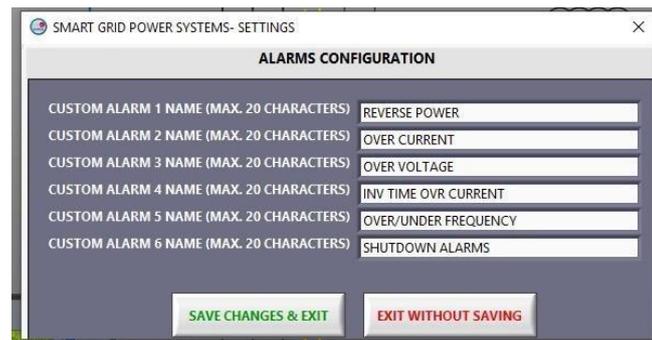


Figura 81: Configuración de alarmas por Edibon

b. Inicio: este botón permite iniciar el Software de Control SCADA y trabajar con la aplicación. Este botón permite acceder a los submenús de Subestación Eléctrica, Línea de Transmisión, Distribución, Cargas, Faltas, señales y simulador de centrales.

c. Detener: este botón permite detener el software y visualizar los datos guardados realizados durante el ejercicio práctico.

d. Guardar datos: este botón permite almacenar todos los parámetros eléctricos del proceso de generación de energía. Todas las corrientes, tensiones, potencias, frecuencias y

muchas otras variables pueden almacenarse para su posterior visualización en un fichero.

e. Ver datos: este botón permite visualizar los datos almacenados.

f. Salir: este botón permite salir del Software SCADA.

2. Menú de navegación por las pantallas. Este menú permite desplazarse por diferentes pantallas que representan las distintas partes del sistema eléctrico (subestación eléctrica, línea de transmisión, subestación de distribución, cargas, averías, señales del analizador de redes, etc.).

3. Diagrama eléctrico que representa un sistema eléctrico.

7.3.7.2 Proceso de arranque del SCADA

A continuación se explicarán algunos detalles sobre el proceso de puesta en marcha del software:

1. Pulse el botón "START" para activar el menú de navegación de la pantalla.

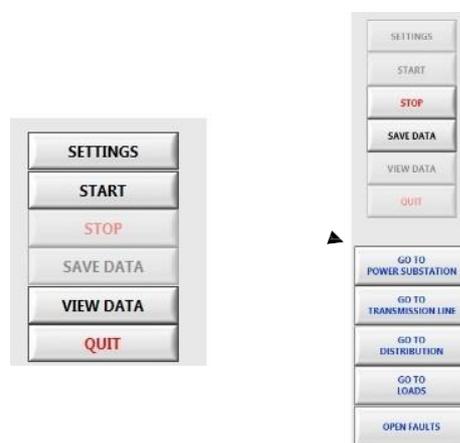


Figura 82: Inicio del software SCADA

- Haga clic en el botón "GUARDAR DATOS" para iniciar la adquisición de datos. Seleccione el periodo y haga clic en "COMENZAR A GUARDAR".
Nota: este paso es opcional. Es posible que el usuario no desee guardar los datos.

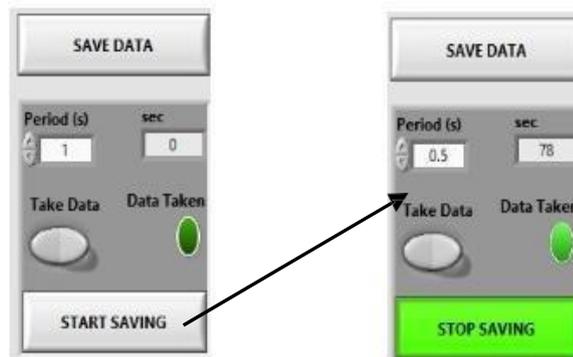


Figura 83: Menú Guardar datos

Después de hacer clic en "INICIAR AHORRO" aparecerá la siguiente pantalla:
Luego defina el nombre del archivo de datos:

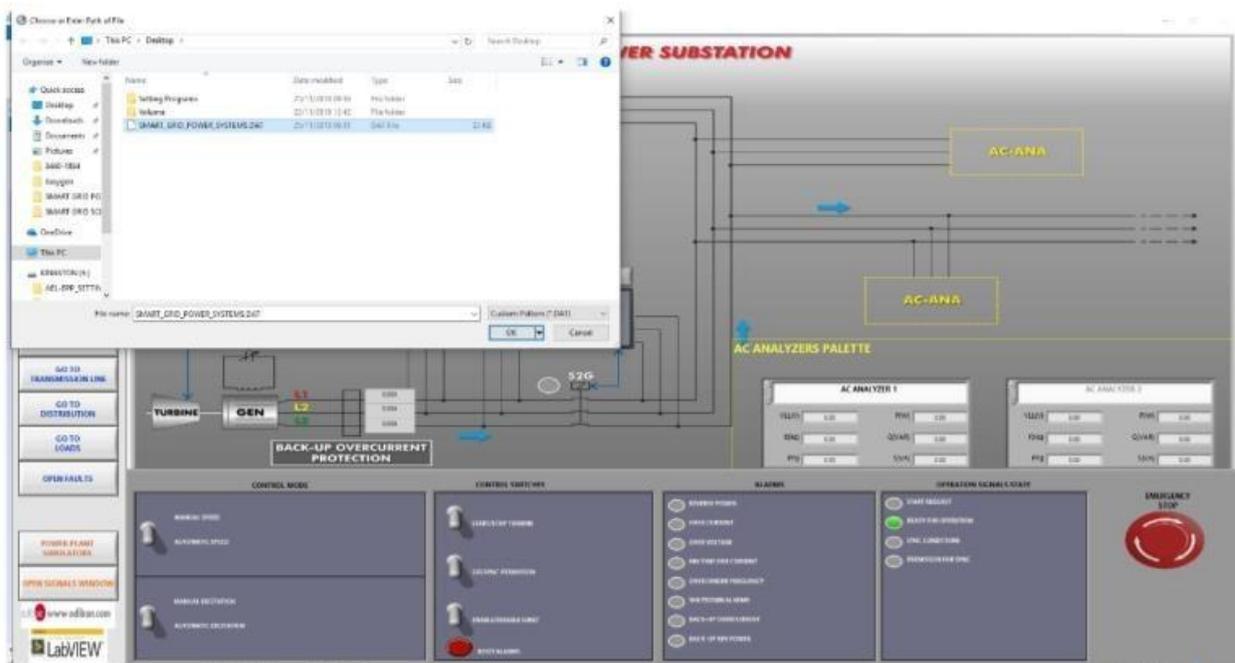


Figura 84: Guardar archivo de datos

- Ahora, el usuario puede navegar por las distintas pantallas mientras se almacenan los parámetros eléctricos.



Figura 85: Menú de navegación tras pulsar "START"

- Una vez finalizado el ejercicio práctico, haga clic en "DEJAR DE GUARDAR".
- Haga clic en "STOP" y, a continuación, haga clic en "VIEW DATA" para abrir el archivo de datos guardado. Aparecerá la siguiente pantalla y el usuario deberá hacer clic en "ABRIR ARCHIVO".

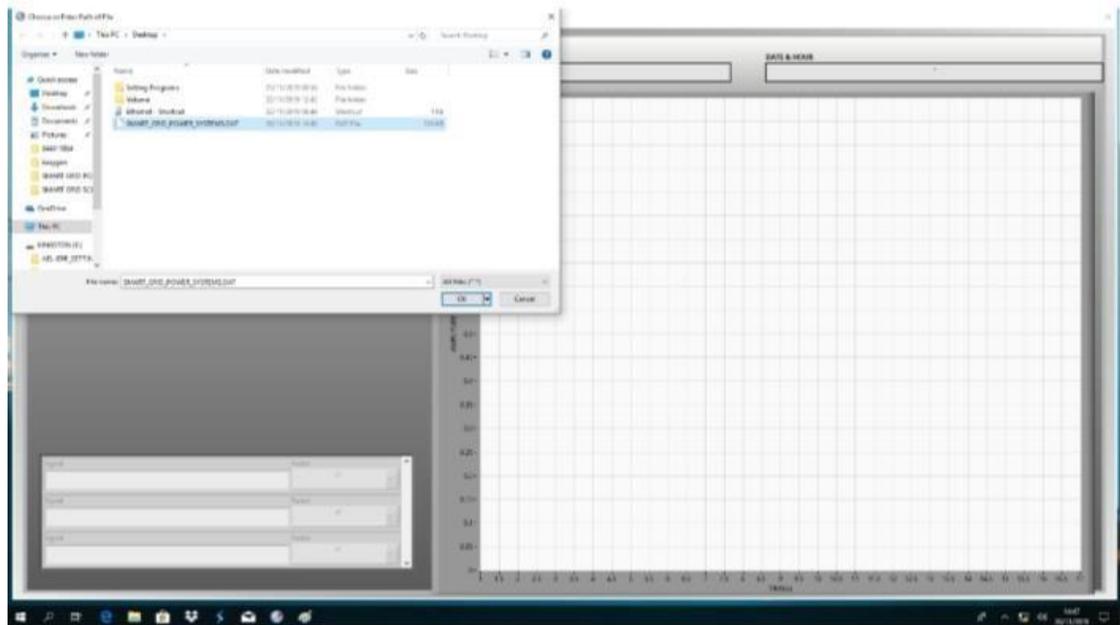


Figura 86: Abrir archivo guardado

6. El nuevo fichero de datos se carga y cualquier parámetro eléctrico o señal puede visualizarse en la pantalla. La siguiente figura muestra un ejemplo de archivo de almacenamiento de datos. La potencia activa y la potencia reactiva son variables mostradas en esta figura.

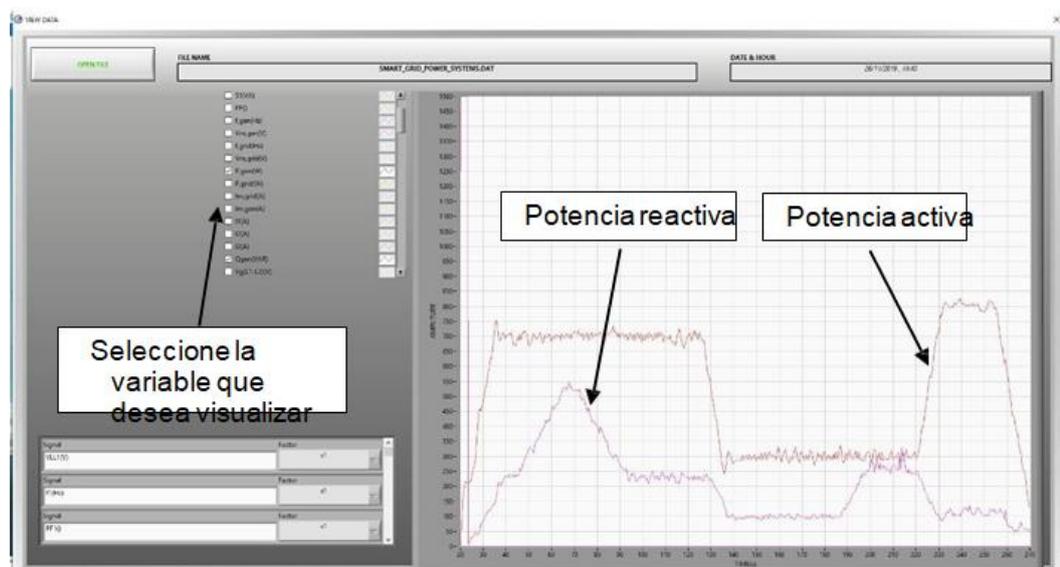


Figura 87: Abrir archivo guardado

7.3.7.3 Descripción del menú de la subestación eléctrica

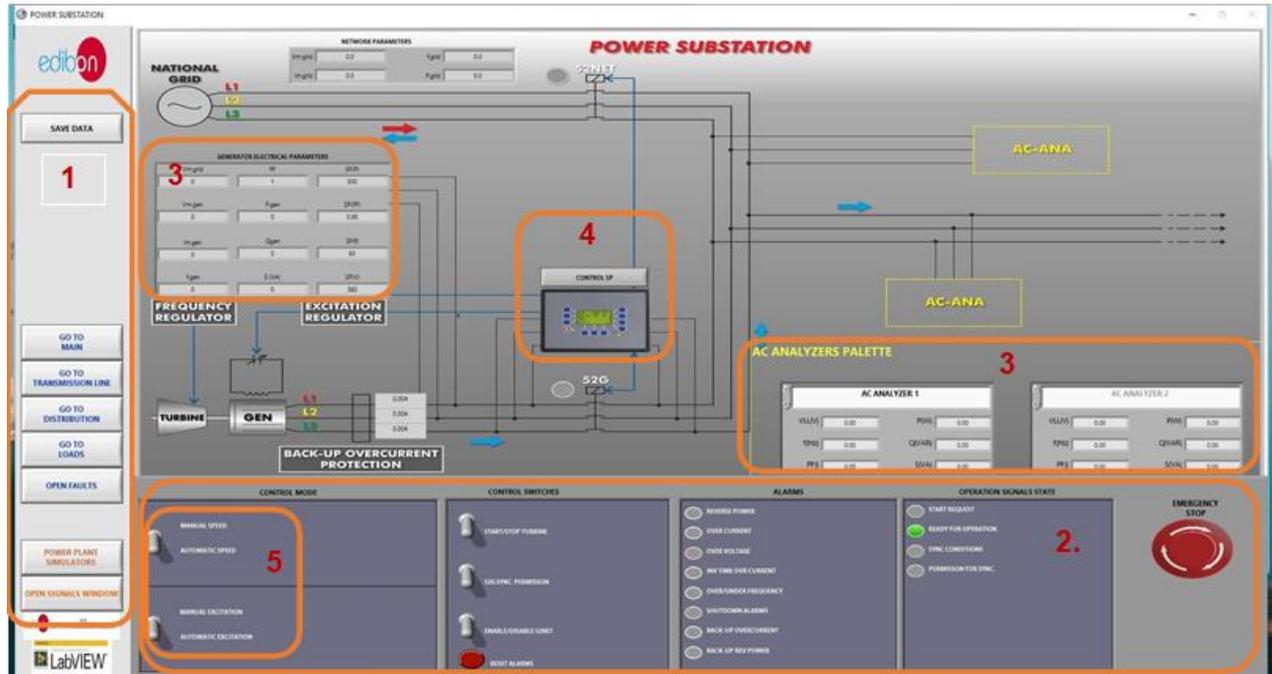


Figura 88: SCADA software main screen

Esta pantalla muestra el diagrama trifásico de una subestación de generación eléctrica en el que se muestran sus parámetros eléctricos, así como los interruptores, alarmas y señales de operación.

La figura muestra las partes más importantes de esta pantalla:

1. **Menú de navegación y botón de guardar datos.** Para más información sobre este menú, vaya a la sección “Menús principales SCADA”.
2. **Panel de control.** Este panel de control virtual está diseñado con la misma apariencia y funcionalidad que los módulos N-PSUB y N-PPCM1. La imagen que se muestra a continuación es un recordatorio de este panel de control de hardware:

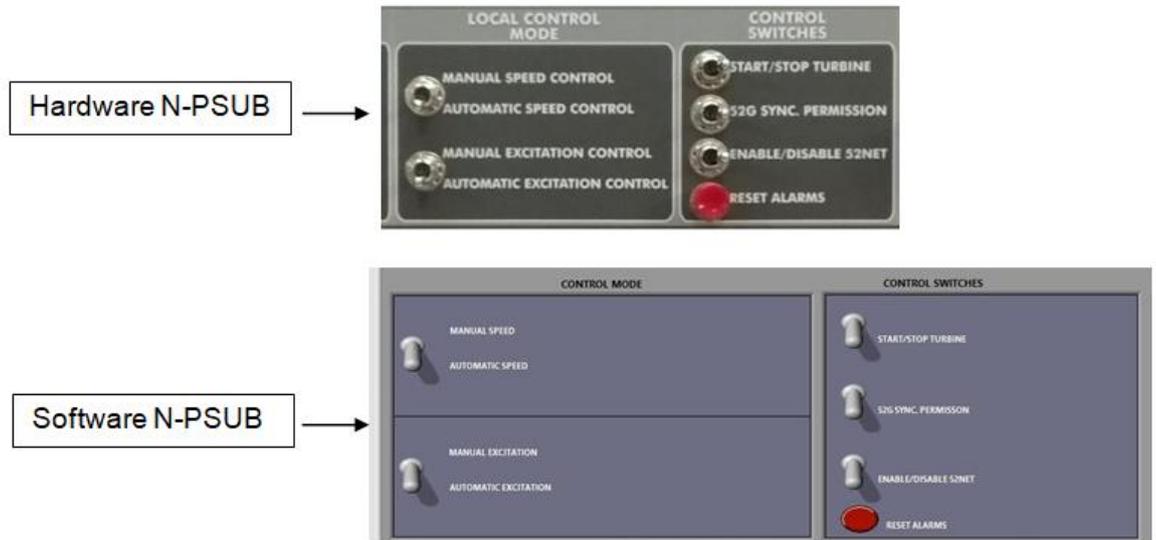


Figura 89: Comparación de los paneles de control de hardware y software

Este panel de control virtual está diseñado con la misma apariencia y funcionalidad que los módulos N-PSUB y N-PPCM1. El proceso de operación es el mismo que el módulo N-PSUB. Por favor, haga clic en el siguiente enlace para obtener más información sobre el funcionamiento de este panel “N-PSUB2: Módulo 2 de subestación de generación eléctrica”

Las alarmas y las luces de estado de las señales de funcionamiento también son similares en el software y en el hardware:

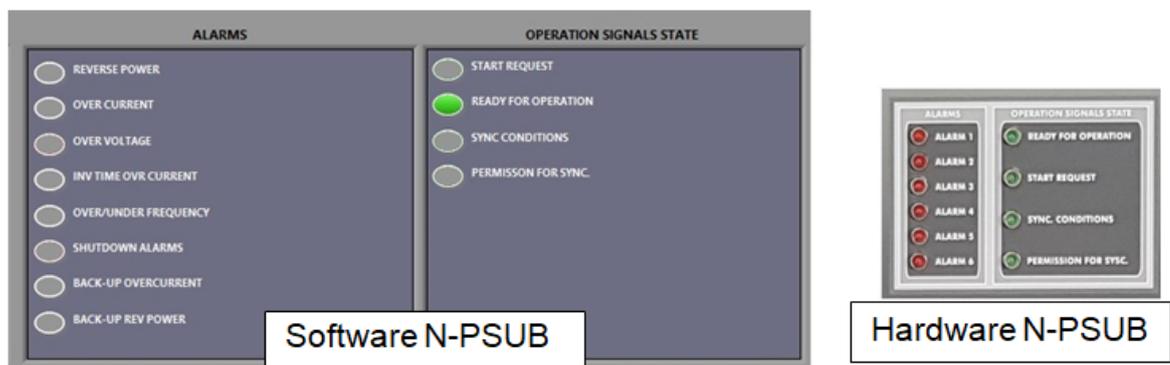


Figura 90: Comparación de alarmas y señales de funcionamiento de hardware y software

3. Diagrama de la subestación eléctrica. En la parte derecha de la pantalla se encuentra la 'Paleta de analizadores AC' con las medidas de los analizadores de redes. A través de las flechas, puede seleccionar el analizador que desea ver, coincidiendo con los números colocados detrás de los módulos. La figura que se muestra a continuación indica las flechas para seleccionar el analizador de red:



Figura 91: Flechas para seleccionar el analizador de redes

Tenga en cuenta que el número de analizadores de red del software tiene que ser el mismo que el del hardware

Estos analizadores se pueden mover a las posiciones de la pantalla denominadas AC-ANA del diagrama trifásico. Tenga en cuenta que el hecho de mover virtualmente los analizadores no tendrá ningún efecto sobre el cableado del hardware de la unidad. El propósito es que el usuario tenga una representación más realista del cableado previamente realizado en el hardware.

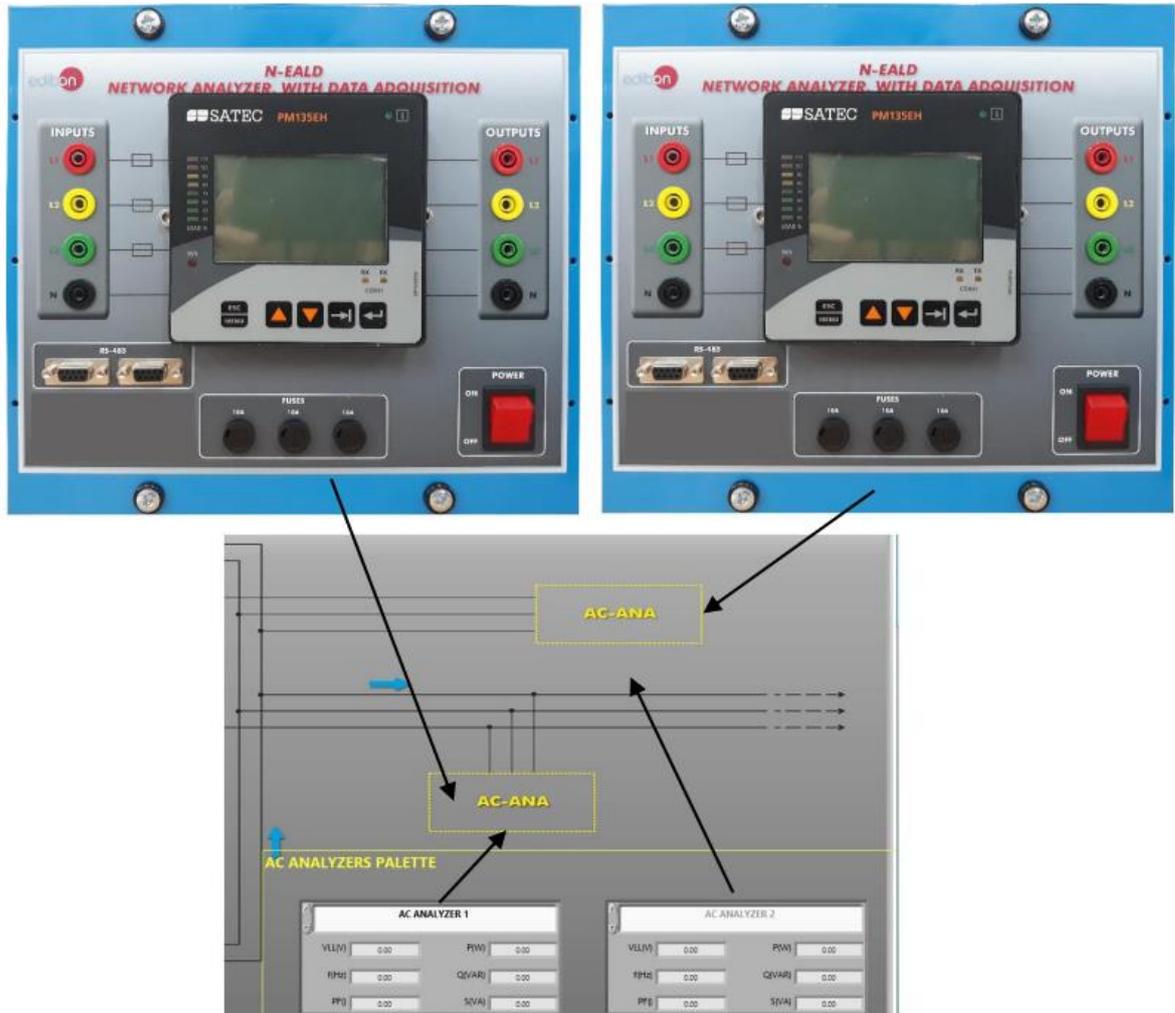


Figura 92: Posiciones que pueden adoptar los analizadores. Arrastrar y soltar la instrumentación virtual

Por otro lado, en el esquema de la subestación eléctrica se fija un cuadro eléctrico para controlar los parámetros eléctricos del generador. La siguiente figura muestra los parámetros eléctricos del generador. Estos parámetros son proporcionados por el controlador del generador a través de Modbus RTU:

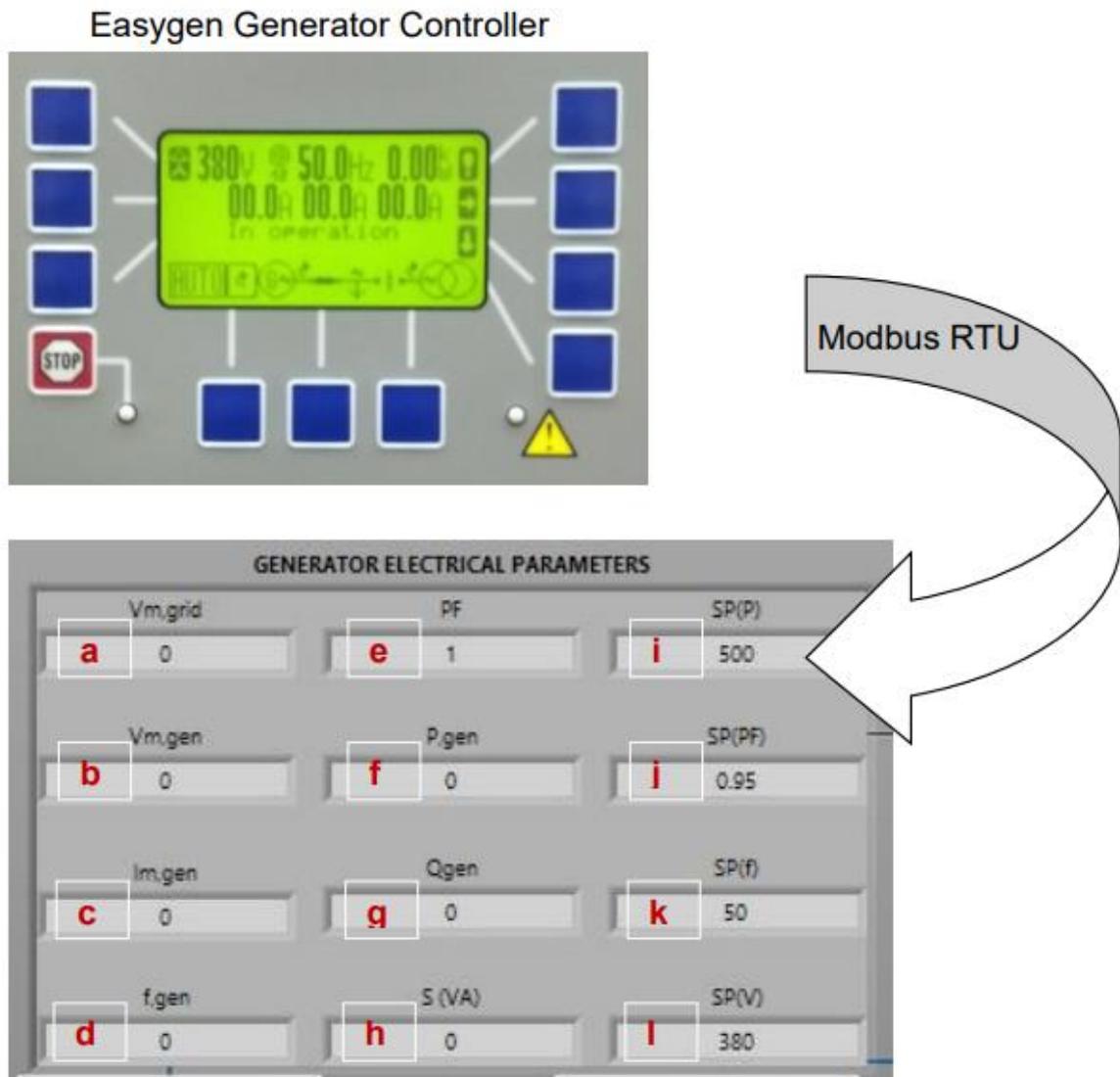


Figura 93: Parámetros eléctricos del generador enviados por el controlador del generador

- a. **V_{m,red}**: Valor medio de tensión de las tres fases de la red ($V_{L1,red}$, $V_{L2,red}$ y $V_{L3,red}$).
- b. **V_{m,gen}**: Valor medio de tensión de las tres fases del generador ($V_{L1,gen}$, $V_{L2,gen}$ y $V_{L3,gen}$).
- c. **I_{m,gen}**: Valor medio de la corriente de las tres fases del generador ($I_{L1,gen}$, $I_{L2,gen}$ y $I_{L3,gen}$).

$L_{2,gen}$ e $I_{L3,gen}$).

- d. **F_{gen}** : Frecuencia del generador.
 - e. **PF**: Factor de potencia del generador.
 - f. **Pgen**: Potencia activa del generador.
 - g. **Qgen**: Potencia reactiva del generador.
 - h. **Sgen**: Potencia aparente del generador.
 - i. **SP(P)**:Consigna de potencia activa del generador
 - j. **SP(PF)**: Punto de consigna del factor de potencia del generador.
 - k. **SP(f)**:Consigna de frecuencia del generador.
 - l. **SP(V)**:Consigna de tensión del generador.
4. Panel de control de consignas. Este botón muestra la consigna de potencia activa $SP_{(P)}$, la consigna de factor de potencia $SP_{(PF)}$, la consigna de frecuencia $SP_{(f)}$ y la consigna de tensión $SP_{(V)}$. Estas variables son definidas por el usuario y se envían al controlador del generador a través de Modbus RTU.

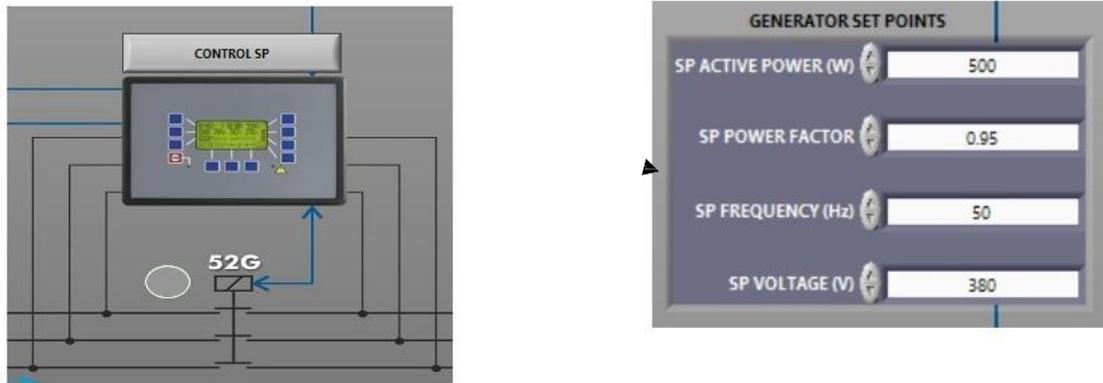


Figura 94: Panel de control de puntos de ajuste

NOTA: este punto de consigna sólo se puede modificar si los interruptores de modo de control están en posición automática. Lea el siguiente punto (modo de control).

5. Modo de control. El modo de control permite seleccionar manual/automático regulación de la velocidad y la tensión.

- a. Posición hacía arriba. Si los interruptores están en posición hacía arriba, el control manual de velocidad y tensión están habilitados y el usuario puede modificar directamente estas variables.

Tenga en cuenta que en el modo de control manual, los puntos de ajuste no funcionan porque el usuario tiene el control manual sobre la velocidad del servomotor y la tensión del generador. Los puntos de consigna se almacenan en el controlador, pero éste no puede controlar el servomotor ni la excitación.

MANUAL SPEED AND EXCITATION CONTROL

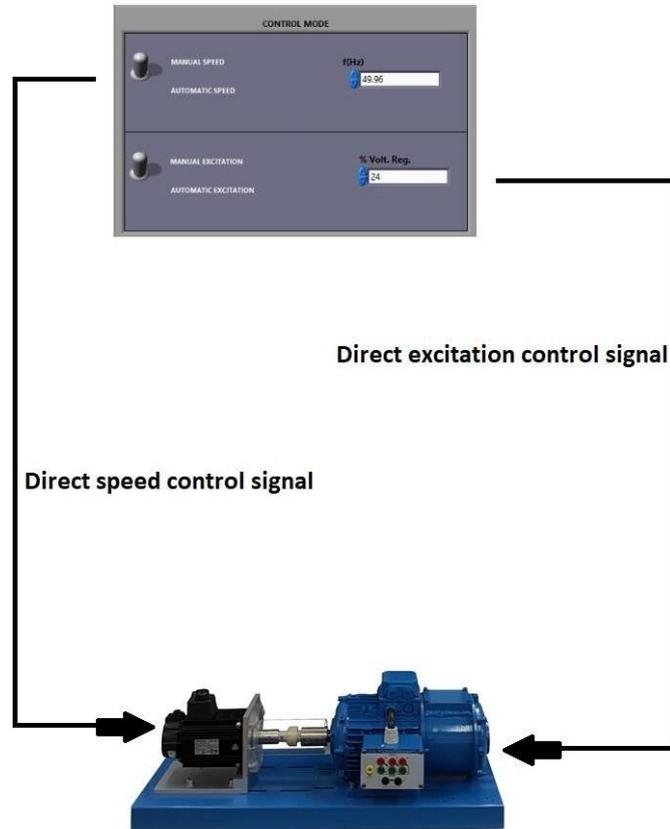


Figura 95: Diagrama de flujo del control manual de velocidad y excitación

- b.** Posición hacía abajo. Si los interruptores están en posición hacía abajo, el control automático está habilitado y el usuario sólo puede modificar los valores de consigna (P, V, f, PF). Estas consignas se envían al regulador, que regula automáticamente la velocidad y la excitación del grupo turbina-generator hasta alcanzar los valores de ajuste modificados por el usuario.

AUTOMATIC SPEED AND EXCITATION CONTROL

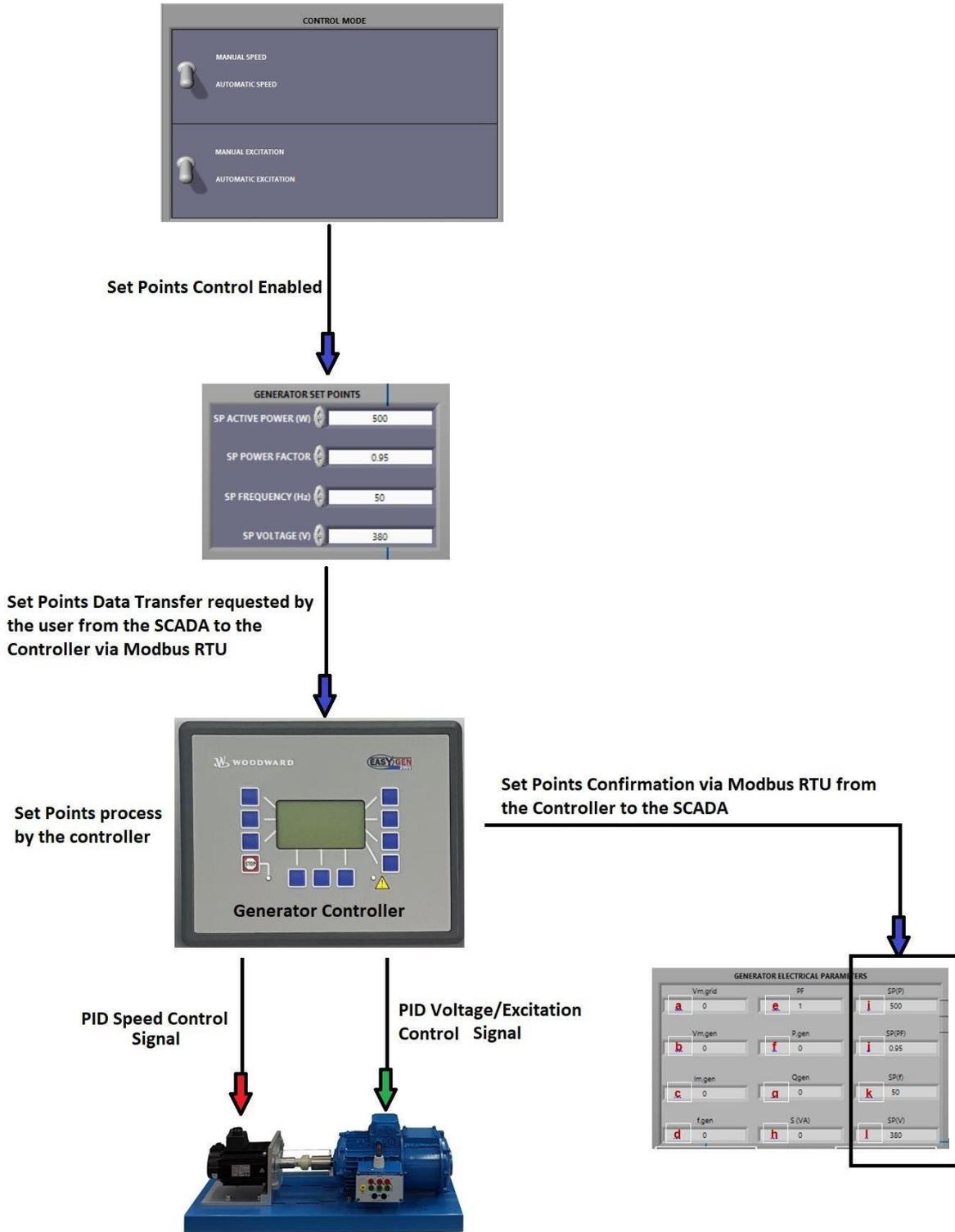


Figura 96: Diagrama de flujo del control automático de la velocidad y la excitación

7.3.7.4 Descripción del menú de línea de transmisión

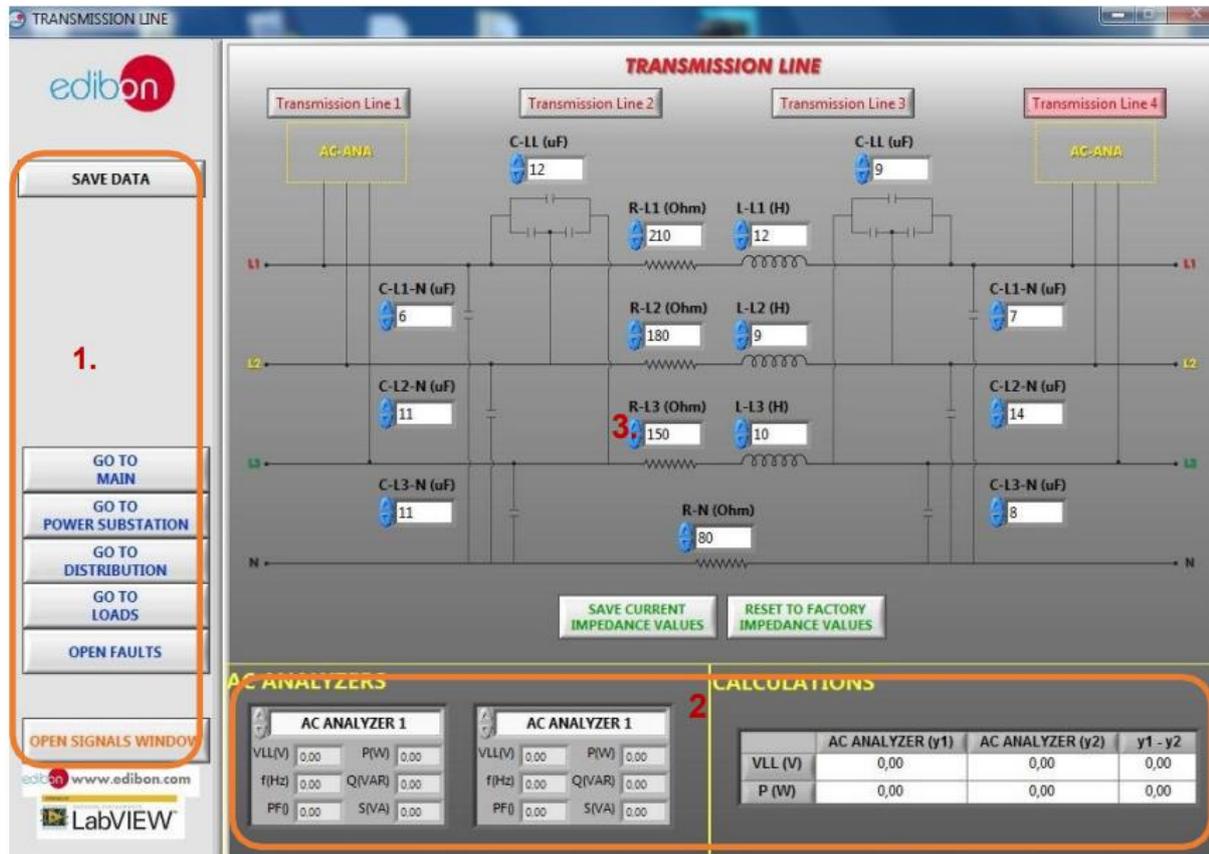


Figura 97: Pantalla del software SCADA de transmisión de líneas

Esta pantalla muestra el diagrama trifásico de la línea de transmisión de potencia. La línea de transmisión se representa según el teorema de los parámetros lumped. La impedancia de cada línea puede modificarse manualmente en función de los parámetros eléctricos reales del módulo de línea utilizado. Estos parámetros permitirán al usuario realizar los cálculos teóricos pertinentes para compararlos con los cálculos reales realizados por cada analizador. Si los analizadores 1 y 2 están situados al principio y al final de la línea, calculan las pérdidas de potencia activa así como la caída de tensión producida en la línea.

La figura muestra las partes principales de la pantalla:

1. Menú de navegación y botón de almacenamiento de datos. Para más información sobre este menú, vaya a la descripción del menú principal.
2. Paleta de analizadores de CA y tabla de cálculos eléctricos. Esta tabla de cálculos muestra las medidas tomadas por los analizadores y calcula la diferencia entre sus valores mostrando la caída de tensión y las pérdidas de potencia activa de la línea. La paleta de analizadores permite desplazarlos a las posiciones preestablecidas, como AC- ANA en el diagrama trifásico.
3. Diagrama de la línea de transmisión. Dispone de dos botones para guardar la configuración de la línea de transmisión y para restablecer los valores por defecto. Los espacios para introducir los valores de las impedancias son meramente informativos; el valor real depende de la conexión en el hardware.

7.3.7.5 Descripción del menú de la subestación de distribución

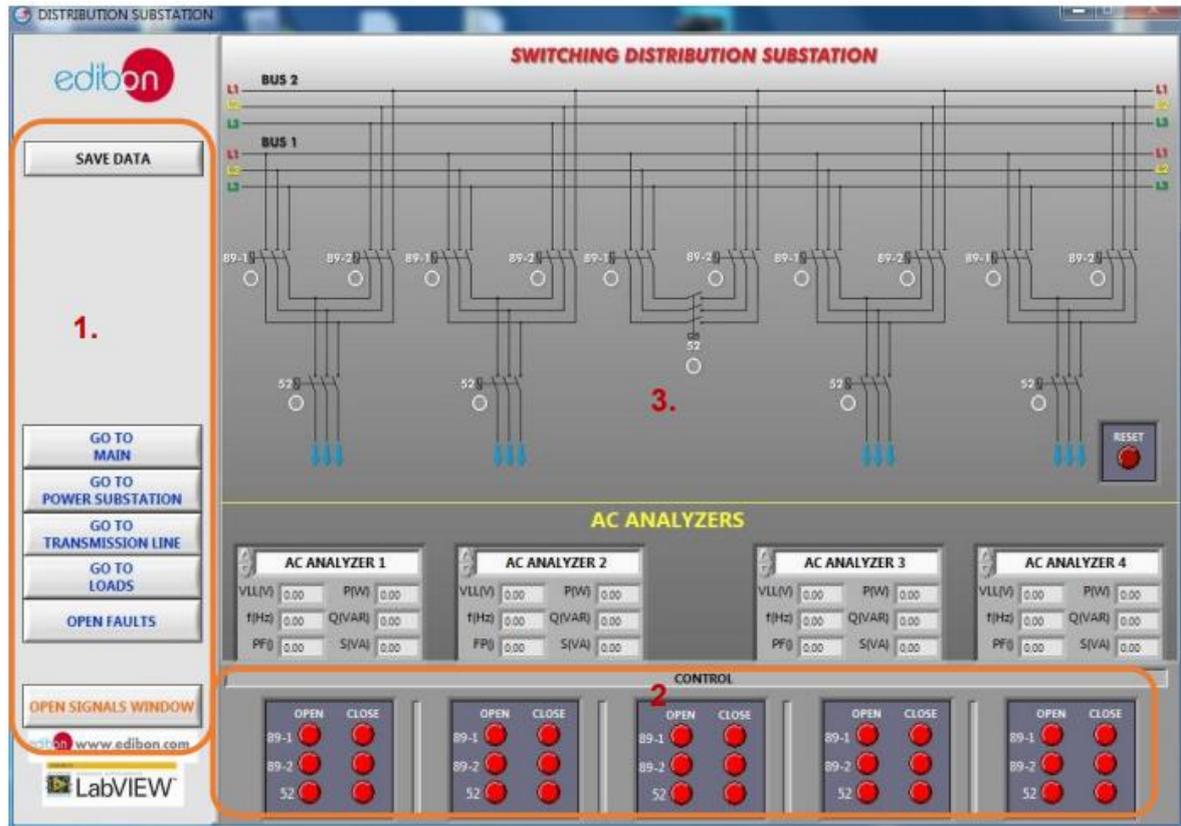


Figura 98: Pantalla de la línea de distribución del software SCADA

Esta pantalla muestra el esquema trifásico de la subestación de distribución de energía. Tiene una topología de doble barra, con cuatro barras con seccionadores de barra, interruptores y una barra de acoplamiento.

La figura muestra las partes principales de la pantalla:

1. Menú de navegación y botón de almacenamiento de datos. Para más información sobre este menú, vaya a la descripción del menú principal.
2. Central desde la que se realizan las maniobras de apertura y cierre de seccionadores e interruptores. Estos mandos están programados para realizar únicamente las maniobras permitidas en una subestación. Por lo

tanto, no es posible abrir un seccionador de carga, ya que se requiere abrir primero el interruptor correspondiente que interrumpe la carga o haber acoplado previamente las barras más la transferencia de carga a la nueva barra. Cada pulsador rojo envía la señal de apertura o cierre al embarrado superior del mismo código.

3. Esquema de la subestación de distribución de energía. Dispone de un conjunto de lámparas que representan los estados de los seccionadores e interruptores de la subestación. Cada lámpara confirma, fielmente, el estado real de la aparamenta basándose en la transferencia digital de señal de los estados de los contactores de los módulos hardware. La paleta de analizadores permite desplazarlos por debajo de cada fuente de alimentación.

7.3.7.6 Descripción del menú de cargas

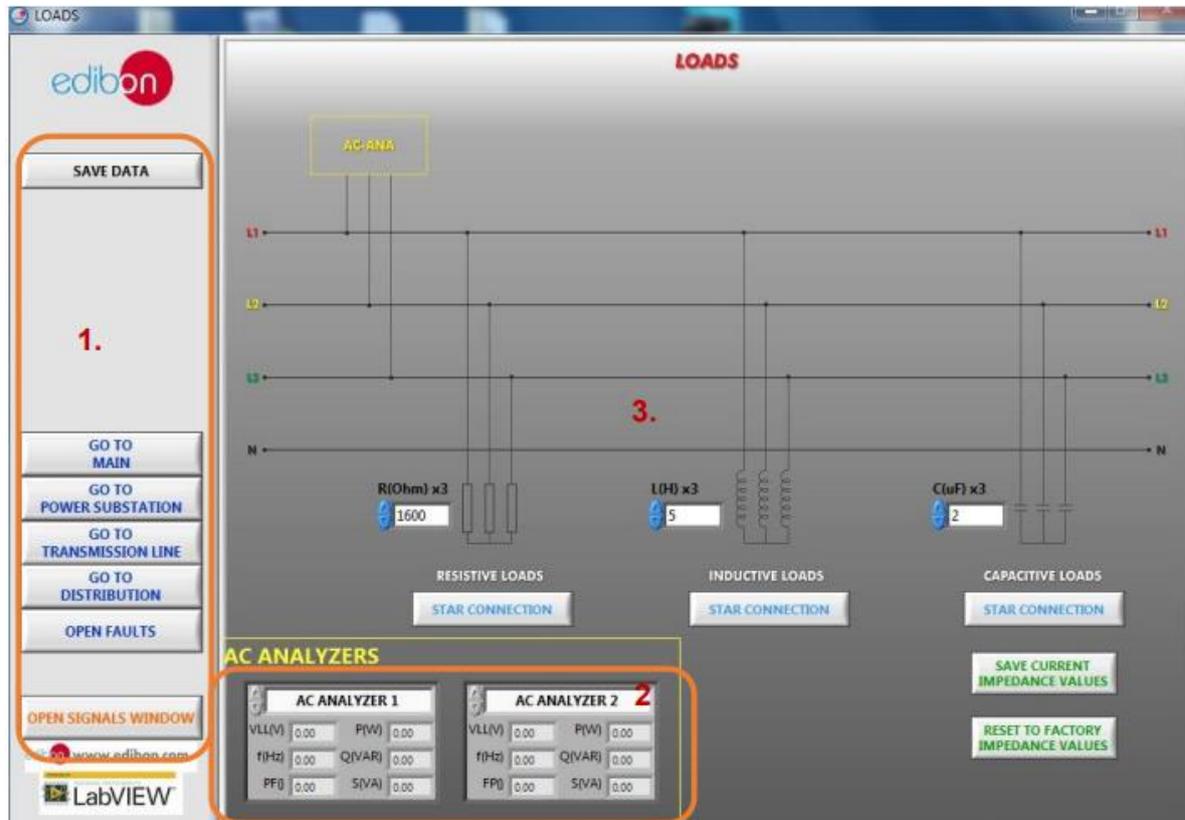


Figura 99: Pantalla de cargas del software SCADA

Esta pantalla muestra el diagrama trifásico con las cargas trifásicas resistivas, inductivas y capacitivas. Estas cargas están representadas por un banco trifásico para cada tipo de carga. El usuario deberá introducir el valor resultante de la suma de cada tipo de carga que esté conectada al hardware. Por ejemplo, si se conectan dos cargas resistivas trifásicas al sistema real, el valor de la resistencia introducido en el SCADA será el siguiente $1600/2 = 800 \Omega$.

La Figura 99 muestra las partes principales de esta pantalla:

1. Menú de navegación y botón de almacenamiento de datos. Para más información sobre este menú, vaya a la descripción del menú principal.

2. Paleta de analizadores. Muestra los valores eléctricos medidos por los analizadores. Estos analizadores pueden desplazarse a las distintas posiciones de pantalla denominadas AC-ANA en el diagrama trifásico.
3. Diagrama de la línea de distribución.

7.3.7.7 Descripción del menú del visualizador de señales

La pantalla de señales se divide en dos: Señales vs Tiempo y Diagrama de Fasores.

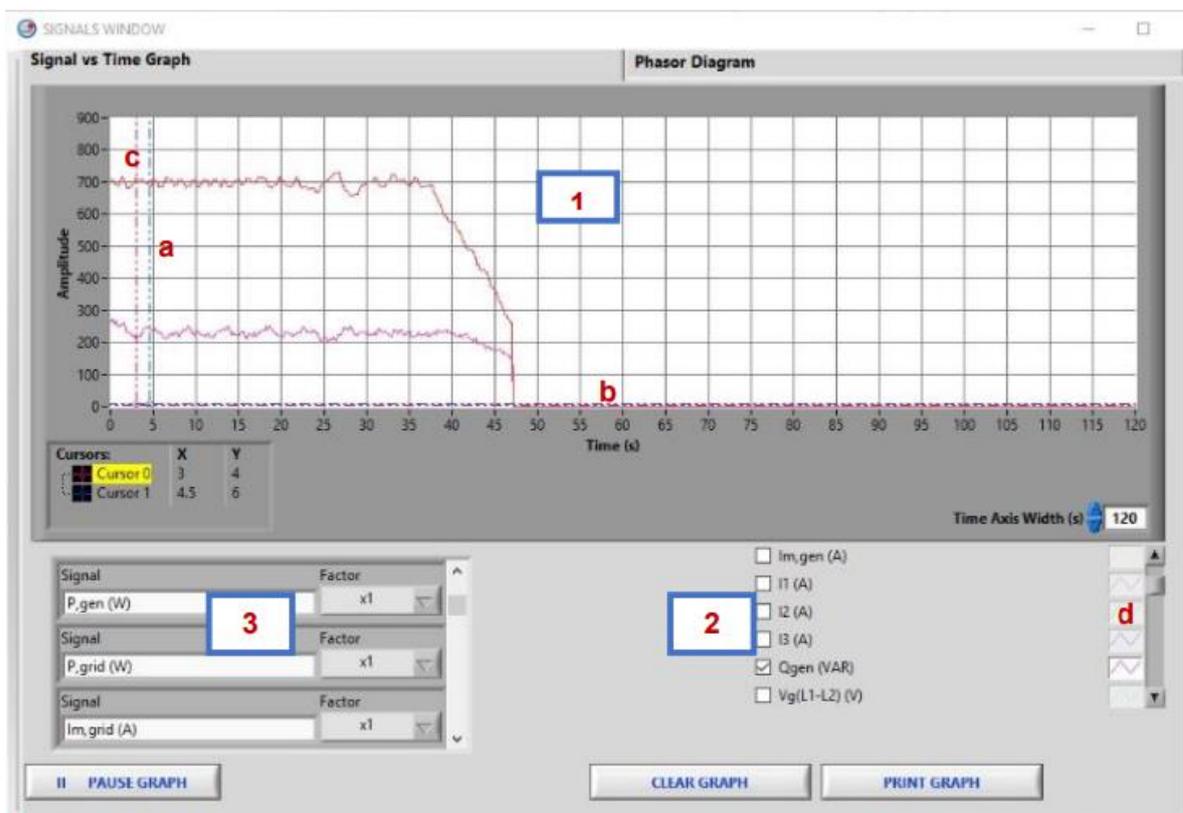


Figura 100: Ventana Señales. Gráfico Señal vs Tiempo

El gráfico Señal vs Tiempo tiene las siguientes secciones (véase la figura anterior):

1. Gráfico en tiempo real. Muestra las variables seleccionadas y es posible tomar medidas utilizando las escalas de los cursores (a), (b) y (c). Para modificar estas escalas, haga clic en el número superior y cambie su valor.
2. Selector de variables. En esta sección se pueden seleccionar las variables que se mostrarán en tiempo real. Para modificar colores, anchos de línea, tipos de línea, etc., pulse sobre los iconos indicados junto a (d) y aparecerá un nuevo menú.
3. Multiplicador de variables digitales. Se utiliza para escalar las variables digitales y mostrarlas junto con las señales analógicas.

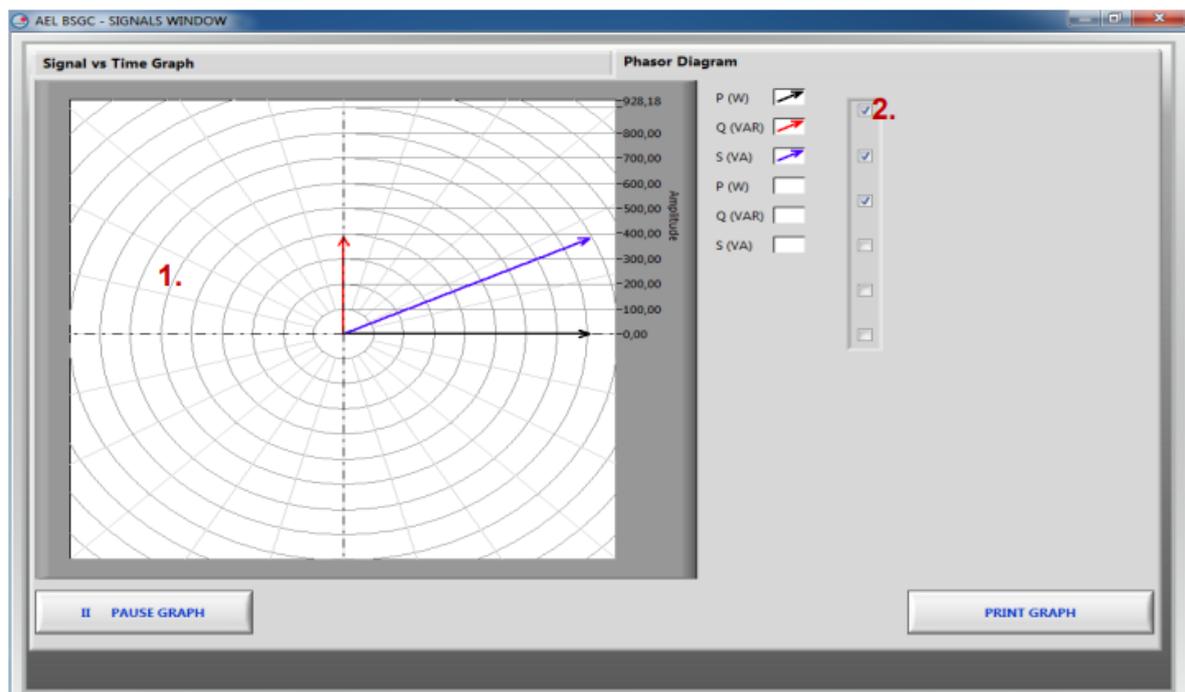


Figura 101: Ventana de señales. Diagrama fasorial

La pantalla del diagrama de fasores muestra la evolución de los fasores en tiempo real (1) y un menú de preselección de la variable a visualizar (2).

7.3.7.8 Apagado del software SCADA

Es muy importante apagarlo correctamente. Ten en cuenta que el generador puede estar inyectando energía en la red en un momento dado y es necesario desacoplarlo progresivamente para luego apagarlo definitivamente.

Para ello, se han establecido unos pasos generales a aplicar siempre que se quiera apagar el SCADA:

1. Desconecte el interruptor "Marcha/Paro turbina" y espere hasta que el regulador pare la turbina.
2. Desactive el interruptor "Permiso de sincronización 52G".
3. Apague el interruptor "ENABLE/DISABLE 52NET".
4. Compruebe si hay alguna alarma activada. Compruebe si hay alguna alarma activada. En ese caso, pulse el botón rojo de reinicio dos o más veces hasta que se desactiven todas las alarmas.
5. Pulse el botón "STOP" del SCADA.
6. Pulse el botón "QUIT" del SCADA.

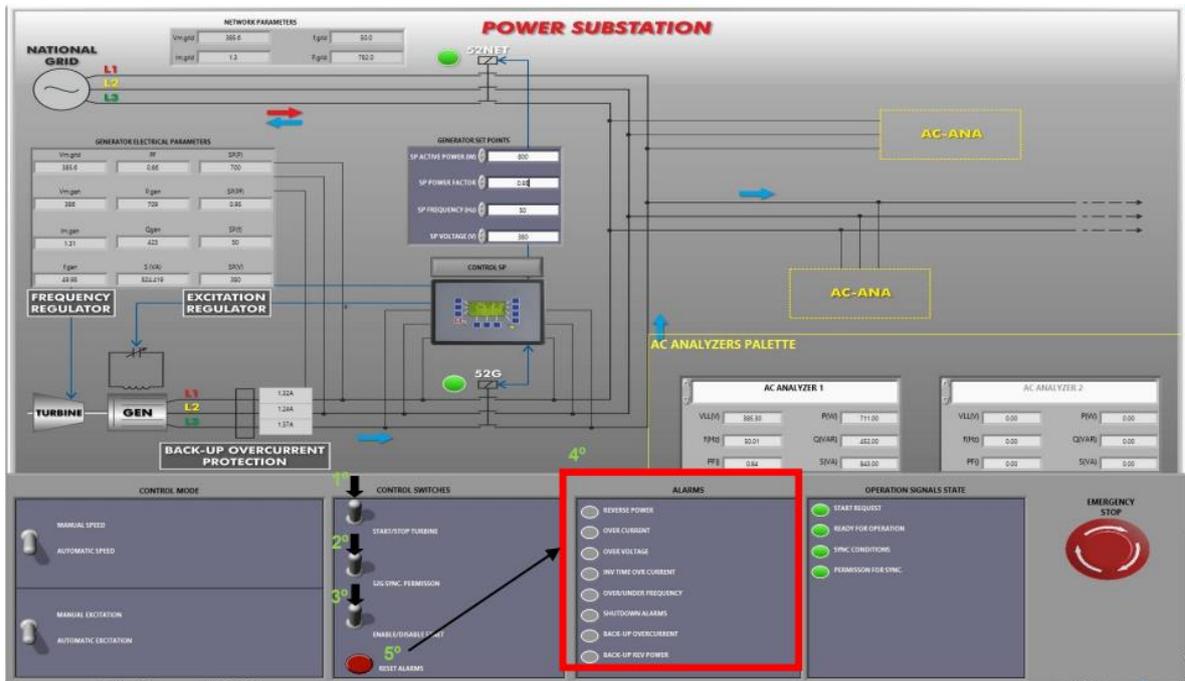


Figura 102: Apagando el SCADA parte 1

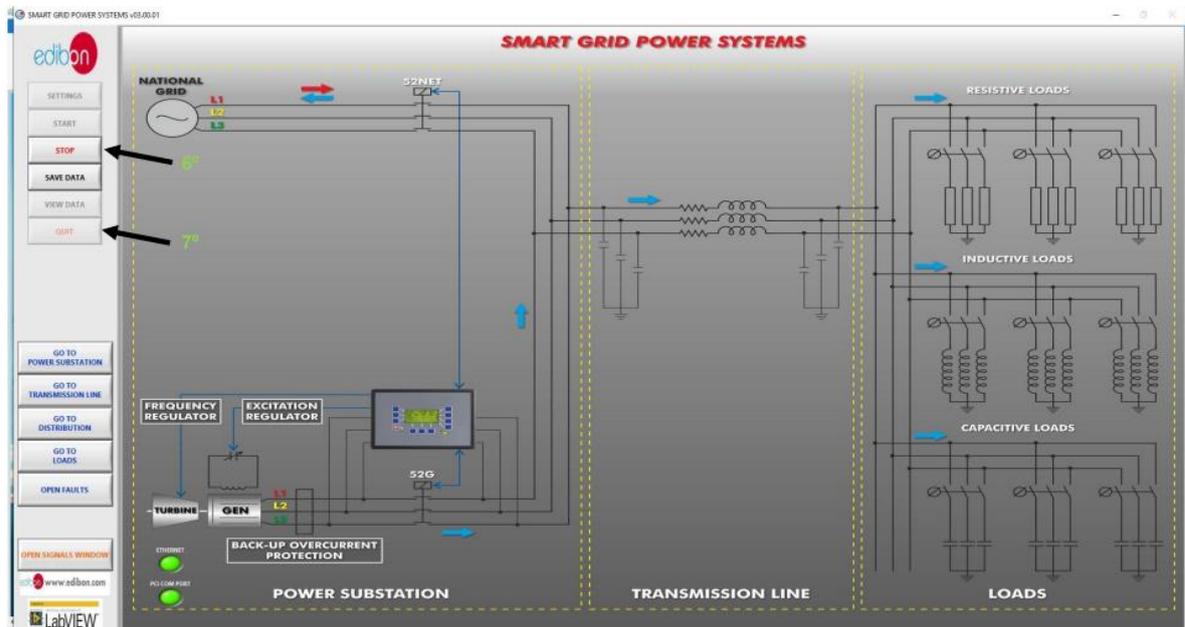


Figura 103: Apagando el SCADA parte 2

7.4 PRINCIPALES INSTRUCCIONES, ADVERTENCIAS Y PRECAUCIONES

7.4.1 Consideraciones y precauciones previas

7.4.1.1 Alimentación

1. Antes de realizar cualquier ejercicio práctico, verifique que todas las mangueras de alimentación y los interruptores estén desconectados y apagados.
2. Compruebe la tensión del laboratorio antes de conectar cualquier equipo. Debe ser 380 VAC + N + GND (3PH).
3. Antes de cambiar la configuración de cualquier cableado, será necesario cortar la alimentación principal pulsando la seta de emergencia del módulo (N-ALI01 o N-VPS01). También puede cortar la corriente girando la llave del módulo para la alimentación principal hasta llegar a la posición OFF (N- ALI01) o girando el interruptor de potencia a la posición OFF (N-VPS01) . Este método sólo será utilizado por el instructor, debiendo conservar la mencionada llave cuando la unidad no esté siendo utilizada a fin de evitar un uso irresponsable de la misma. Compruebe que el interruptor diferencial magnetotérmico automático situado en el módulo de alimentación principal está en ON para que la alimentación del módulo esté activa.
4. Si se adquiere el N-VPS01 es aconsejable utilizar la salida fija AC para la alimentación de los módulos y la variable para el circuito de potencia.
5. Para todos los ejercicios prácticos, debes conectar los GND de todos los

módulos tal y como se muestra en los modelos de cableado.

6. Si para el desarrollo de un ejercicio práctico es necesario utilizar módulos ensamblados en diferentes racks, también será necesario conectar las masas de los bastidores. De este modo, todos los módulos estarán conectados a tierra.
7. Siempre hay que tener en cuenta el nivel de tensión del conjunto, teniendo en cuenta que se utilizarán terminales pequeños para tensiones bajas (24V o 12V) y terminales grandes para tensiones altas (230 o 400 VAC).

7.4.1.2 Motores

8. Antes de realizar ejercicios prácticos con motores, es conveniente comprobar que, de acuerdo con la chapa de características del motor, las unidades pueden resistir las intensidades acordes con el montaje realizado.
9. No olvide que no debe superar la corriente nominal de los motores. Por favor, preste especial atención a esta advertencia porque hay picos de corriente con cambios rápidos de algunos parámetros eléctricos.

7.4.1.3 Generación y sincronización

10. Nunca puentee o cierre el interruptor 52G con cualquier otro conmutador externo que impida la apertura del 52G en caso de alarma.

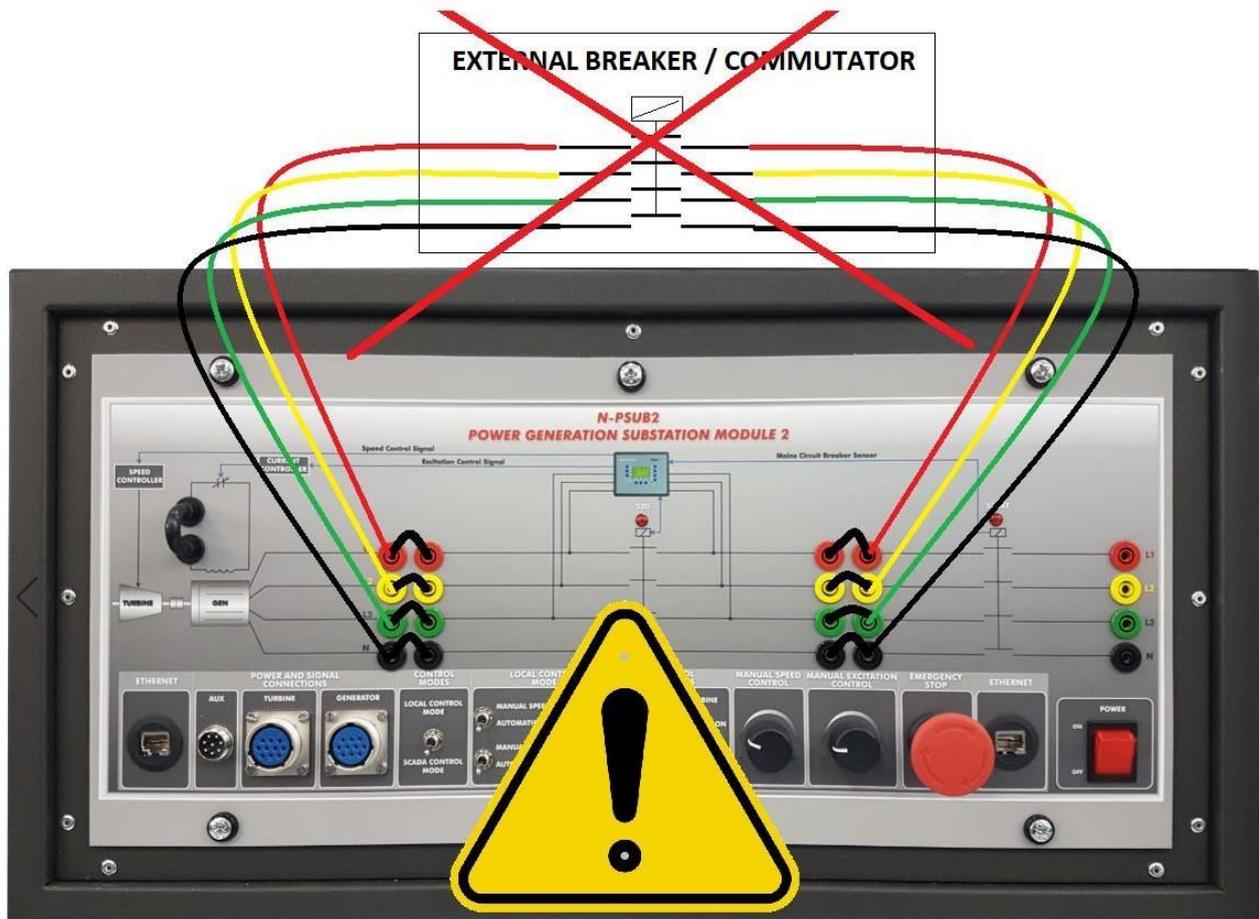


Figura 104: Prohibición de conexión del disyuntor 52G

11. Nunca conecte bancos de condensadores individuales en paralelo con el generador. Esto puede producir sobretensión en la salida del generador y el AVR (Regulador Automático de Tensión) puede resultar destruido. El factor de potencia debe ser 1 como máximo y las sobrecompensaciones pueden dañar el módulo N-PSUB2. Cuando el usuario conecta bancos de condensadores con el generador, las cargas inductivas deben ser siempre mezclados con ellos. La siguiente imagen muestra un ejemplo de lo que no se puede hacer y de lo que se puede hacer.

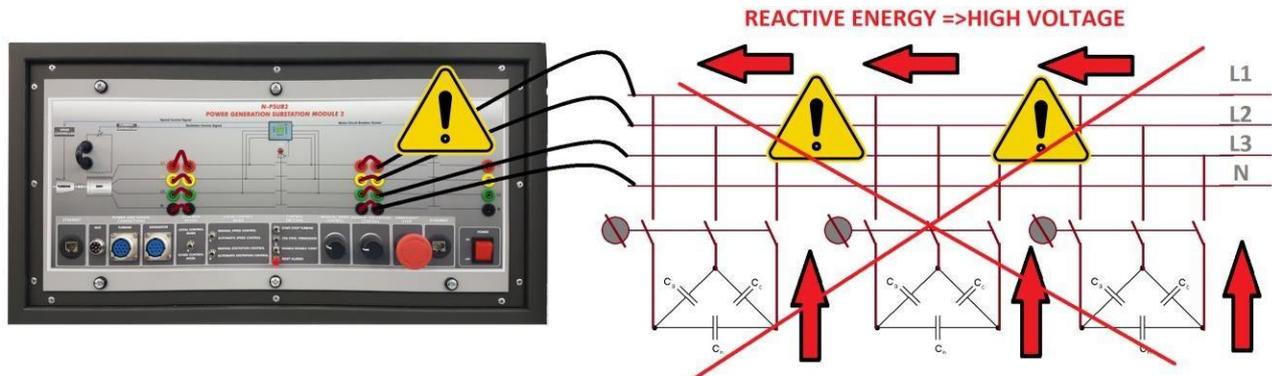


Figura 105: Prohibición de conexión de baterías de condensadores

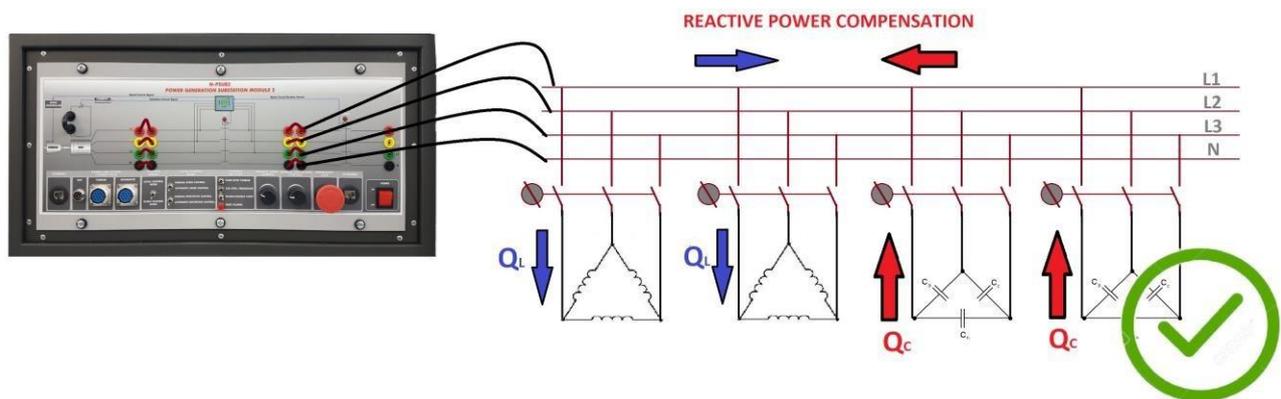


Figura 106: Combinación de inductancias y condensadores permitidos

12.Opcionalmente, esta aplicación puede suministrarse con el módulo de sincronización N-ASYB. Este módulo se conecta en paralelo con el conmutador 52G, pero el usuario nunca debe cerrar manualmente el conmutador del módulo N- ASYB. Este módulo no se puede utilizar para realizar la sincronización manual, sólo para monitorizar el proceso de sincronización en los medidores analógicos de tensión, ángulo y frecuencia para red y generación.

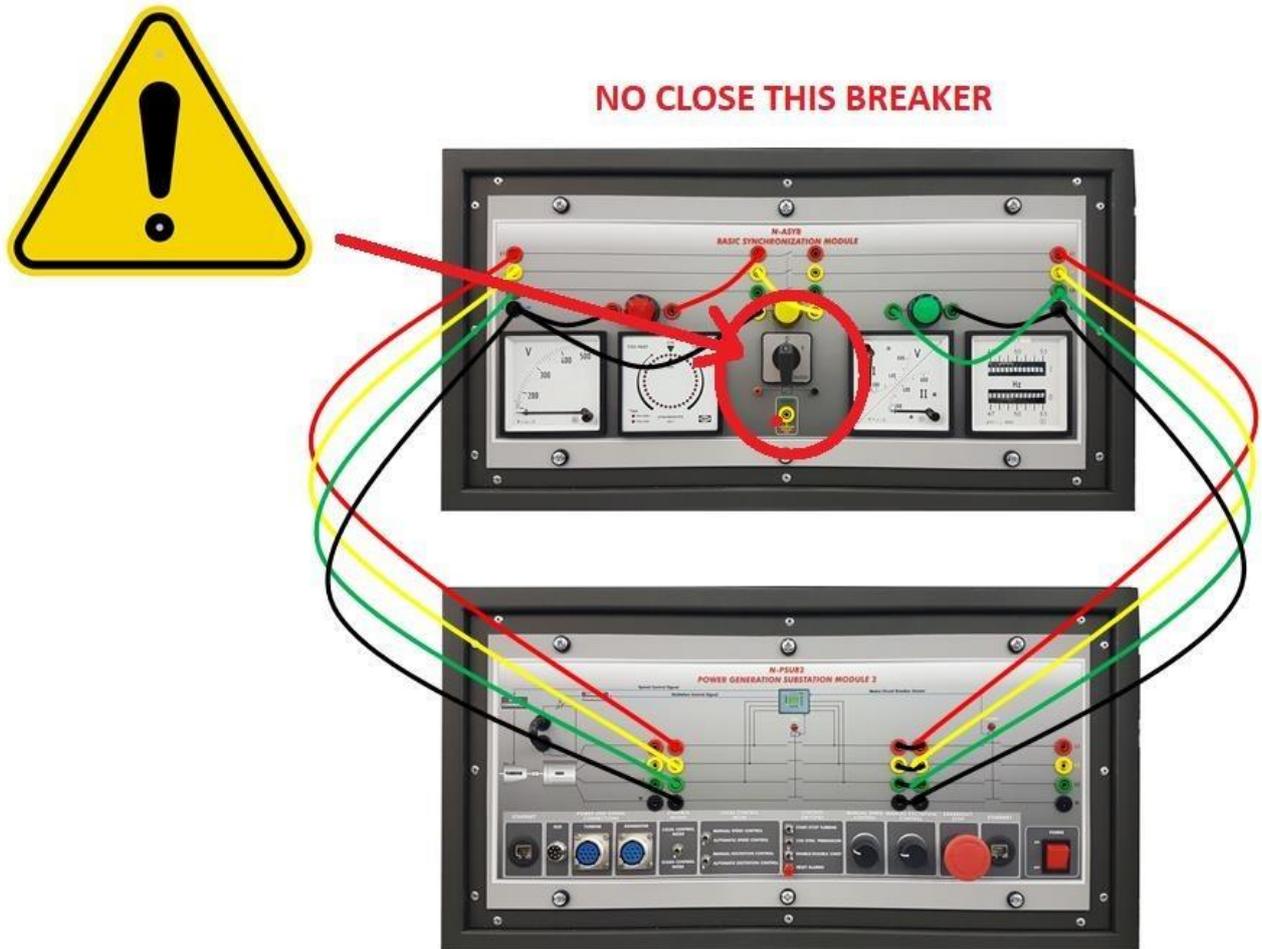


Figura 107: Prohibición de cerrar el interruptor del módulo de sincronización

7.4.1.4 SCADA

13. Si va a trabajar con la unidad en modo remoto (SCADA), compruebe que todos los cables Ethernet y RS-485 están correctamente conectados a sus módulos correspondientes. Si la unidad principal, N-PSUB2, no detecta alguno de estos módulos, es posible que el software SCADA no funcione correctamente.

7.4.2 Instalación del controlador y configuración del puerto de comunicación

- Instalación de la tarjeta PCI-EXPRESS-1612

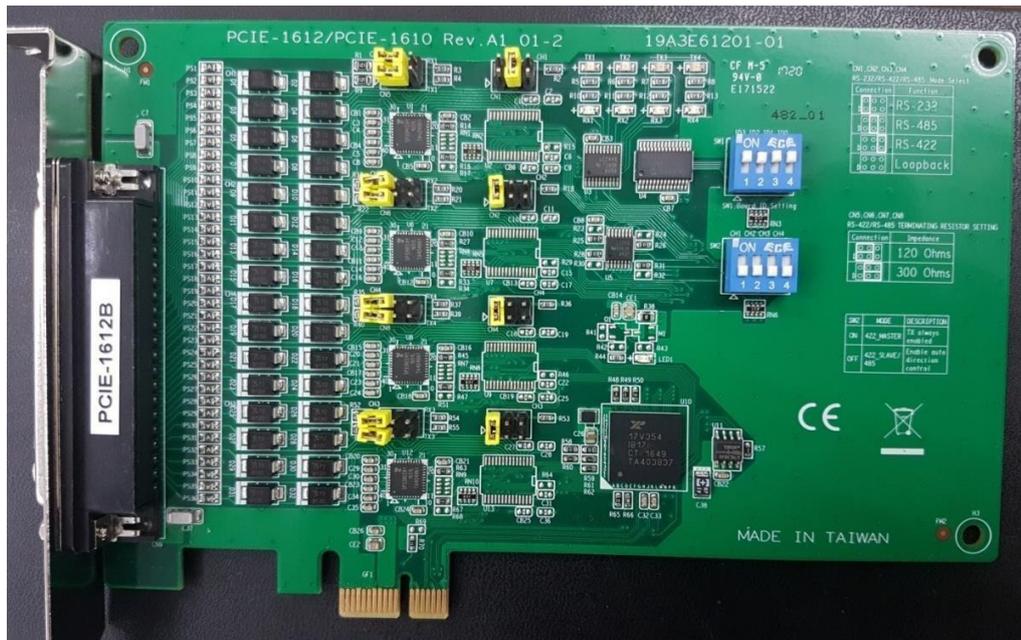


Figura 108: Tarjeta PCI-EXPRESS

Esta imagen muestra la ranura PCI del PC en la que se va a insertar:



Figura 109: Conexión de la tarjeta PIC-EXPRESS

Apriete el tornillo:

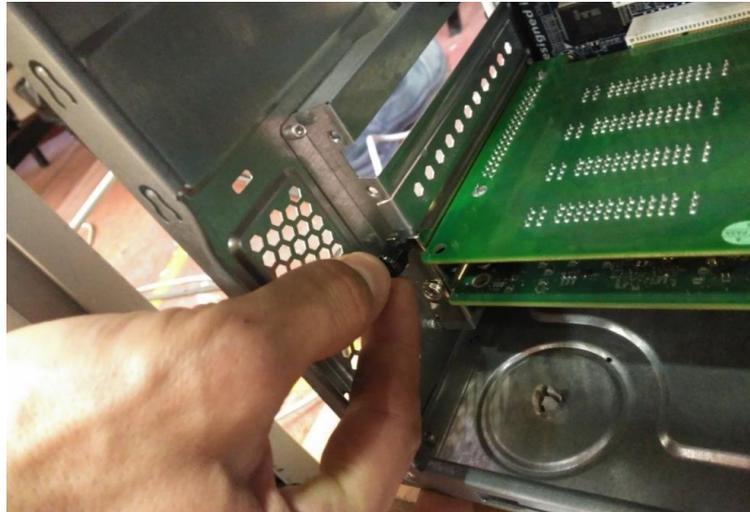


Figura 110: Colocación de la tarjeta PIC-EXPRESS

Conecte el cable de comunicación RS-485 a los analizadores de redes y a la tarjeta:

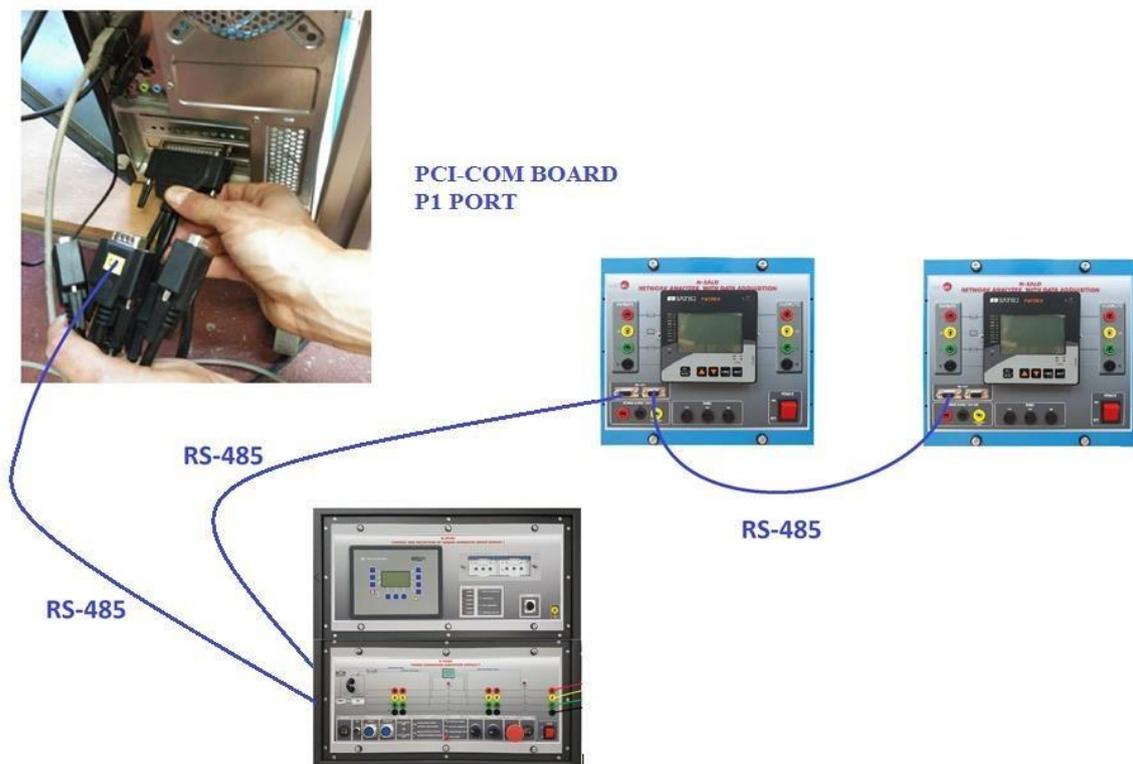


Figura 111: Conexión entre el PC y los analizadores de redes

- Sistemas operativos compatibles:
 - Windows XP.
 - Windows 7.
 - Windows 8.
 - Windows 8.1.
 - Windows Server 2008 R2.
 - Windows 10.
- Pasos para la instalación de los controladores:
 1. Inserte el CD del controlador y, a continuación, aparecerá en pantalla el asistente de configuración. Haga clic en "Continuar".

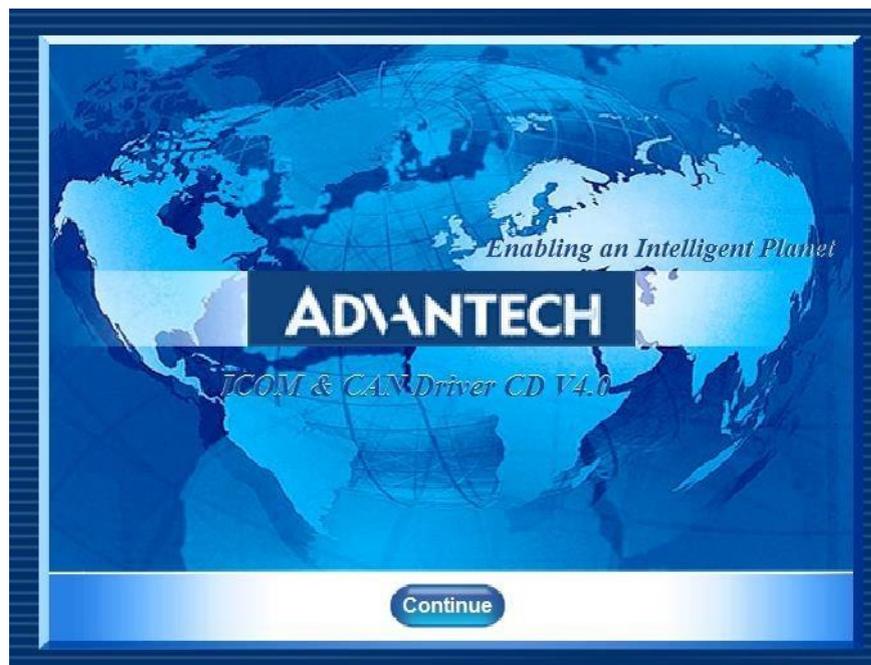


Figura 112: Pantalla de bienvenida a la instalación del controlador

- Haga clic en "Instalación" para acceder a la nueva pantalla con los controladores ICOM y CAN. Seleccione ICOM Windows Drivers.

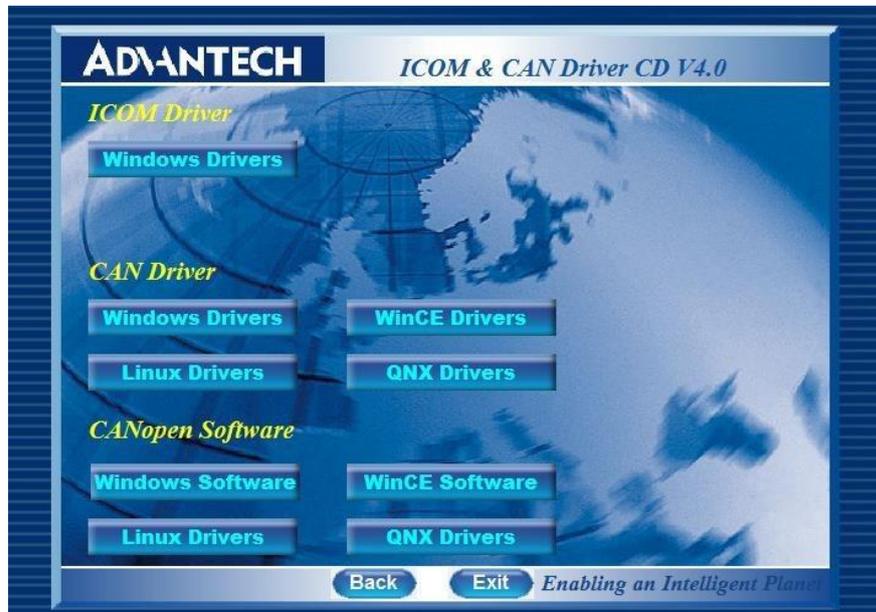


Figura 113: Controladores ICOM y CAN

- Seleccione la serie PCIE-1612 y siga las instrucciones de instalación.

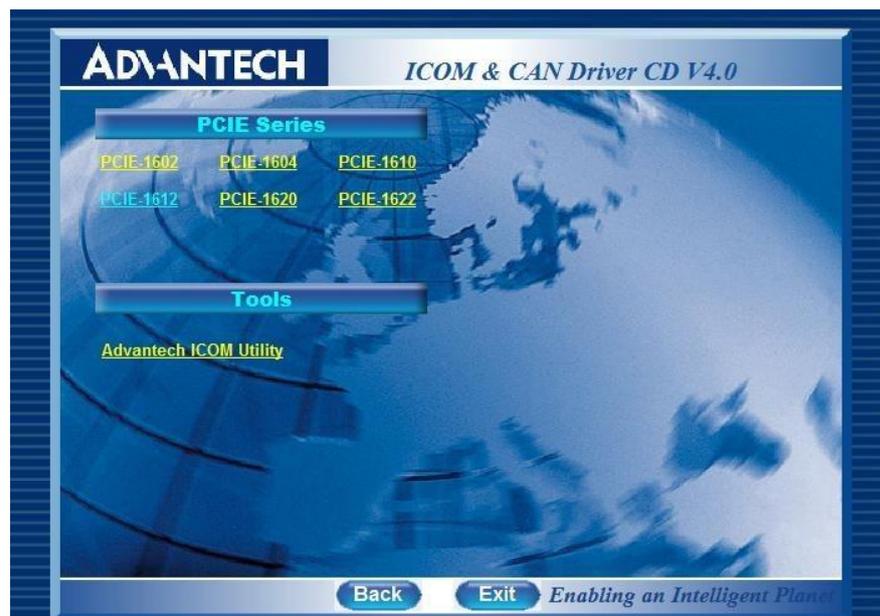


Figura 114: Serie PCIE

4. Haga clic en "Instalar" y espere a que finalice la instalación.

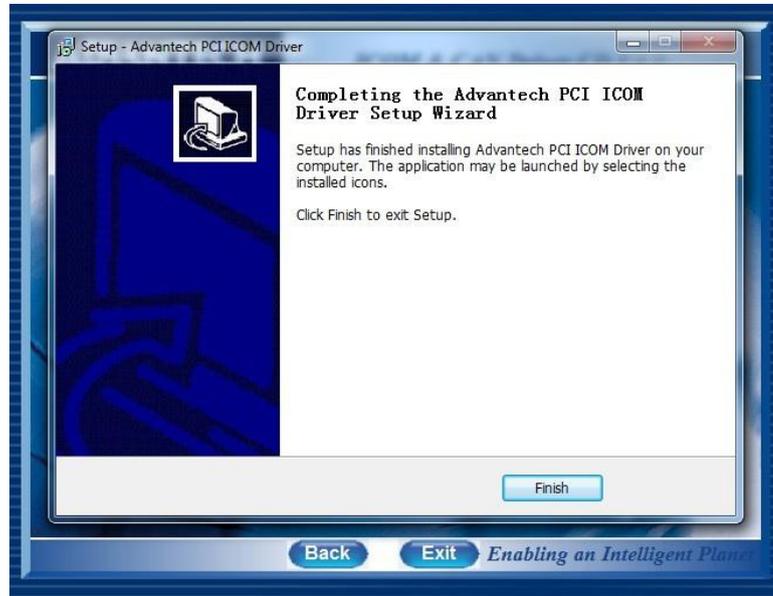


Figura 115: Configuración completa del controlador ICOM

5. Para ver la asignación de los puertos de la tarjeta ICOM de Advantech, vaya al 'Panel de control' de su PC y acceda al 'Administrador de dispositivos'.

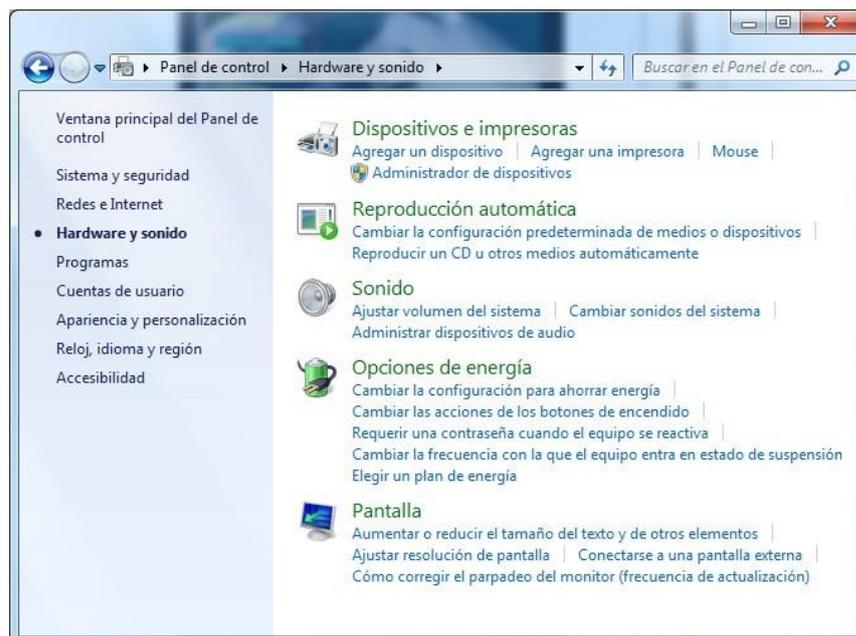


Figura 116: Dispositivos e impresoras. Administrador de dispositivos

6. En el menú 'Adaptadores serie multipuerto', aparece algo similar a la imagen debe aparecer la siguiente imagen:

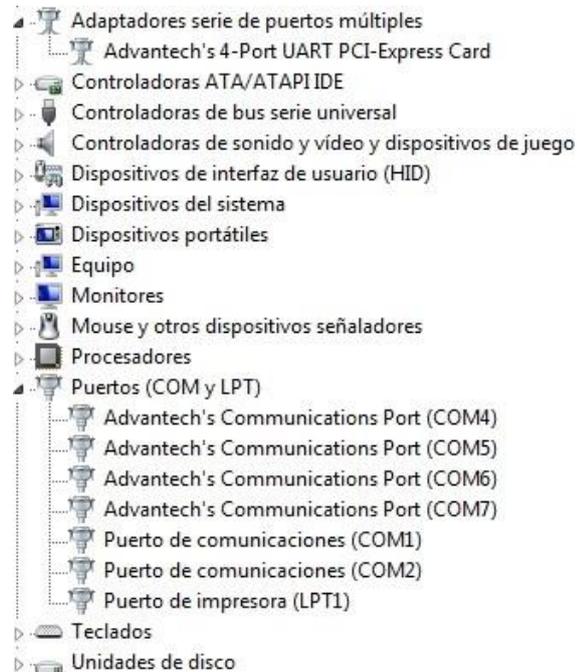


Figura 117: Administrador de dispositivos

7. El puerto utilizado para comunicarse con la aplicación es el primer puerto instalado por la tarjeta PCI-Express. El ejemplo de la imagen del administrador de dispositivos mostrado arriba es el COM4. Haga clic para comprobar si la velocidad es de 19200 bits por segundo.

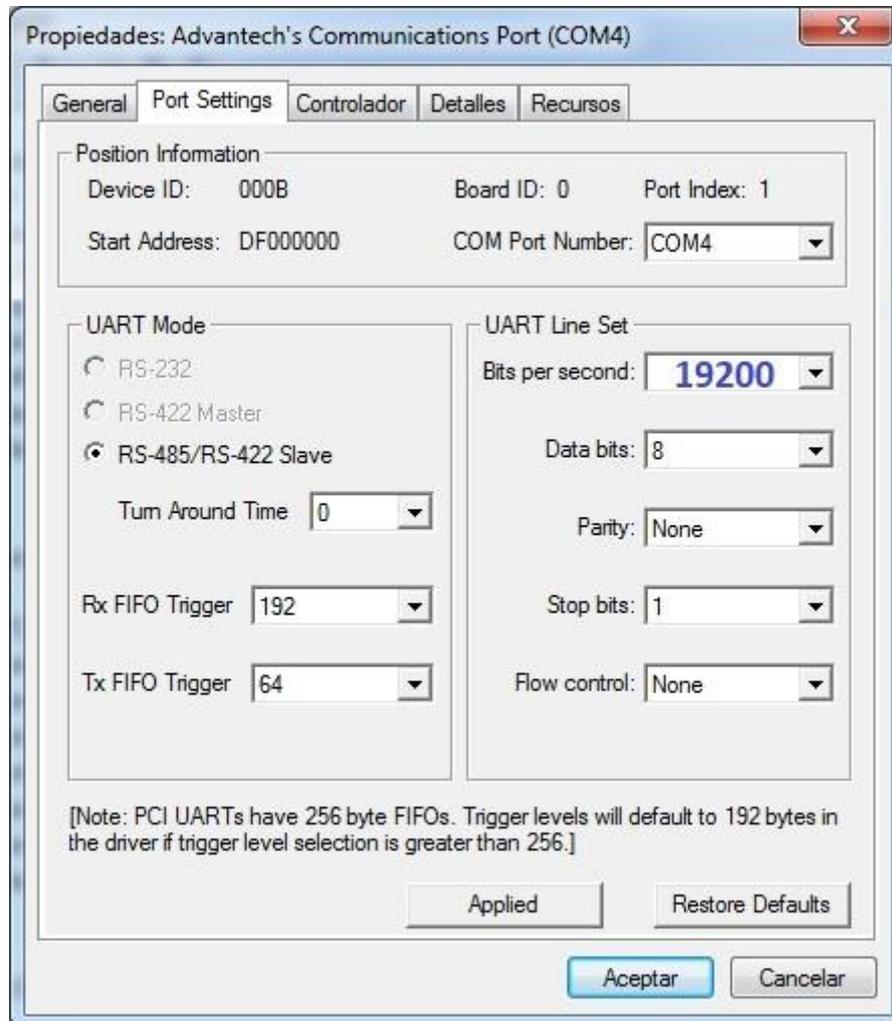


Figura 118: Propiedades: Puerto de Comunicaciones de Advantech (COM4)

7.4.3 Configuraciones de direcciones IP

Las comunicaciones entre el PC y la aplicación son TCP/IP. Esto significa que la dirección IP de nuestro PC debe estar correctamente configurada para controlar la aplicación desde el SCADA.

1. Vaya al "Panel de control" de Windows y haga clic en "Redes e Internet".

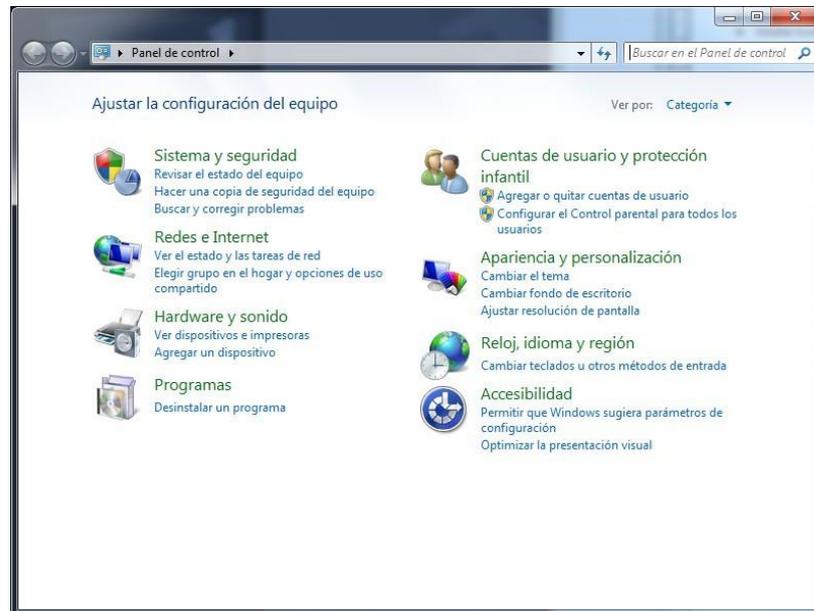


Figura 119: Panel de control de Windows

2. Acceda a la conexión de área local.

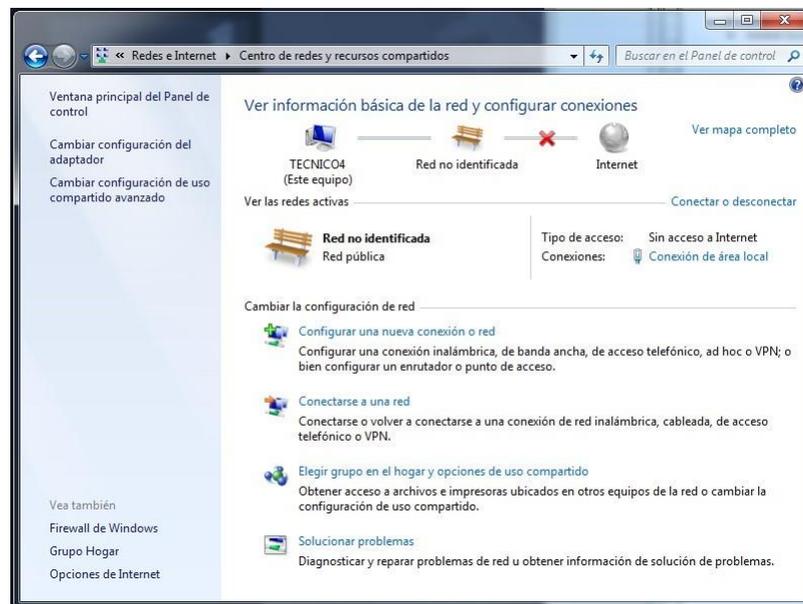


Figura 120: Centro de redes y recursos compartidos

3. Seleccione "Protocolo de Internet versión 4 (TCP/IPv4)" y acceda a esta propiedad.

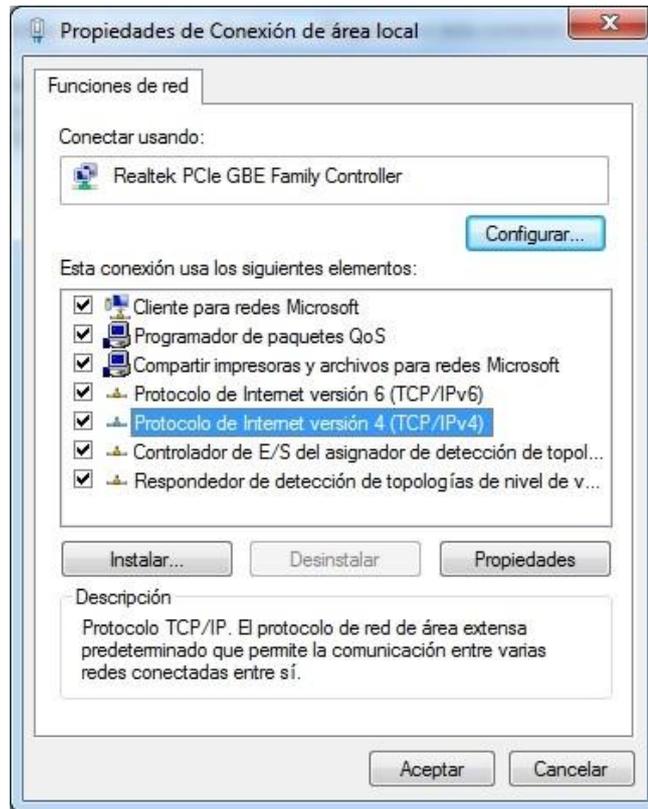


Figura 121: Propiedades de la Conexión de Área Local.

4. Seleccione "Utilizar la siguiente dirección IP".
5. Configurando la IP como: 192.168.1.20.
6. Máscara de subred: 255.255.255.0.
7. Pulsa "OK".

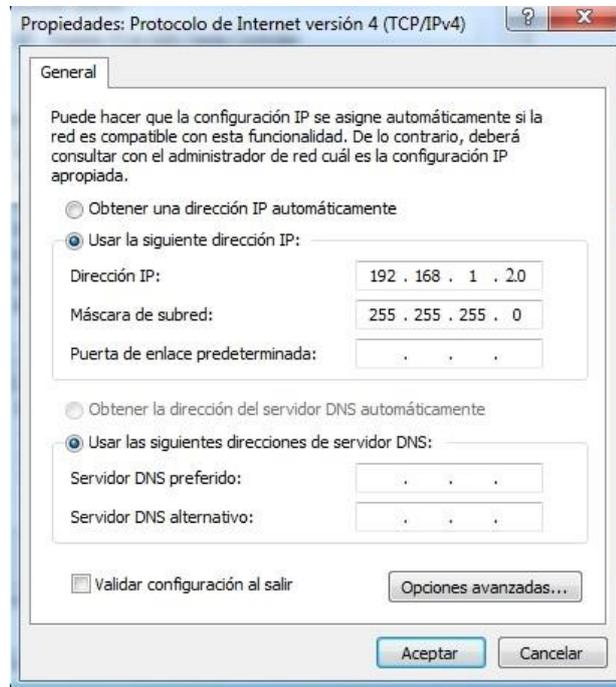


Figura 122: Propiedades: Protocolo de Internet versión 4 (TCP/IPv4)

8. La dirección IP del PC está correctamente configurada y ahora podemos trabajar correctamente con SCADA.
9. La dirección IP del ordenador está configurada y el ordenador está listo para establecer una red Ethernet con el Módulo N-PSUB2, por lo que el usuario ya puede trabajar con el sistema SCADA.
10. Para una correcta comunicación Ethernet en el sistema SCADA el usuario deberá conectar en serie todos y cada uno de los puertos Ethernet de los módulos (sólo para aquellos que lo tengan) a través de los cables Ethernet suministrados, tal y como se muestra en la siguiente imagen. Obviamente si algún módulo no ha sido adquirido no será necesario conectarlo.



Figura 123: Ejemplo de conexión de cables Ethernet

7.5 EJERCICIOS PRÁCTICOS DE LABORATORIO

7.5.1 Ejercicios prácticos de control local

7.5.1.1 Ejercicio práctico 1: Control automático de la tensión y la frecuencia del generador en vacío. Medición de los parámetros de generación.

7.5.1.1.1 Objetivo

El objetivo de este ejercicio práctico es conocer el control automático de tensión y frecuencia del grupo motor-generator realizado por el controlador y sin cargas. El usuario tomará experiencia en el funcionamiento manual y automático de la velocidad de la turbina y la excitación de corriente del generador. Los potenciómetros de control manual permitirán al usuario realizar el control manual de la velocidad de la turbina y de la corriente de excitación del generador.

El usuario también podrá comprobar los parámetros de generación a través de los distintos instrumentos de medición incluidos en la aplicación.

7.5.1.1.2 Elementos necesarios

- N-ALI01. Fuente de alimentación industrial/AC 3PH Alimentación variable.
- N-PPCM1. Control y Protección del Grupo Turbina-Generador Módulo 1.
- EMT6/1K. Módulo de subestación de generación eléctrica
- N-PSUB. Generador síncrono trifásico 1kW/1P.
- SERV01. Servomotor de CA 1

7.5.1.1.3 Procedimiento

1. Lee las “PRINCIPALES INSTRUCCIONES, ADVERTENCIAS Y PRECAUCIONES” antes de empezar con el ejercicio práctico.
2. Realice las conexiones del grupo generador y de la fuente de alimentación principal, tal y como se indica en los apartados de montaje de cables “Conexiones del grupo servomotor-generador” y “Conexiones de la alimentación principal”.
3. Realice el cableado indicado en el “Cableado de los elementos de medida”. Tenga en cuenta que el usuario debe decidir el punto de medida según los ejemplos mostrados en este punto. En este ejercicio práctico el propósito es medir los parámetros de salida del generador, para ello el usuario debe seguir el ejemplo de cableado 1.
4. Siga los pasos descritos en el apartado “Puesta en marcha de la aplicación”.
5. Ajuste los interruptores N-PSUB para la puesta en marcha del generador y su control automático como se indica en el apartado Funcionamiento “Operación de forma aislada”
6. Compruebe que se alcanzan automáticamente las condiciones preestablecidas en el generador (380-400V y 50/60Hz); en consecuencia, el regulador automático de velocidad y tensión cierra el interruptor 52G y se enciende su indicador. Para ello, vaya a la pantalla correspondiente del controlador tal y como se muestra en el apartado N-PPCM1 Funcionamiento “Ventana principal: Parámetros eléctricos y estado de los interruptores”

7. Compruebe la tensión y la frecuencia medidas seleccionando la opción correspondiente según corresponda en el analizador de redes “Menú principal”
8. Se puede realizar una transferencia de control de automático a manual. Haga clic en este enlace “Modo de control local manual” para transferir el control de velocidad y tensión de automático a manual. Por favor, preste atención a la posición inicial de los potenciómetros de velocidad y excitación. Si la posiciones demasiado en el sentido de las agujas del reloj, la corriente de excitación al pasar a modo manual será muy alta y la máquina puede resultar dañada. Lo mismo puede ocurrir con el potenciómetro de control de velocidad. La máquina puede embalsarse demasiado.
9. No olvide realizar el paso descrito en el apartado “Apagar la aplicación” para apagar la unidad.

7.5.1.2 Ejercicio práctico 2: Control automático de la tensión y la frecuencia del generador en funcionamiento autónomo.

7.5.1.2.1 Objetivo

El objetivo de esta práctica es adquirir experiencia en el control automático de la frecuencia y la excitación del generador que suministra energía a nuestras lods locales. Para ello, el usuario se familiarizará con las principales funciones del controlador automático, que se encargará en todo momento de mantener constantes los parámetros de frecuencia y tensión. Además, en esta práctica se trabajará con diferentes cargas resistivas, inductivas y capacitivas, para observar la respuesta del grupo turbina-generador y la consiguiente regulación del controlador para compensar posibles fluctuaciones.

7.5.1.2.2 Elementos necesarios

- N-ALI01. Fuente de alimentación industrial/AC 3PH Alimentación variable.
- N-PPCM1. Control y Protección del Grupo Turbina-Generador Módulo 1
- N-PSUB2. Módulo de subestación de generación eléctrica 2.
- EMT6/1K. Generador síncrono trifásico 1kW/1P.
- SERV01. Servomotor de CA 1
- N-EALD. Unidad de Analizador de Redes con Adquisición de Datos por Ordenador (1 unidad)
- N-REFT/3C. Módulo de resistencias configurables trifásicas de 3 x 300 W

- N-INDT/3C. Módulo de Inductancias Configurables Trifásico 3 x 300 VAr
- N-CAR19T/3C. Módulo de condensadores configurables trifásicos 3 x 300 VAr.

7.5.1.2.3 Procedimiento

1. Lee las “PRINCIPALES INSTRUCCIONES, ADVERTENCIAS Y PRECAUCIONES” antes de empezar con el ejercicio práctico.
2. Realice las conexiones del grupo generador y de la fuente de alimentación principal, tal y como se indica en los apartados de montaje de cables “Conexiones del grupo servomotor-generator” y “Conexiones de la alimentación principal”.
3. Realice los cableados mostrados en “Cableado de la generación con cargas”. Tenga en cuenta que el usuario debe decidir el punto de medida según los ejemplos mostrados en este punto. En este ejercicio práctico el objetivo es medir la potencia consumida por las cargas, para ello el usuario debe seguir el ejemplo de cableado 2.
4. Siga los pasos descritos en el apartado “Puesta en marcha de la aplicación”.
5. Ajuste los interruptores N-PSUB para la puesta en marcha del generador y su control automático como se indica en el apartado Funcionamiento “Operación de forma aislada”
6. Compruebe que se alcanzan automáticamente las condiciones preestablecidas (380-400V y 50/60 Hz); en consecuencia, el regulador automático de velocidad y tensión cierra el interruptor 52 G y se enciende su indicador. Ahora el sistema está listo para suministrar energía a las cargas en paralelo.

7. Compruebe la tensión y la frecuencia medidas seleccionando la opción correspondiente según corresponda en el analizador de redes “Menú principal” o visualizando la pantalla “Valores medidos: Parámetros del generador” para conocer la frecuencia y la tensión en el generador.
8. Introducir una carga resistiva como en el “N-REFT/3C. Módulo de resistencias configurables trifásicas 3x300 W”. Para ello, poner el interruptor del banco de resistencias deseado en posición "cerrar". Se producirá una caída de tensión instantánea junto con la aparición de potencia activa generada (que es consumida por la carga).
9. Compruebe cómo el controlador del generador compensa instantáneamente la caída de tensión provocada por la carga resistiva, volviendo a los valores de funcionamiento establecidos. Para ello, el controlador aumentará la corriente de excitación. Si el usuario desea medir directamente la corriente de excitación, tenga en cuenta que la máquina debe estar parada antes de cambiar el cableado de la unidad. Para más información sobre el “Cableado de la excitación de corriente” consulte el siguiente enlace.
10. Ahora introduzca una carga inductiva girando a la posición "cerrar" el interruptor del banco de inductancias deseado. Vea la sección “N-INDT/3C. Módulo de Inductancias Configurables Trifásico 3x300 VAR”
11. Como consecuencia del paso anterior se producirá una caída de tensión que será compensada instantáneamente por el controlador. Compruebe también a través de los módulos de medida el aumento resultante de la demanda de potencia reactiva y la consiguiente disminución del factor de potencia. El usuario puede ver el analizador de redes o en la sección “Valores medidos: Parámetros del generador”.

12. Ahora introduzca una carga capacitiva girando a la posición "cerrar" el interruptor de las baterías de condensadores deseadas. En primer lugar, vaya a las “PRINCIPALES INSTRUCCIONES, ADVERTENCIAS Y PRECAUCIONES” de generación y sincronización. En este punto, vaya a la prohibición de conexión de condensadores individuales. Ahora vea la sección “N-CAR19T/3C. Módulo de condensadores configurables trifásicos 3x300 VAR”
13. Compruebe el efecto de compensación sobre la demanda de potencia reactiva y el factor de potencia, contrarrestando el efecto de las cargas inductivas como se ve en la teoría, y el aumento de tensión proporcionado que es compensado instantáneamente por el controlador. Tenga en cuenta que, si la carga total es demasiado elevada, pueden activarse las alarmas de sobreintensidad y sobrecarga y el controlador del generador detendrá el generador. En este caso, restablezca las alarmas pulsando dos veces el botón pulsador 'reset' hasta que el grupo motor-generador vuelva a funcionar con normalidad.
14. Se puede realizar una transferencia de control de automático a manual. Haga clic en este enlace “Modo de control local manual” para transferir el control de velocidad y tensión de automático a manual. Por favor, preste atención a la posición inicial de los potenciómetros de velocidad y excitación. Si la posición es demasiado en el sentido de las agujas del reloj, la corriente de excitación al pasar a modo manual será muy alta y la máquina puede resultar dañada. Lo mismo puede ocurrir con el potenciómetro de control de velocidad. La máquina puede embalsarse demasiado.
15. No olvide realizar el paso descrito en el apartado “Apagar la aplicación” para apagar la unidad.

7.5.1.3 Ejercicio práctico 3: Control manual de la frecuencia del generador a través del potenciómetro de control de velocidad en modo aislado de operación.

7.5.1.3.1 Objetivo

El objetivo de este ejercicio práctico es aprender a controlar manualmente la frecuencia del grupo motor-generador, actuando sobre su potenciómetro de velocidad.

El usuario comprenderá los efectos de la variación de carga en la red eléctrica, y parámetros de generación mecánica.

7.5.1.3.2 Elementos necesarios

- N-ALI01. Fuente de alimentación industrial/Fuente de alimentación variable AC 3PH
- N-PPCM1. Control y Protección del Grupo Turbina-Generador Módulo 1.
- N-EALD. Unidad Analizadora de Red con Adquisición de Datos por Computadora (1 unidad)
- N-PSUB. Subestación de Generación de Energía Módulo 2.
- N-REFT/3C. Módulo de Resistencias Configurables Trifásico 3 x 300 W
- N-INDT/3C. Módulo de Inductancias Configurables Trifásico 3 x 300 VAr
- N-CAR19T/3C. Módulo de Condensadores Configurables Trifásicos 3 x

300 VAr

- EMT6/1K. Generador Síncrono Trifásico 1kW/1P
- SERV01. Servomotor CA 1

7.5.1.3.3 Procedimiento

1. Lee las “PRINCIPALES INSTRUCCIONES, ADVERTENCIAS Y PRECAUCIONES” antes de empezar con el ejercicio práctico.
2. Realice las conexiones del grupo generador y de la fuente de alimentación principal, tal y como se indica en los apartados de montaje de cables “Conexiones del grupo servomotor-generador” y “Conexiones de la alimentación principal”.
3. Realice los cableados mostrados en “Cableado de la generación con cargas”. Tenga en cuenta que el usuario debe decidir el punto de medida según los ejemplos mostrados en este punto. En este ejercicio práctico el objetivo es visualizar la frecuencia del generador, por ello pinche en el siguiente enlace "Valores medidos: Parámetros del generador" para recordar como visualizar los parámetros eléctricos desde el controlador.
4. Siga los pasos descritos en el apartado “Puesta en marcha de la aplicación”.
5. Ajuste los interruptores N-PSUB para la puesta en marcha del generador y su control automático como se indica en el apartado Funcionamiento “Control manual de velocidad”
6. Modificar lentamente el potenciómetro de control de velocidad para obtener el valor preestablecido.

Condiciones en el controlador: 380-400V y 50/60 Hz.

Tenga en cuenta que el controlador tiene un tiempo definido para alcanzar estas condiciones y activar una alarma si esto no sucede (alarma de baja frecuencia). En este caso, presione el botón de reinicio de alarmas dos veces. La alarma se desactivará y será posible intentar el proceso nuevamente, comenzando desde las últimas posiciones de los potenciómetros.

7. Cuando se alcancen las condiciones preestablecidas (380-400V y 50/60 Hz), el El controlador cerrará el disyuntor y el indicador 52G se encenderá. Ahora el sistema está listo para suministrar energía a las cargas.
8. Introduzca una carga resistiva como se muestra en la sección “N-REFT/3C. Módulo de resistencias configurables trifásicas 3x300 W”. Para esto, gire el interruptor del banco de resistencias deseado a la posición "cerrado". Habrá una caída de tensión instantánea junto con la generación de potencia activa (que es consumida por la carga).

Comprobar la caída de tensión resultante junto con la aparición de la potencia activa.

Tenga en cuenta que si la carga introducida es demasiado alta (y en consecuencia también la caída de voltaje), se puede activar una alarma interna en el controlador (alarma de bajo voltaje) pero no detendrá el generador. Por eso se recomienda encender los bancos de resistencias por pasos y no todos a la vez.

9. Ahora introduzca una carga inductiva girando a la posición "cerrado" el interruptor de el banco de inductancias deseado. Ver “N-INDT/3C. Módulo de Inductancias Configurables Trifásico 3x300 VAR”.

10. Ahora introduzca una carga capacitiva girando a la posición "cerrado" el interruptor de los bancos de condensadores deseados. En primer lugar, vaya a las “PRINCIPALES INSTRUCCIONES, ADVERTENCIAS Y PRECAUCIONES” de generación y sincronización. En este punto, ve a la prohibición de conexión de condensadores individuales. Ahora mira la sección “N-CAR19T/3C. Módulo de condensadores configurables trifásicos 3x300 VAR”.
11. Compruebe el efecto de compensación sobre la demanda de potencia reactiva y el factor de potencia, contrarrestando el efecto de las cargas inductivas como se ve en teoría, además de proporcionar un aumento de voltaje. Si es necesario, reajuste el voltaje y la frecuencia para los valores de operación como se explicó anteriormente.
12. Otra protección se activa si el voltaje del generador es demasiado alto (alarma por sobretensión). El usuario podrá comprobar esto conectando diferentes cargas al generador, restableciendo manualmente los parámetros de frecuencia y voltaje a sus valores nominales y luego desconectar drásticamente todas las cargas.
13. Otra alarma que puede sonar es la alarma de carga de desequilibrio. Para activarla, una vez que el motogenerador esté funcionando en condiciones de funcionamiento, encienda las cargas resistivas. Retire uno de los puentes del banco de resistencias para provocar un desequilibrio de corriente en el generador. Inmediatamente después, desequilibrio de la carga activará la

alarma.

14. Es posible cambiar del control manual al control automático. para hacerlo, primero es aconsejable apagar todas las cargas. Luego, asegúrese de que el voltaje sea 380V y la frecuencia es 50/60 Hz (dependiendo de la frecuencia del país) y ponga en posición automática los interruptores correspondientes (control de velocidad manual/automático y control de excitación manual/automático). Durante la transferencia de control, la turbina y el generador pueden volverse inestables, y cualquier alarma del controlador se puede activar.

15. No olvide realizar el paso descrito en la sección “Apagar la aplicación”

7.5.1.4 Ejercicio práctico 4: Control manual de la excitación del generador en funcionamiento autónomo.

7.5.1.4.1 Objetivo

El objetivo de este ejercicio práctico es aprender a controlar manualmente la tensión de salida del grupo motor-generador, actuando sobre la corriente de excitación del generador.

El usuario comprenderá los efectos de la variación de carga sobre los parámetros de generación, así como la forma de compensarlos manualmente ajustando el potenciómetro de control de excitación en el controlador

7.5.1.4.2 Elementos necesarios

- N-ALI01. Fuente de Alimentación Industrial/AC 3PH Alimentación Variable.
- N-PPCM1. Control y Protección del Grupo Turbina-Generador Módulo 1
- N-EALD. Unidad Analizador de Redes con Adquisición de Datos por Ordenador (1 unidad)
- N- PSUB2. Subestación de Generación Módulo 2.
- N-REFT/3C. Módulo de Resistencias Configurables Trifásicas 3 x 300 W.
- N-INDT/3C. Módulo de Inductancias Configurables Trifásicas 3 x 300 Var.
- N-CAR19T/3C. Módulo de Condensadores Configurables Trifásicos 3 x 300 VAr
- EMT6/1K. Generador Síncrono Trifásico 1kW/1P.

- SERV0. Servomotor AC 1.

7.5.1.4.3 Procedimiento

1. Lee las “PRINCIPALES INSTRUCCIONES, ADVERTENCIAS Y PRECAUCIONES” antes de empezar con el ejercicio práctico.
2. Realice las conexiones del grupo generador y de la fuente de alimentación principal, tal y como se indica en los apartados de montaje de cables “Conexiones del grupo servomotor-generador” y “Conexiones de la alimentación principal”.
3. Realice los cableados mostrados en “Cableado de la generación con cargas”. Tenga en cuenta que el usuario debe decidir el punto de medida según los ejemplos mostrados en este punto. En este ejercicio práctico el objetivo es visualizar la tensión del generador, por ello pinche en el siguiente enlace "Valores medidos: Parámetros del generador" para recordar como visualizar los parámetros eléctricos desde el controlador.
4. Si el usuario dispone de un multímetro, puede utilizarlo para medir la corriente de excitación realizando el cableado indicado en el siguiente enlace "Cableado de la excitación de corriente".
5. Siga los pasos descritos en el apartado “Puesta en marcha de la aplicación”.
6. Configure los interruptores N-PSUB para la puesta en marcha del generador y su control manual de excitación como se indica en el apartado de funcionamiento “Control manual de excitación”.
7. Modifique lentamente el potenciómetro de control de excitación para obtener las condiciones preestablecidas en el controlador: 380-400V y 50/60 Hz.

Recuerde no sobrepasar la "corriente nominal de excitación" del generador.

Tenga en cuenta que el controlador dispone de un tiempo definido para alcanzar estas condiciones y que activará una alarma si no lo hace (alarma de sub/sobre tensión). En este caso, pulse dos veces el botón de reinicio de las alarmas. La alarma se desactivará y se podrá volver a intentar el proceso, partiendo de las últimas posiciones de los potenciómetros.

8. Cuando se alcancen las condiciones de funcionamiento (380-400V y 50/60 Hz), el controlador cerrará el disyuntor y se encenderá el indicador 52G. Ahora el sistema está listo para suministrar energía a las cargas.
9. Introduzca una carga resistiva como se muestra en el funcionamiento del módulo de resistencias "N-REFT/3C. Módulo de resistencias configurables trifásicas 3x300 W". Para ello, coloque el interruptor del banco de resistencias deseado en posición "cerrar". Se producirá una caída de tensión instantánea junto con la aparición de potencia activa generada (que es consumida por la carga).

Por favor, tenga en cuenta que si la carga introducida es demasiado alta (y consecuentemente la caída de tensión), se puede activar una alarma interna en el controlador (alarma de subtensión) pero no parará el generador. Por eso se recomienda encender los bancos de resistencias por pasos y no todos al mismo tiempo.

10. Modificando de nuevo el potenciómetro de control de excitación, reajustar la tensión de salida para obtener de nuevo los valores de generación preestablecidos (380-400V y 50/60 Hz).
11. Introducir ahora una carga inductiva girando a posición "cerrar" el interruptor

del banco de inductancias deseado. Consulte el funcionamiento del módulo de inductancias “N-INDT/3C. Módulo de Inductancias Configurables Trifásico 3x300 VAR”.

12. Como consecuencia del paso anterior se producirá una caída de tensión. Reajuste de nuevo el valor de tensión a través del potenciómetro de control de excitación. Compruebe también a través de los módulos de medida el aumento resultante de la demanda de potencia reactiva y la consiguiente disminución del factor de potencia.
13. Introduzca ahora una carga capacitiva poniendo en posición de "cerrado" el interruptor de las baterías de condensadores deseadas. En primer lugar, vaya a “PRINCIPALES INSTRUCCIONES, ADVERTENCIAS Y PRECAUCIONES” de generación y sincronización. En este punto, vaya a la prohibición de la conexión de condensadores individuales. A continuación, vea el funcionamiento del módulo de condensadores “N-CAR19T/3C. Módulo de condensadores configurables trifásicos 3x300 VAR”.
14. Compruebe el efecto de compensación sobre la demanda de potencia reactiva y el factor de potencia, contrarrestando el efecto de las cargas inductivas como se ve en la teoría, y el aumento de tensión previsto. Si es necesario reajuste la tensión a los valores de operación como se explicó anteriormente.
15. Otra protección se activa si la tensión del generador es demasiado alta (alarma de sobretensión). El usuario podrá comprobarlo conectando diferentes cargas al generador, reajustando manualmente los parámetros de frecuencia y tensión a sus valores nominales y desconectando drásticamente todas las cargas.
16. Otra alarma que puede saltar es la alarma de carga desequilibrada. Para que se

dispare, una vez que el motogenerador esté funcionando en condiciones operativas, conecte las cargas resistivas. Retire uno de los puentes del banco de resistencias para provocar un desequilibrio de corriente en el generador. Inmediatamente después se activará la alarma de carga desequilibrada.

17. Es posible cambiar de control manual a control automático. Para ello, primero es aconsejable desconectar todas las cargas. A continuación, asegúrese de que la tensión es de 380V y la frecuencia de 50/60 Hz y cambie a posición automática los interruptores correspondientes (control de velocidad manual/automático y control de excitación manual/automático). Durante la transferencia de control, la turbina y el generador pueden volverse inestables y saltar cualquier alarma del controlador.

18. No olvide realizar el paso descrito en el párrafo “Apagar la aplicación”.

7.5.1.5 Ejercicio práctico 5: Operación de sincronización del generador síncrono y la red.

7.5.1.5.1 Objetivo

El objetivo de este ejercicio práctico es comprender el proceso de sincronización automática del grupo motor-generator con la red.

El usuario adquirirá experiencia en el proceso de control de la potencia activa inyectada por el generador a la red.

Además, el usuario podrá establecer y comprender las condiciones necesarias para que la sincronización con la red sea exitosa. Elementos necesarios

7.5.1.5.2 Elementos requeridos

- N-ALI01. Fuente de Alimentación Industrial/AC 3PH Alimentación Variable.
- N-PPCM1. Control y Protección del Grupo Turbina-Generador Módulo 1
- N-EALD. Unidad Analizador de Redes con Adquisición de Datos por Ordenador (1 unidad)
- N- PSUB2. Subestación de Generación Módulo 2.
- EMT6/1K. Generador Síncrono Trifásico 1kW/1P.
- SERV0. Servomotor AC 1.

7.5.1.5.3 Procedimiento

1. Lee las “PRINCIPALES INSTRUCCIONES, ADVERTENCIAS Y PRECAUCIONES” antes de empezar con el ejercicio práctico.

2. Realice las conexiones del grupo generador y de la fuente de alimentación principal, tal y como se indica en los apartados de montaje de cables “Conexiones del grupo servomotor-generador” y “Conexiones de la alimentación principal”.
3. Realice los cableados indicados en “Cableado de la sincronización del generador con la red”.
4. Seguir los pasos descritos en el apartado “Puesta en marcha de la aplicación”.
5. Ajustar los interruptores N-PSUB para la puesta en marcha del generador y el proceso de sincronización con la red como se indica en el apartado Funcionamiento "Modo de control local automático".
6. Cuando el generador esté en marcha, compruebe que se alcanzan automáticamente las condiciones preestablecidas (380- 400V y 50Hz); en consecuencia, el regulador automático de velocidad y tensión cierra el interruptor 52 G y se enciende su indicador.
7. Observe como el controlador hace que el generador alcance las condiciones de red. Para ello, vaya a la pantalla del sincroscopio del regulador, tal y como se muestra en el apartado “Sincroscopio” del Funcionamiento del NPPCM1. El generador se sincronizará con la red cuando la diferencia entre los ángulos de fase sea lo suficientemente pequeña; las frecuencias y tensiones sean casi iguales.
8. Una vez que el proceso anterior ha tenido éxito, el indicador verde de condiciones de sincronización se enciende y el interruptor 52G se cierra sincronizándose finalmente con la red. Inmediatamente después, el regulador establece las potencias activa y reactiva entregadas a la red en los valores

predefinidos. Compruebe estos valores a través de los analizadores de red incluidos o de la pantalla del controlador Easygen, como se muestra en la sección Funcionamiento del N-PPCM1 “Valores medidos: Parámetros del generador”.

Además, el usuario puede cambiar el "Set Point de potencia activa" mientras el generador está en sincronismo con la red. Para ello, debe modificar el potenciómetro de velocidad manual. Este potenciómetro, en posición de control automático de velocidad, tiene la finalidad de variar la consigna de potencia activa en sincronismo con la red de [0W a 800W]. La consigna de potencia activa puede verificarse en el apartado Funcionamiento “Set points”.

9. No olvide realizar el paso descrito en el apartado “Apagar la aplicación” para apagar la unidad.

Tenga en cuenta que para desacoplar el generador en modo automático es necesario desconectar los interruptores Marcha/Paro de la turbina y esperar a que el generador reduzca automáticamente las potencias activa y reactiva cedidas a la red. Después de esto, el interruptor 52G se desconectará y la turbina se parará.

7.5.2 Ejercicios prácticos desde el SCADA

7.5.2.1 Consideraciones importantes antes de trabajar con el SCADA.

1. Si el software SCADA no está instalado en el ordenador, por favor, inserte el CDROM de la aplicación e instale el software.
2. Si los Drivers de la Tarjeta PCI COM no están instalados, por favor, vaya a esta sección y realice los pasos explicados "Instalación de Drivers y puertos com de comunicación".



Figura 124: Tarjeta PCI de puertos COM

3. Configure la IP Ethernet del ordenador según el apartado "Configuraciones de direcciones IP".
4. Compruebe que las comunicaciones entre el SCADA y el hardware son

correctas. Para ello, abra el software SCADA y pulse el botón "START" y compruebe que los pilotos Ethernet y PCI COM PORT están en verde.



Figura 125. Comprobación de las comunicaciones

Si estas lámparas están rojas después de pulsar el botón "START", hay que comprobar de nuevo los cables de comunicaciones y la dirección IP del PC.



Figura 126: Errores de comunicación

7.5.2.2 Ejercicio práctico 6: Control automático de la tensión y frecuencia del grupo electrógeno, desde el software SCADA. Operación aislada

7.5.2.2.1 Objetivo

El objetivo de esta práctica es aprender a configurar a distancia el control automático de la tensión y frecuencia del grupo motor-generator. El usuario adquirirá experiencia sobre el funcionamiento del sistema de potencia desde el SCADA. En esta práctica, el usuario tomará experiencia en tres aspectos:

1. Configuración de los Set points del controlador. En este punto, el usuario configurará la consigna de frecuencia y la consigna de tensión. Es muy importante fijar la frecuencia a 50/60 Hz según los parámetros nominales de la red del laboratorio. La consigna de tensión debe fijarse en los valores nominales de las cargas.
2. Configuración SCADA para el control automático de la frecuencia y la tensión. Nótese que, en modo automático, es el controlador el que controla la frecuencia y la tensión del generador.
3. Conmutación de cargas para estudiar los efectos de las cargas resistivas, inductivas y capacitivas.

7.5.2.2.2 Elementos necesarios

- N-ALI01. Fuente de alimentación industrial/Fuente de alimentación variable AC 3PH
- N-PPCM1. Control y Protección del Grupo Turbina-Generador Módulo 1.

- N-EALD. Unidad Analizadora de Red con Adquisición de Datos por Computadora (1 unidad)
- N-PSUB. Subestación de Generación de Energía Módulo 2.
- N-REFT/3C. Módulo de Resistencias Configurables Trifásico 3 x 300 W
- N-INDT/3C. Módulo de Inductancias Configurables Trifásico 3 x 300 VAr
- N-CAR19T/3C. Módulo de Condensadores Configurables Trifásicos 3 x 300 VAr
- EMT6/1K. Generador Síncrono Trifásico 1kW/1P
- SERV01. Servomotor CA 1

7.5.2.2.3 Procedimiento

1. Lee las “PRINCIPALES INSTRUCCIONES, ADVERTENCIAS Y PRECAUCIONES” antes de empezar con el ejercicio práctico y realice las conexiones del grupo generador y de la fuente de alimentación principal, tal y como se indica en los apartados de montaje de cables “Conexiones del grupo servomotor-generador” y “Conexiones de la alimentación principal”.
2. Realice el cableado "Ejemplo 2" mostrado en "Cableado de la generación con cargas".
3. En el módulo controlador N-PSUB, coloque el interruptor "Modo de control" en "Modo de control SCADA" tal y como se muestra en el apartado de Funcionamiento del controlador “Modo de control remoto”; permitiendo el control desde el software SCADA.

4. Vaya al apartado "Consideraciones importantes antes de trabajar con el SCADA." para verificar algunas cuestiones.
5. Abra el software SCADA y pulse el botón "START".

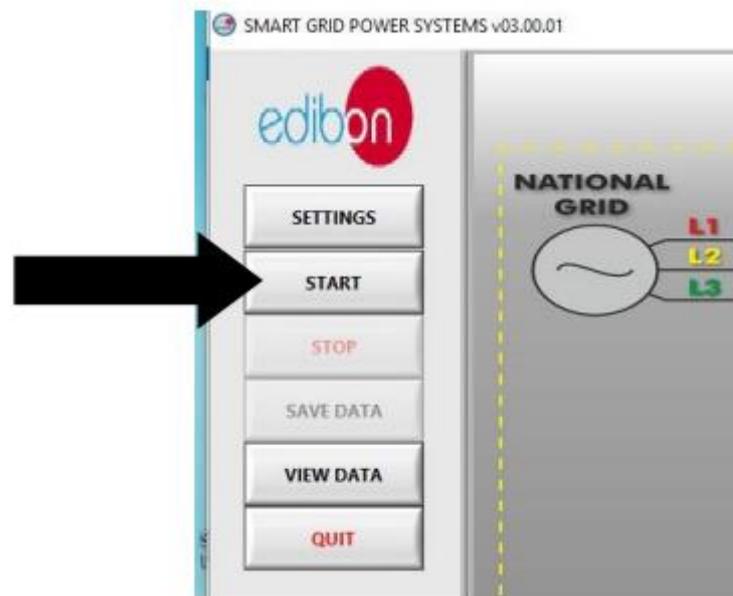


Figura 127: Arranque del software

6. Haga clic en "IR A SUBESTACIÓN DE POTENCIA" y siga la secuencia que se muestra en la siguiente imagen:

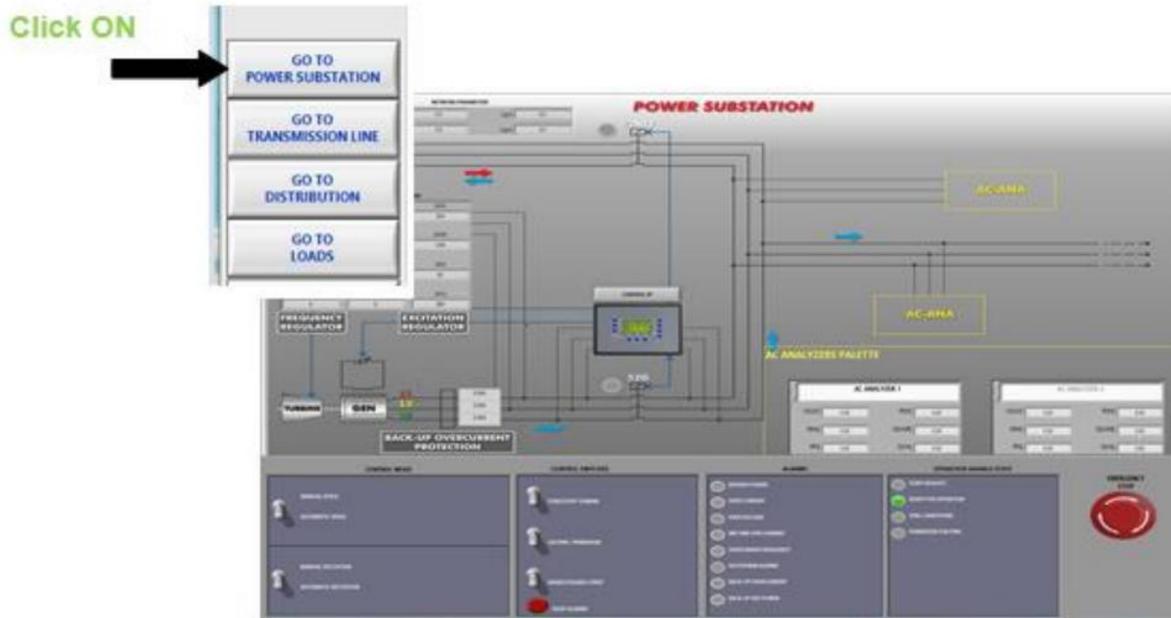


Figura 128: Haciendo clic en SUBESTACIÓN DE POTENCIA

- Haga clic en "CONTROL SP" para ajustar los Set Points del controlador del generador:

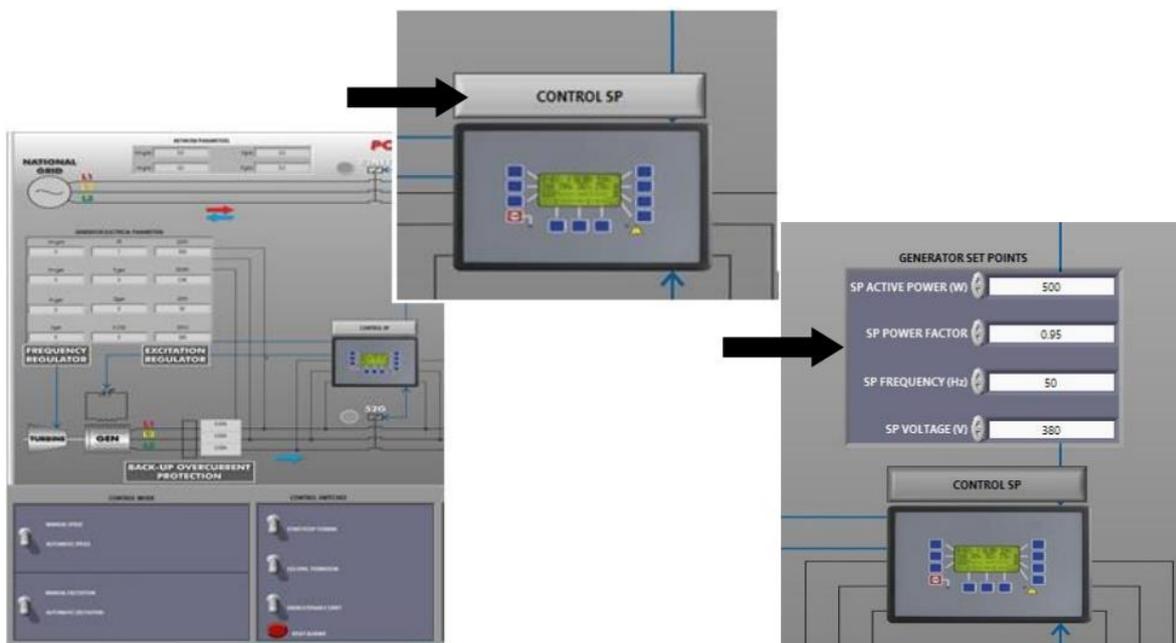


Figura 129: Haciendo clic en CONTROL SP

8. Introduzca los valores de consigna deseados, pero siempre respetando los valores nominales del generador y de la red. Por ejemplo, si la tensión de la red es de 380 VCA y su frecuencia de 50 Hz, las consignas adecuadas son las siguientes:

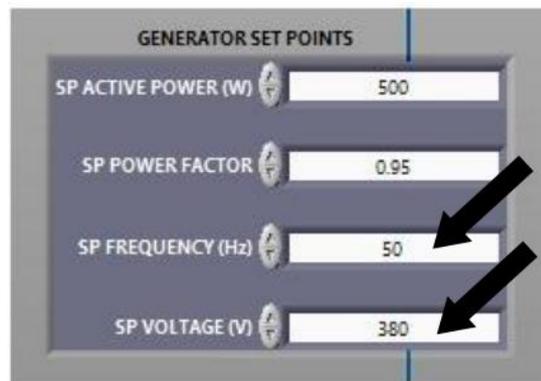


Figura 130: Ajuste de los puntos de consigna de frecuencia y tensión

NOTA IMPORTANTE: los cuatro puntos de consigna indicados en la pantalla Puntos de consigna del generador se aplican en diferentes situaciones de funcionamiento. Depende del estado de los disyuntores 52NET.

a) Situación 1: el generador va a trabajar en funcionamiento autónomo. Esto significa que el interruptor 52NET está en posición abierta. En esta situación sólo funcionan las consignas de frecuencia y tensión.

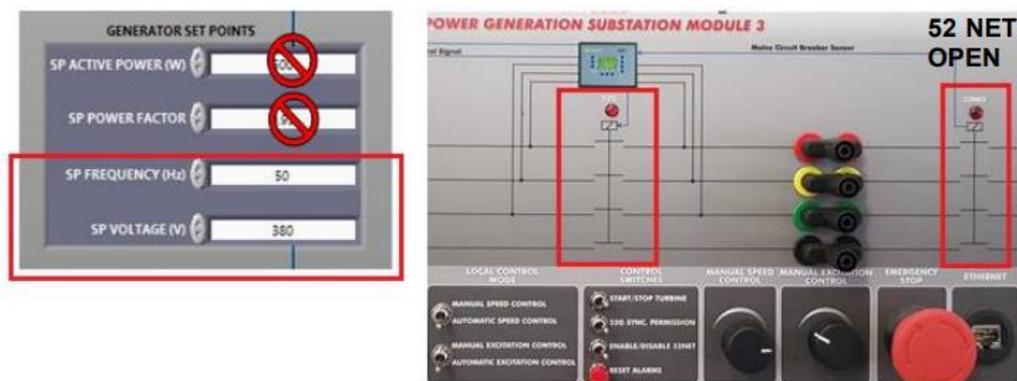


Figura 131: Funcionamiento de los puntos de ajuste

b) Situación 2: el generador va a trabajar en sincronismo con la red. Esto significa que el disyuntor 52NET debe colocarse en posición cercana. En esta situación, todos los puntos de ajuste están habilitados.

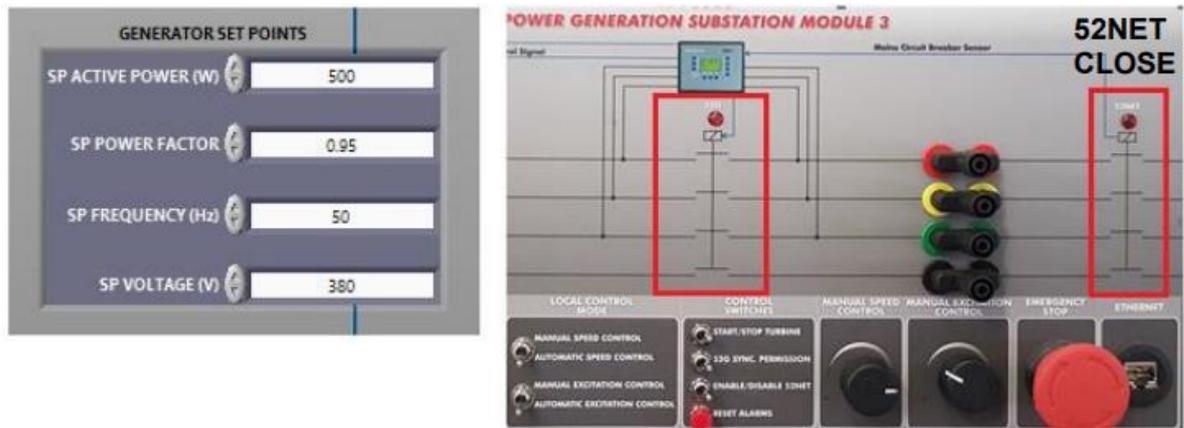


Figura 132: Funcionamiento de los puntos de ajuste

9. En este ejercicio práctico el usuario trabajará en la situación 1. El objetivo es controlar la frecuencia y la tensión, por lo que el generador trabajará en funcionamiento autónomo con el interruptor 52NET en posición abierta.
10. Una vez introducidos los puntos de ajuste, el controlador recibe los nuevos valores y se actualiza la pantalla de Parámetros Eléctricos del Generador.

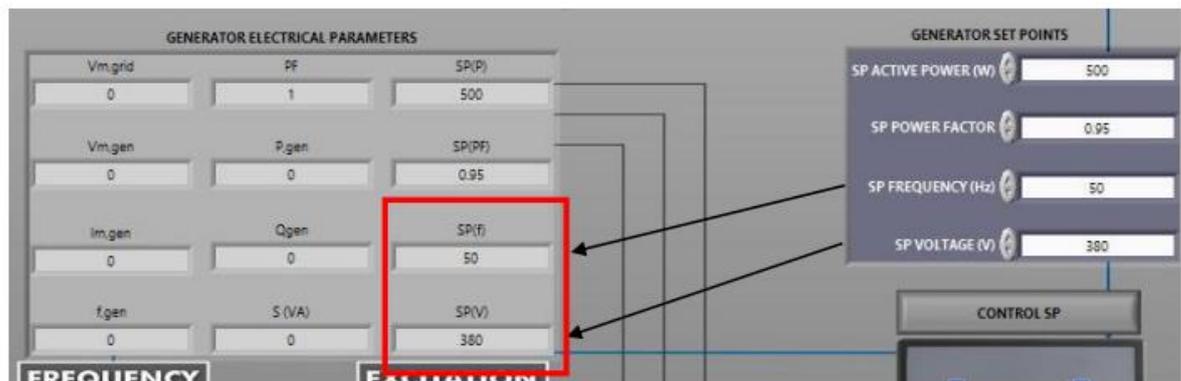


Figura 133: Transferencia de puntos de ajuste

11. Realice la secuencia indicada en esta tabla para controlar automáticamente el grupo motogenerador desde el software SCADA:

INTERRUPTORES	POSICIÓN
Control de velocidad manual/automático	ABAJO (Control automático de velocidad)
Control de excitación manual/automático	ABAJO (Control de excitación automático)
Activar/Desactivar 52NET	ABAJO (Desactivar 52NET)
Arrancar/parar turbina	ARRIBA (Arrancar turbina)
Permiso de sincronización 52G	ABAJO

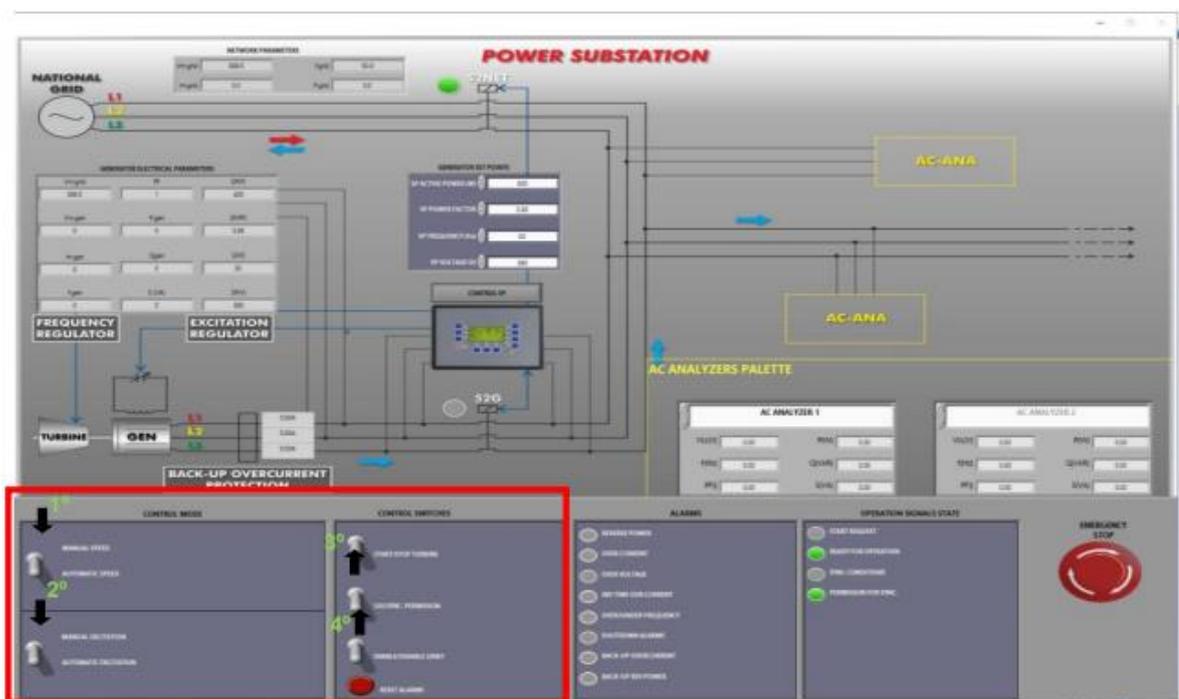


Figura 134: Posición de los interruptores del software para el control automático de la generación

12. Preste atención a la visualización de los parámetros eléctricos del generador. Cuando el usuario pone en marcha la turbina, la pantalla de parámetros

mostrará información importante sobre la tensión, la frecuencia, la corriente y la potencia del generador.

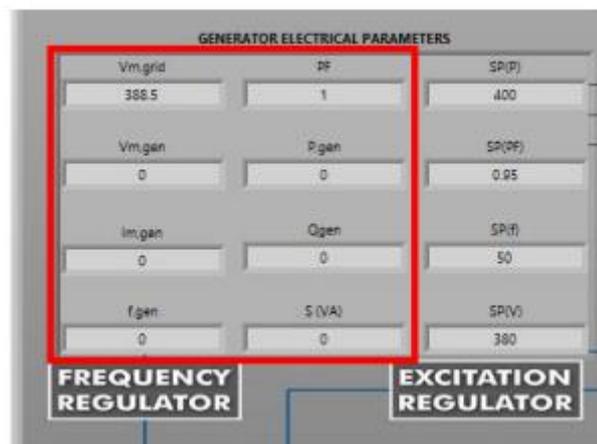


Figura 135. Parámetros eléctricos del generador

13. Ahora, el grupo turbina-generador está funcionando y los parámetros de frecuencia y tensión deben estar cerca de los puntos de ajuste de tensión y frecuencia introducidos anteriormente.

14. Para obtener más información sobre el gráfico de evolución temporal de los parámetros de frecuencia y tensión, haga clic en "ABRIR VENTANA DE SEÑALES" y seleccione las variables que desea visualizar.



Figura 136: Click en abrir en la ventana de señales

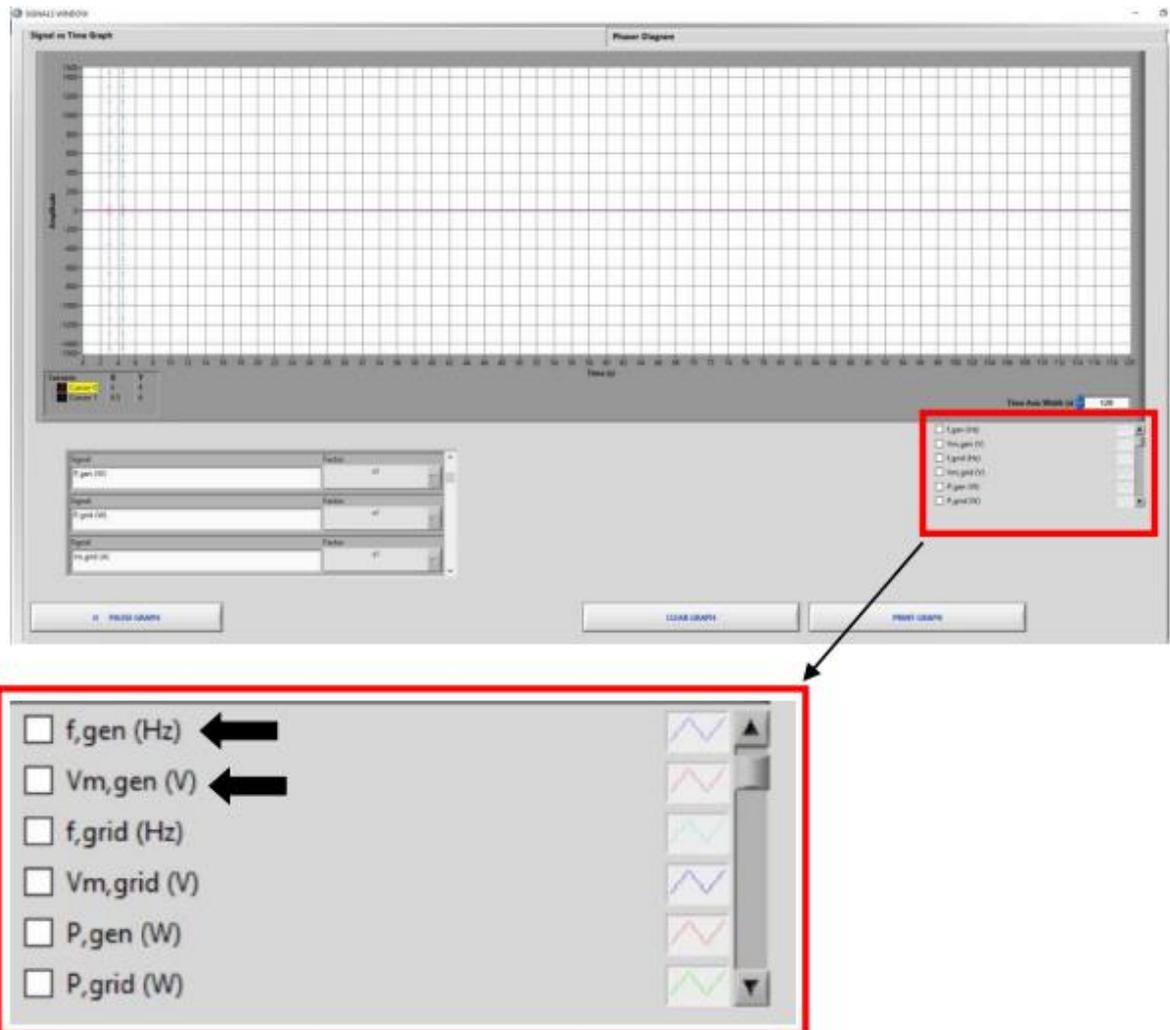


Figura 137: Gráfico temporal de parámetros eléctricos

15. Cuando se alcancen las condiciones preestablecidas del generador (380-400V y 50Hz), el controlador intentará cerrar el interruptor 52G. El usuario lo sabrá porque la lámpara "SYNC CONDITIONS" del Estado de Señal de Operación parpadeará.

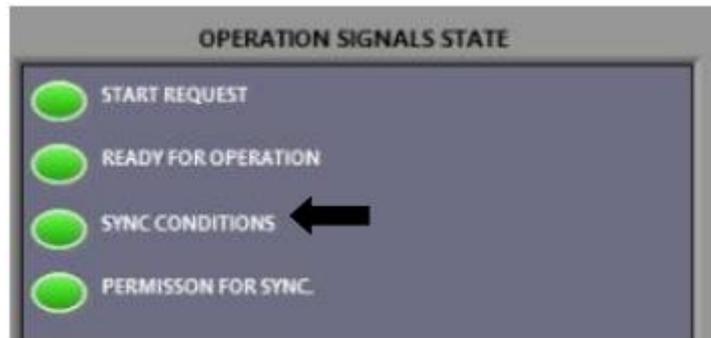


Figura 138: Condición de cierre del interruptor 52G

16. Dé permiso para cerrar el disyuntor 52G haciendo clic en el interruptor 52G.

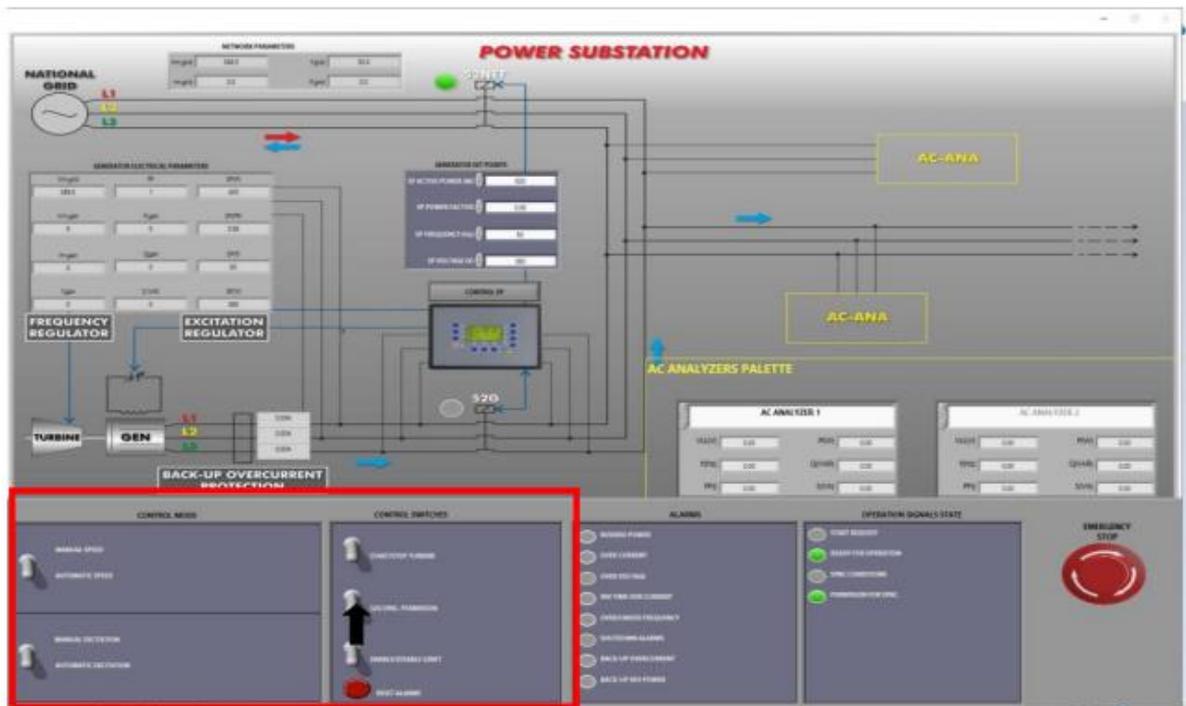


Figura 139: Dar permiso para cerrar el interruptor 52G

Tenga en cuenta que cuando el usuario dé permiso para cerrar el 52G, se encenderá la señal de "Permiso para Sincronización" del estado Señales de funcionamiento.

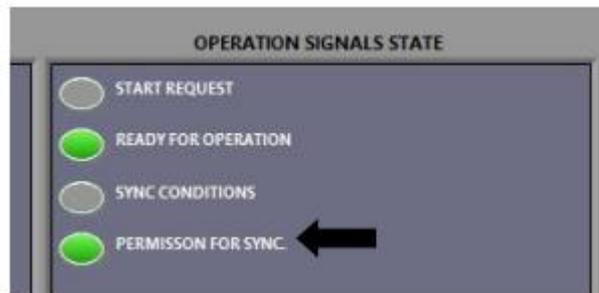


Figura 140: Permiso para sincronizar

17.El interruptor 52G debe cerrarse automáticamente. El usuario puede observar el momento del cierre porque el disyuntor suena y se enciende la lámpara de software

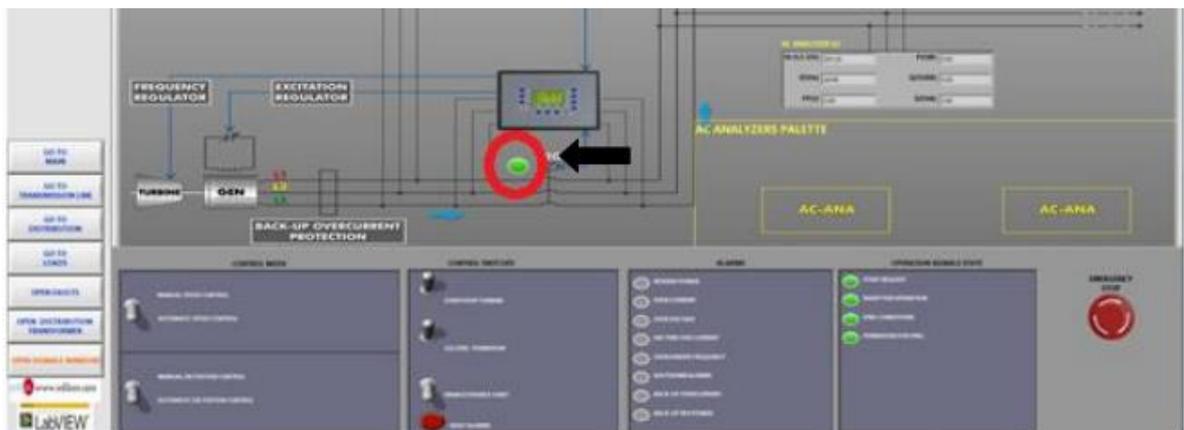


Figura 141: Interruptor 52G cerrado

18.Ahora, el generador está en condiciones de suministrar energía a las cargas. Cierre progresivamente los interruptores de carga resistiva y observe desde el menú "VENTANA DE SEÑALES ABIERTAS" los diferentes parámetros eléctricos del generador como tensión, corriente, potencia activa, etc.

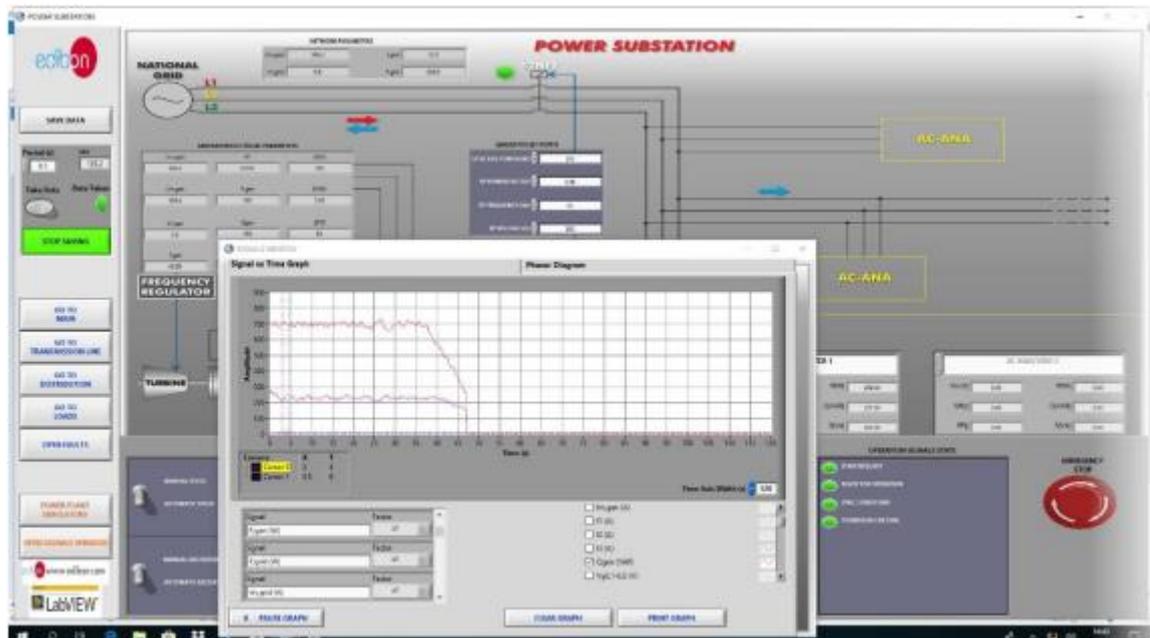


Figura 142: Funcionamiento autónomo. Alimentación del generador a las cargas.

19. Ahora, vaya a la ventana "IR A CARGAS". Recuerde que los valores a introducir en los huecos y la configuración de los bancos de carga son meramente informativos; vendrán determinados completamente por el cableado del hardware.
20. Realice, por ejemplo, una implementación en dos pasos de bancos resistivos. Para ello, ponga progresivamente en estado ON los interruptores correspondientes en el módulo de cargas resistivas. Observe en la paleta del analizador correspondiente el efecto de esto.

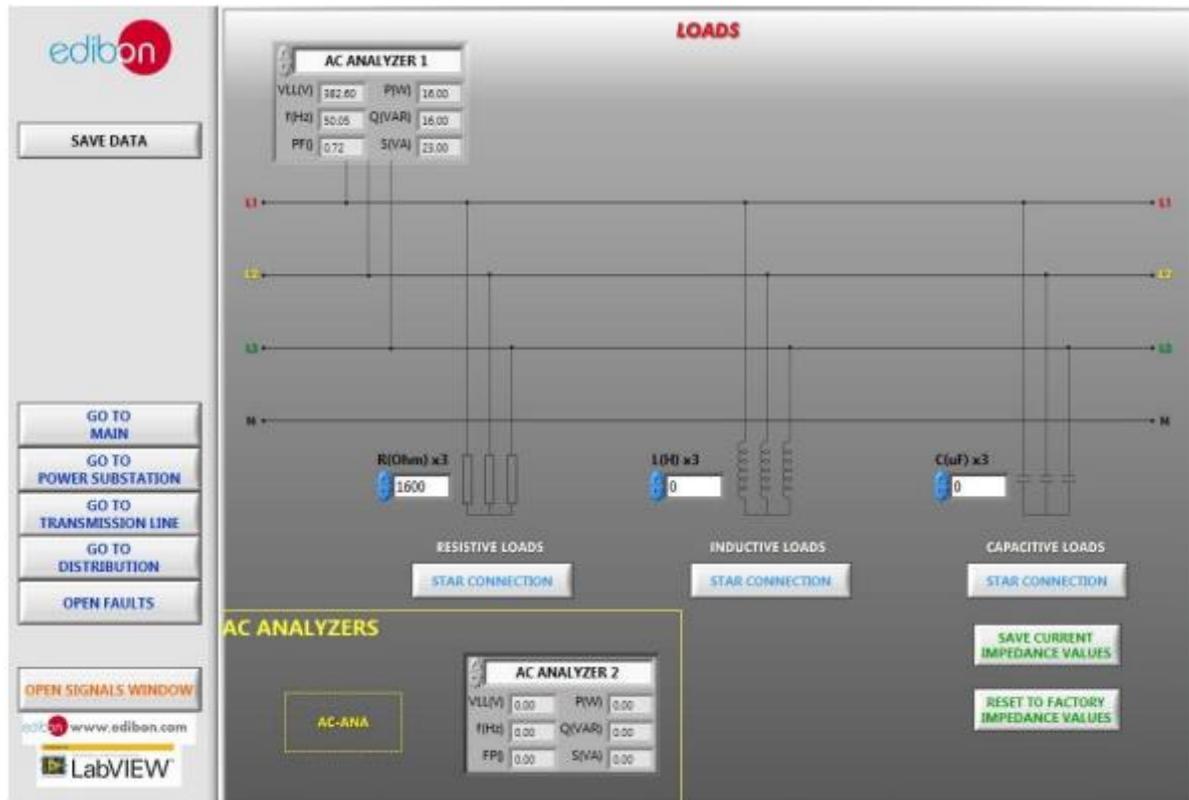


Figura 143. Pantalla de cargas

21. Vaya a la "VENTANA DE SEÑALES ABIERTAS", " Gráfica Señal vs. Tiempo", y seleccione los parámetros que desea visualizar. Compruebe como el regulador corrige continuamente la tensión y la frecuencia proporcionando una potencia más suave hasta que se desconectan de nuevo las cargas.
22. No olvide realizar el paso descrito en el apartado "Apagado del software SCADA" para apagar el equipo.

7.5.2.3 Ejercicio práctico 7: Control manual de la tensión y frecuencia del generador, desde el software SCADA. Operación aislada

7.5.2.3.1 Objetivo

El objetivo de esta práctica es aprender a configurar remotamente el control manual de la tensión y frecuencia del grupo motor-generador. El usuario adquirirá experiencia sobre el funcionamiento del sistema de potencia desde el SCADA. En esta práctica, el usuario tomará experiencia en tres aspectos:

1. Configuración de los valores manuales de frecuencia y % de excitación de corriente. En este punto, el usuario configurará manualmente la frecuencia y la tensión de salida del generador mediante % de excitación de corriente. Es muy importante fijar la frecuencia a 50/60 Hz según los parámetros nominales de la red del laboratorio. La consigna de tensión debe fijarse a los valores nominales de las cargas.
2. Interruptores de configuración SCADA para arrancar/parar de turbina y suministrar energía a las cargas.
3. Conmutación de las cargas para estudiar los efectos de las cargas resistivas, inductivas y capacitivas.
4. Reajuste del % de excitación de corriente para compensar las tensiones de estatismo en el generador.

7.5.2.3.2 Elementos necesarios

- N-ALI01. Fuente de alimentación industrial/Fuente de alimentación variable AC 3PH

- N-PPCM1. Control y Protección del Grupo Turbina-Generador Módulo 1.
- N-EALD. Unidad Analizadora de Red con Adquisición de Datos por Computadora (1 unidad)
- N-PSUB. Subestación de Generación de Energía Módulo 2.
- N-REFT/3C. Módulo de Resistencias Configurables Trifásico 3 x 300 W
- N-INDT/3C. Módulo de Inductancias Configurables Trifásico 3 x 300 VAr
- N-CAR19T/3C. Módulo de Condensadores Configurables Trifásicos 3 x 300 VAr
- EMT6/1K. Generador Síncrono Trifásico 1kW/1P
- SERV01. Servomotor CA 1

7.5.2.3.3 Procedimiento

1. Lee las “PRINCIPALES INSTRUCCIONES, ADVERTENCIAS Y PRECAUCIONES” antes de empezar con el ejercicio práctico y realice las conexiones del grupo generador y de la fuente de alimentación principal, tal y como se indica en los apartados de montaje de cables “Conexiones del grupo servomotor-generador” y “Conexiones de la alimentación principal”.
2. Realice el cableado "Ejemplo 2" mostrado en "Cableado de la generación con cargas".
3. En el módulo controlador N-PSUB, coloque el interruptor "Modo de control"

en "Modo de control SCADA" tal y como se muestra en el apartado de Funcionamiento del controlador "Modo de control remoto"; permitiendo el control desde el software SCADA.

4. Vaya al apartado "Consideraciones importantes antes de trabajar con el SCADA." para verificar algunas cuestiones.
5. Abra el software SCADA y pulse el botón "START".

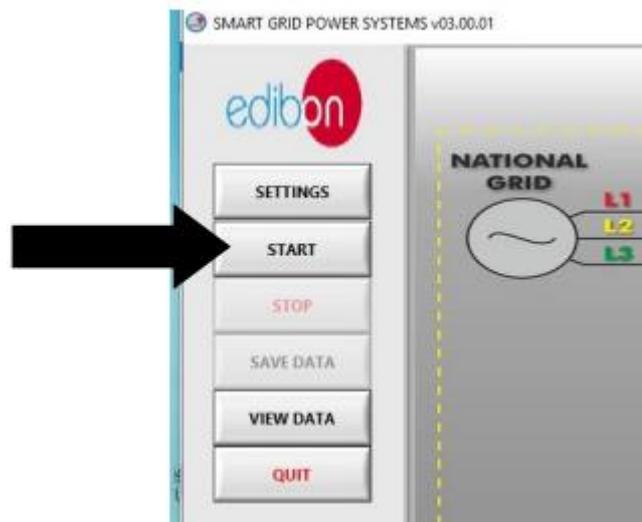


Figura 144: Inicio del software

6. Haga clic en "IR A SUBESTACIÓN DE POTENCIA" y siga la secuencia que se muestra en la siguiente imagen

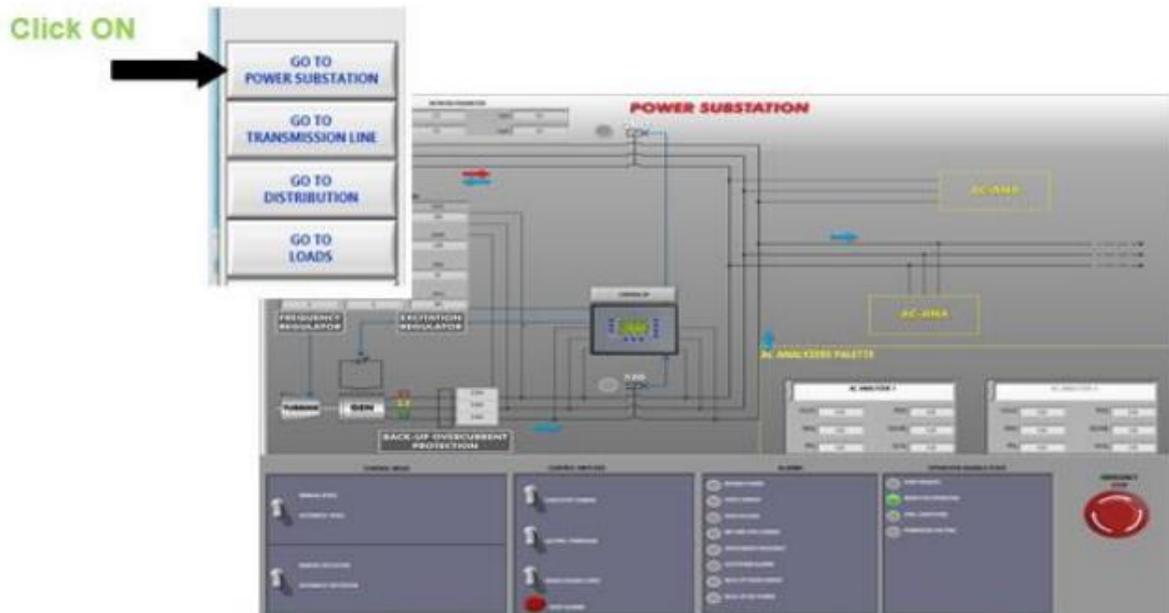


Figura 145: Haciendo clic en SUBESTACIÓN DE POTENCIA

7. Realice la secuencia mostrada en esta tabla para introducir la regulación manual de frecuencia y tensión desde el software SCADA:

INTERRUPTORES	POSICIÓN
Control de velocidad manual/automático	ARRIBA (Control manual de velocidad)
Control de excitación manual/automático	ARRIBA (Control de excitación manual)
Activar/Desactivar 52NET	ABAJO (Desactivar 52NET)
Arrancar/parar turbina	ABAJO (Turbina parada)
Permiso de sincronización 52G	ABAJO

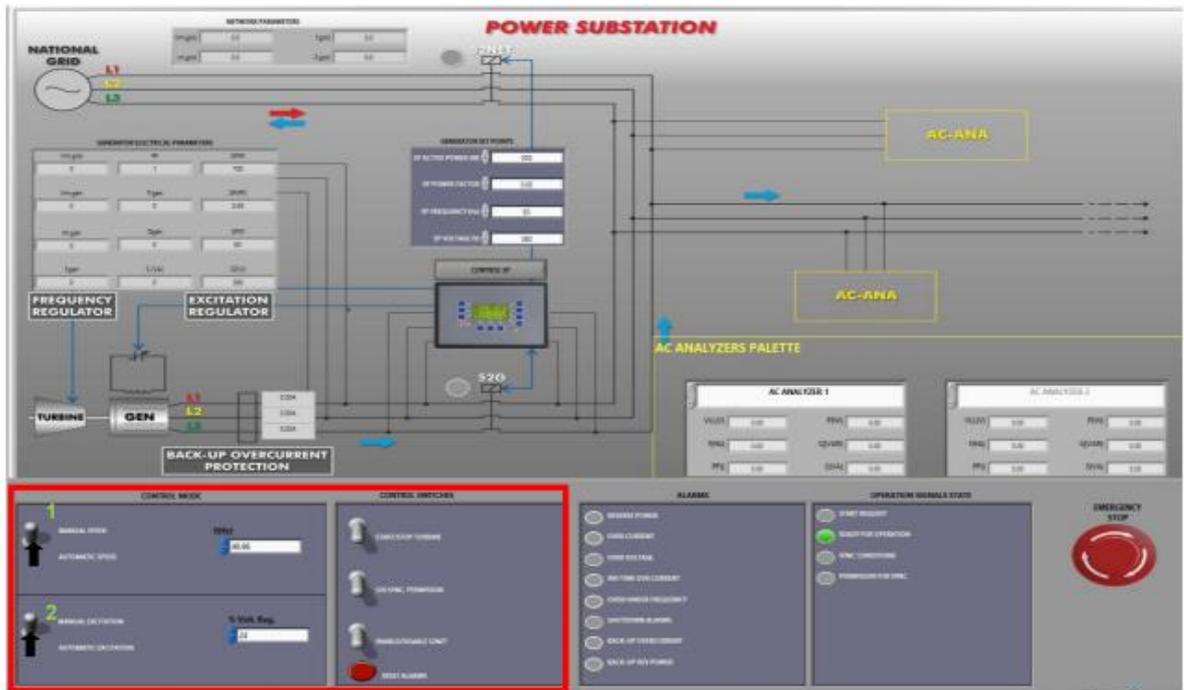


Figura 146: Posición de los interruptores del software para el control manual de la generación

- Ajuste la "frecuencia" y el "% Volt. Reg" a 50 Hz y 20% como se indica en la siguiente figura.

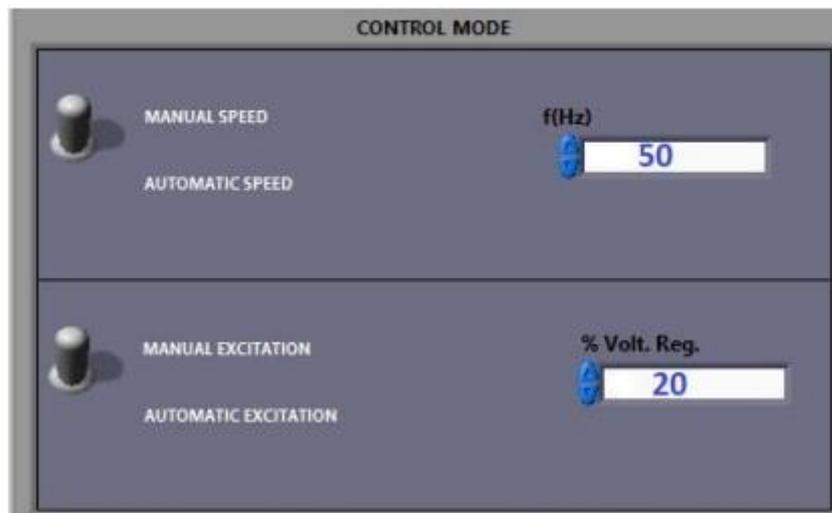


Figura 147: Ajuste de la frecuencia y del % de regulación de tensión

- Realice la secuencia indicada en esta tabla para arrancar la turbina con el

parámetro manual de frecuencia y tensión ajustado anteriormente:

INTERRUPTORES	POSICIÓN
Control de velocidad manual/automático	ARRIBA (Control manual de velocidad)
Control de excitación manual/automático	ARRIBA (Control de excitación manual)
Activar/Desactivar 52NET	ABAJO (Desactivar 52NET)
Arrancar/parar turbina	ARRIBA (Arrancar turbina)
Permiso de sincronización 52G	ABAJO

10. Preste atención en la visualización de los parámetros eléctricos del generador. Cuando el usuario pone en marcha la turbina, la pantalla de parámetros mostrará información importante sobre la tensión, frecuencia, corriente y potencias del generador.

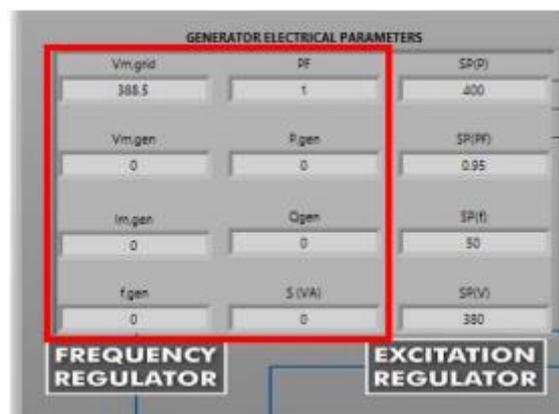


Figura 148. Parámetros eléctricos del generador Parámetros eléctricos del generador

11. Ahora, el grupo turbina-generador está en marcha y los parámetros de frecuencia y tensión deben estar próximos a los valores de ajuste manual introducidos anteriormente.

12. Para más información sobre el gráfico de evolución temporal de los parámetros de frecuencia y tensión, haga clic en "ABRIR VENTANA DE SEÑALES" y seleccione las variables a visualizar.



Figura 149: Haciendo clic en abrir ventana de señales

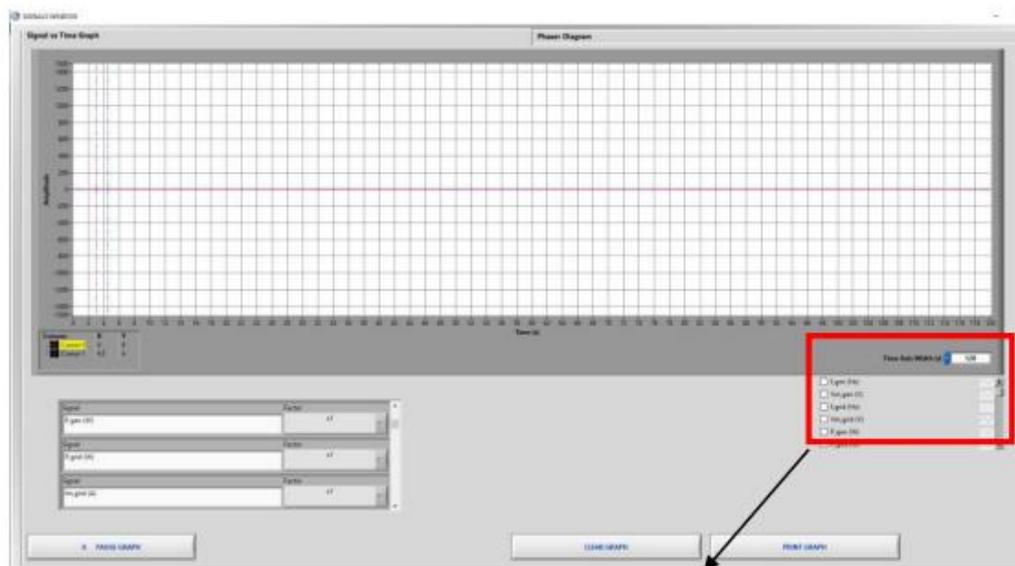


Figura 150: Gráfico temporal de parámetros eléctricos

13. Por favor, si fuera necesario, reajuste manualmente los valores de frecuencia y tensión para alcanzar los niveles deseados (50 Hz y 380 VAC).

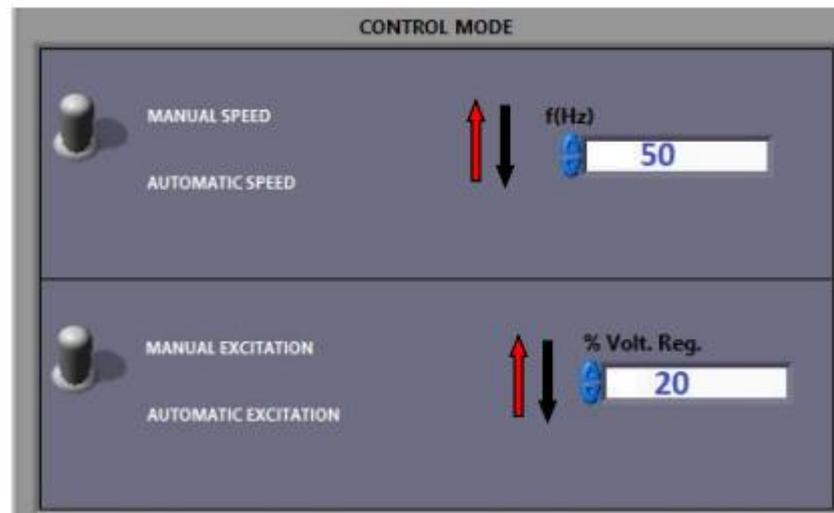


Figura 151: Reajuste de los parámetros manuales de frecuencia y tensión.

14. Cuando se alcancen las condiciones preestablecidas del generador (380-400V y 50Hz), el controlador intentará cerrar el interruptor 52G. El usuario lo sabrá porque la lámpara "SYNC CONDITIONS" del Estado de la señal de funcionamiento parpadeará.

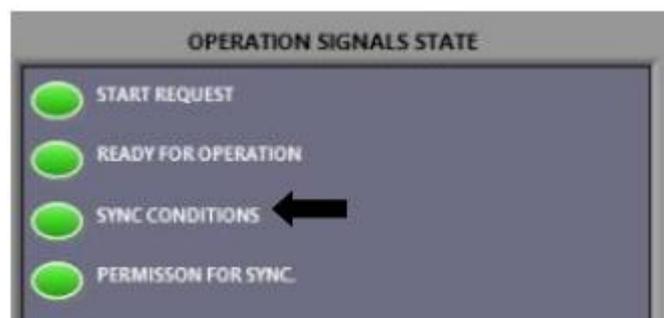


Figura 152: Condición de cierre del interruptor 52G

15. Dé permiso para cerrar el interruptor 52G pulsando sobre el interruptor 52G.

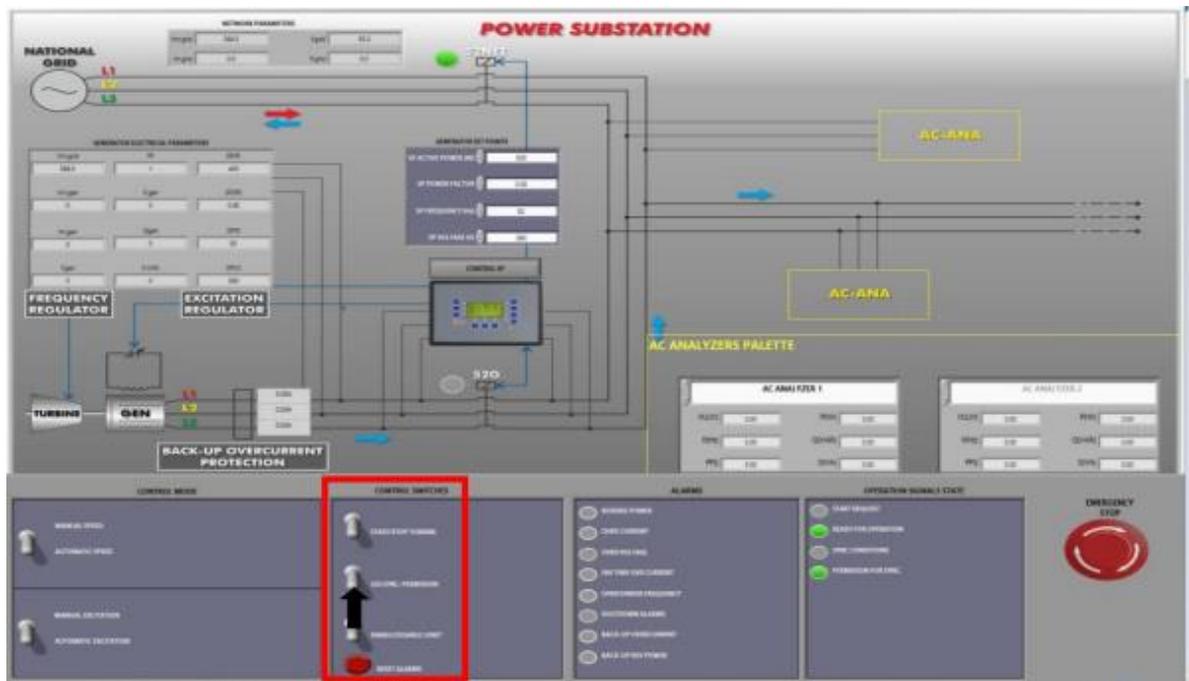


Figura 153: Dar permiso para cerrar el disyuntor 52G

Tenga en cuenta que cuando el usuario da permiso para cerrar el 52G, se enciende la señal "Permiso para sincronización" del estado Señales de funcionamiento.

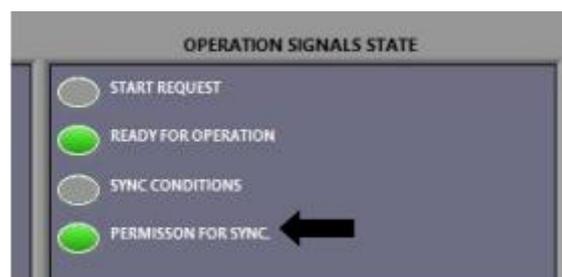


Figura 154: permiso para sincronizar

16.El interruptor 52G debe cerrarse automáticamente. El usuario puede observar el momento del cierre porque el disyuntor suena y la lámpara del software se enciende como se indica en la siguiente imagen.

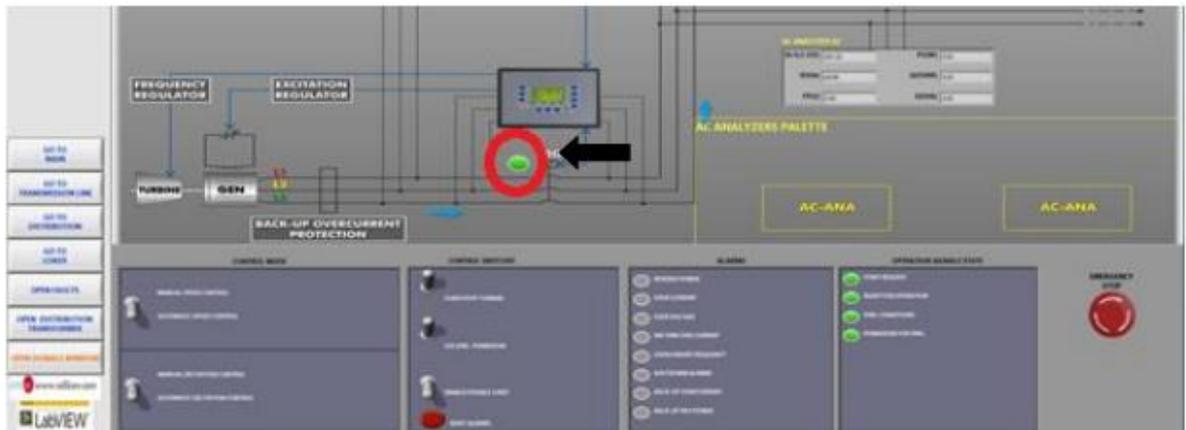


Figura 155: Disyuntor 52G cerrado

17. Ahora, el generador está en condiciones de suministrar energía a las cargas. Cierre progresivamente los interruptores de carga resistiva y observe desde el menú "VENTANA DE SEÑALES ABIERTAS" los diferentes parámetros eléctricos del generador como tensión, corriente, potencia activa, etc.

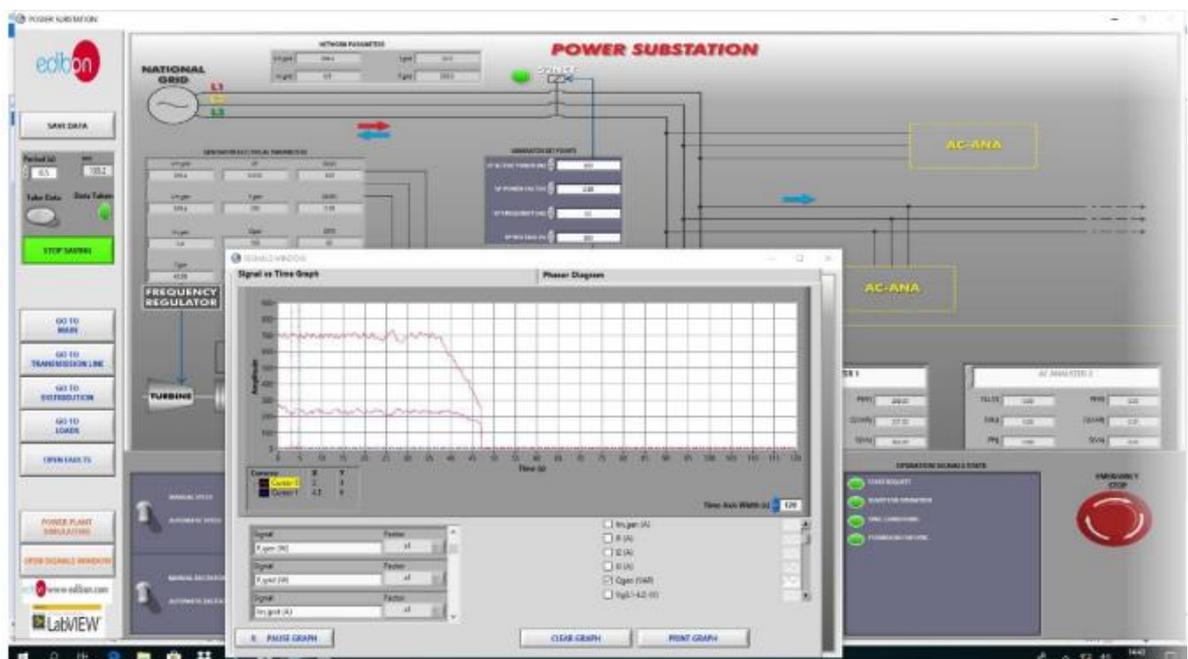


Figura 156: Funcionamiento autónomo. Alimentación del generador a las cargas

18. Ahora, vaya a la ventana "IR A CARGAS". Recuerde que los valores a

introducir en los huecos y la configuración de los bancos de carga son meramente informativos; vendrán determinados completamente por el cableado del hardware.

19. Realice, por ejemplo, una implementación en dos pasos de bancos resistivos. Para ello, ponga progresivamente en estado ON los interruptores correspondientes en el módulo de cargas resistivas. Observe en la paleta del analizador correspondiente el efecto de esto.

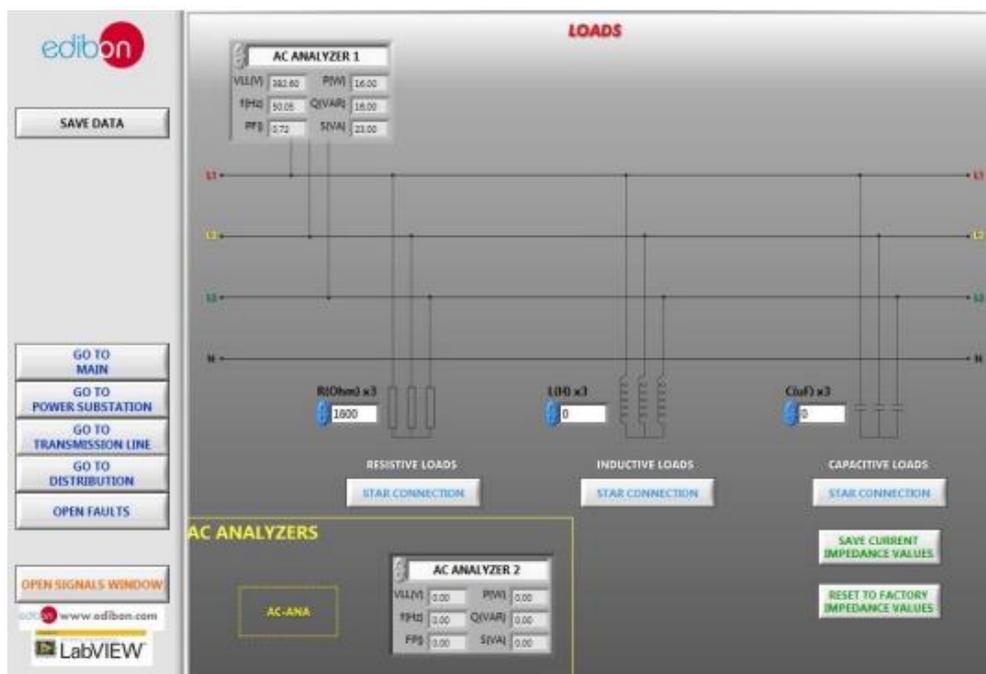


Figura 157. Pantalla de Cargas

20. Vaya a la "VENTANA DE SEÑALES ABIERTAS", " Gráfico Señal vs. Tiempo", y seleccione los parámetros que desea visualizar. Compruebe como el controlador corrige continuamente la tensión y la frecuencia proporcionando una potencia más suave hasta que las cargas se desconectan de nuevo.

21. No olvide realizar el paso descrito en el apartado "Apagado del software SCADA" para apagar el equipo.

7.5.2.4 Ejercicio práctico 8: Operación de sincronización del generador síncrono y la red, desde el software SCADA

7.5.2.4.1 Objetivo

El objetivo de este ejercicio práctico es realizar la sincronización del generador con la red eléctrica para la inyección de la potencia generada, mediante el software SCADA. De esta forma el usuario podrá conocer las condiciones necesarias para que la sincronización con la red eléctrica se realice correctamente y monitorizar este proceso de sincronización e inyección a red a través de las diferentes herramientas que proporciona el software. En este ejercicio práctico, el usuario adquirirá experiencia en tres aspectos:

1. Configuración de los valores automáticos de frecuencia y corriente de excitación. En este punto, el usuario configurará la frecuencia y la tensión de salida del generador de forma automática. Es muy importante fijar la frecuencia a 50/60 Hz según los parámetros nominales de la red del laboratorio.
2. Configuración SCADA para el control automático de frecuencia y tensión. Nótese que, en modo automático, es el controlador el que controla la frecuencia y la tensión del generador.
3. Variación de las consignas de potencia activa, factor de potencia, frecuencia y tensión inyectando potencia a la red.

7.5.2.4.2 Elementos necesarios

- N-ALI01. Fuente de alimentación industrial/Fuente de alimentación variable AC 3PH

- N-PPCM1. Control y Protección del Grupo Turbina-Generador Módulo 1.
- N-EALD. Unidad Analizadora de Red con Adquisición de Datos por Computadora (1 unidad)
- N-PSUB. Subestación de Generación de Energía Módulo 2.
- N-REFT/3C. Módulo de Resistencias Configurables Trifásico 3 x 300 W
- N-INDT/3C. Módulo de Inductancias Configurables Trifásico 3 x 300 VAr
- N-CAR19T/3C. Módulo de Condensadores Configurables Trifásicos 3 x 300 VAr
- EMT6/1K. Generador Síncrono Trifásico 1kW/1P
- SERV01. Servomotor CA 1

7.5.2.4.3 Procedimiento

1. Lee las “PRINCIPALES INSTRUCCIONES, ADVERTENCIAS Y PRECAUCIONES” antes de empezar con el ejercicio práctico y realice las conexiones del grupo generador y de la fuente de alimentación principal, tal y como se indica en los apartados de montaje de cables “Conexiones del grupo servomotor-generador” y “Conexiones de la alimentación principal”.
2. Realice el cableado "Opción 2" mostrado en "Cableado de los instrumentos de medición".
3. En el módulo controlador N-PSUB, coloque el interruptor "Modo de control"

en "Modo de control SCADA" tal y como se muestra en el apartado de Funcionamiento del controlador "Modo de control remoto"; permitiendo el control desde el software SCADA.

4. Vaya al apartado "Consideraciones importantes antes de trabajar con el SCADA." para verificar algunas cuestiones.
5. Abra el software SCADA y pulse el botón "START".

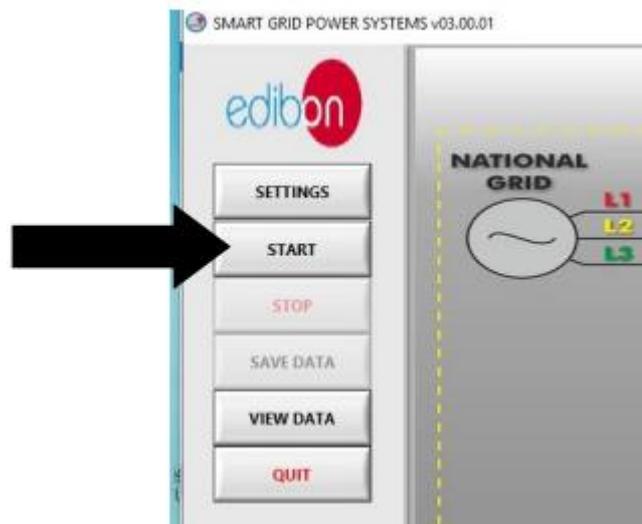


Figura 158: Inicio del software

6. Haga clic en "IR A SUBESTACIÓN DE POTENCIA" y siga la secuencia que se muestra en la siguiente imagen

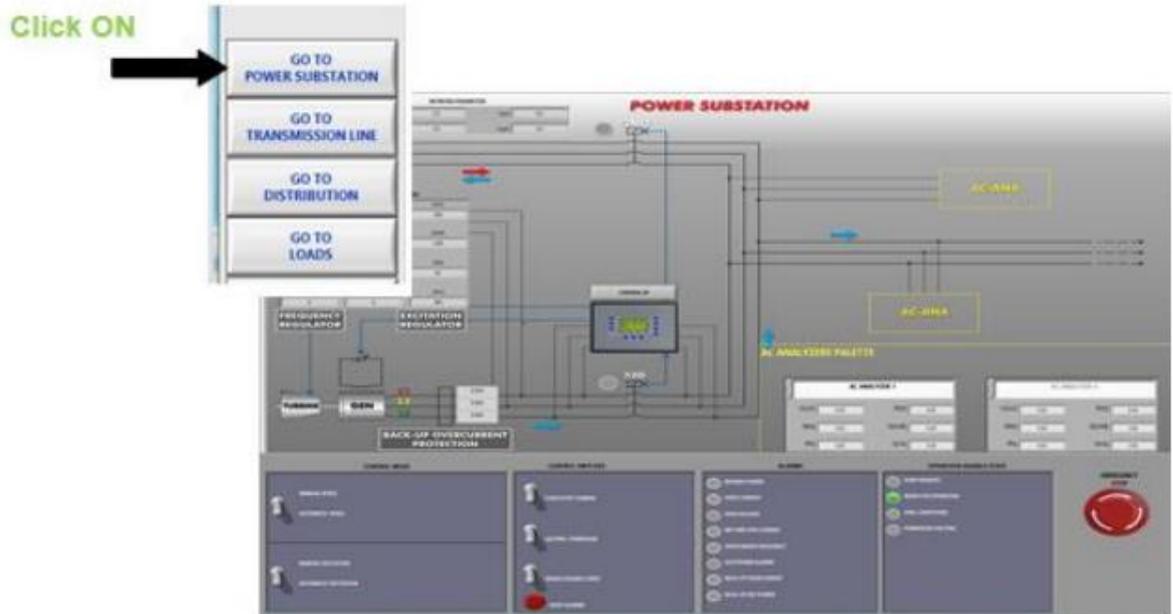


Figura 159: Haciendo clic en SUBESTACIÓN DE POTENCIA

- De click en “CONTROL SP” para fijar los set points del controlador del generador

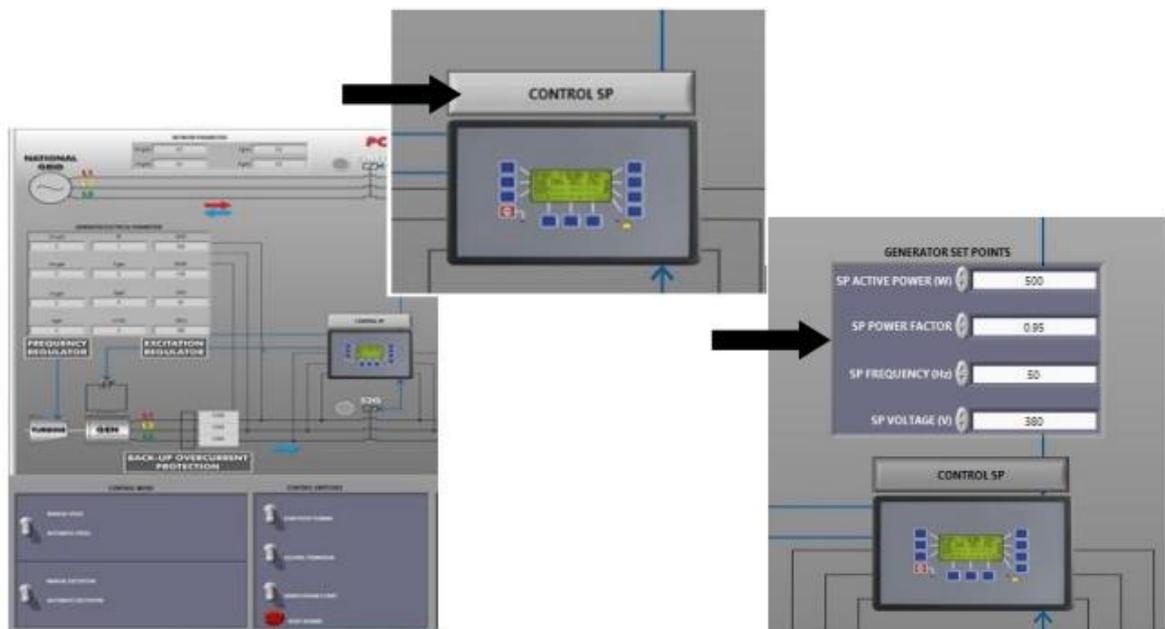


Figura 160: Dando click en CONTROL SP

8. Introduzca los valores de consigna deseados, pero siempre respetando los valores nominales del generador y de la red. Por ejemplo, si la tensión de la red es de 380 VAC y su frecuencia de 50 Hz, las consignas adecuadas son las siguientes:

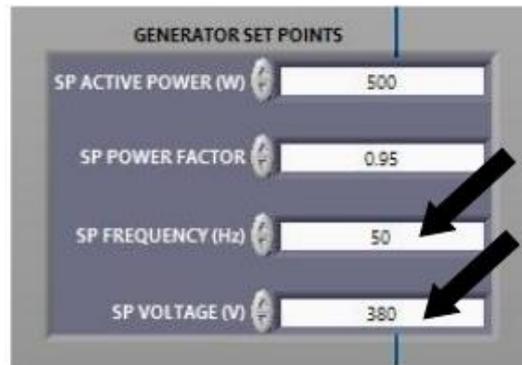


Figura 161: Ajuste en los puntos de consigna de frecuencia y tensión

NOTA IMPORTANTE: los cuatro puntos de consigna indicados en la pantalla de Puntos de consigna del generador se aplican en diferentes situaciones de funcionamiento. Depende del estado de los interruptores 52NET.

a) Situación 1: el generador va a trabajar en funcionamiento autónomo. Esto significa que el interruptor 52NET está en posición abierta. En esta situación sólo funcionan las consignas de frecuencia y tensión.

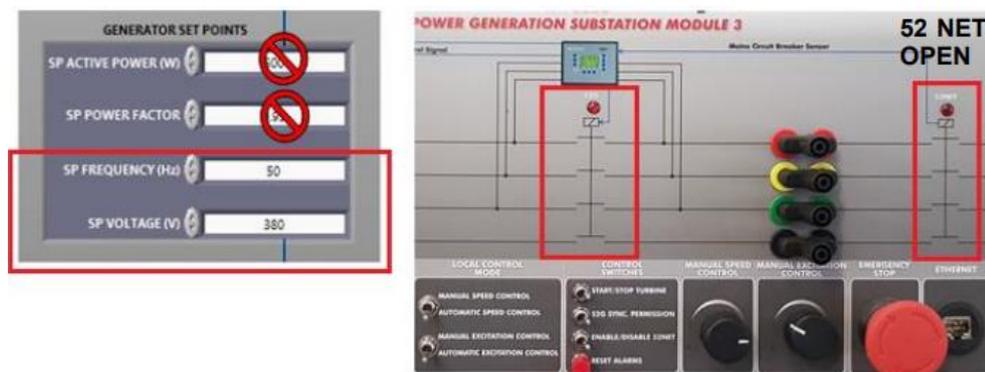


Figura 162: Funcionamiento de los puntos de ajuste

b) Situación 2: el generador va a trabajar en sincronismo con la red. Esto significa que el disyuntor 52NET debe colocarse en posición cercana. En esta situación, todos los puntos de ajuste están habilitados.

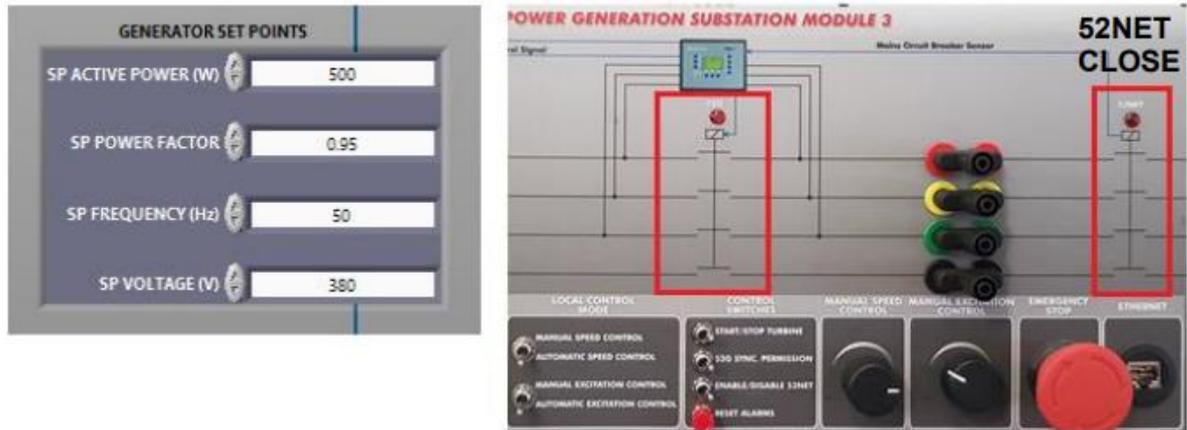


Figura 163: Funcionamiento de los puntos de ajuste

9. Una vez introducidos los puntos de consigna, el controlador recibe los nuevos valores y se actualiza la pantalla Parámetros eléctricos del generador.

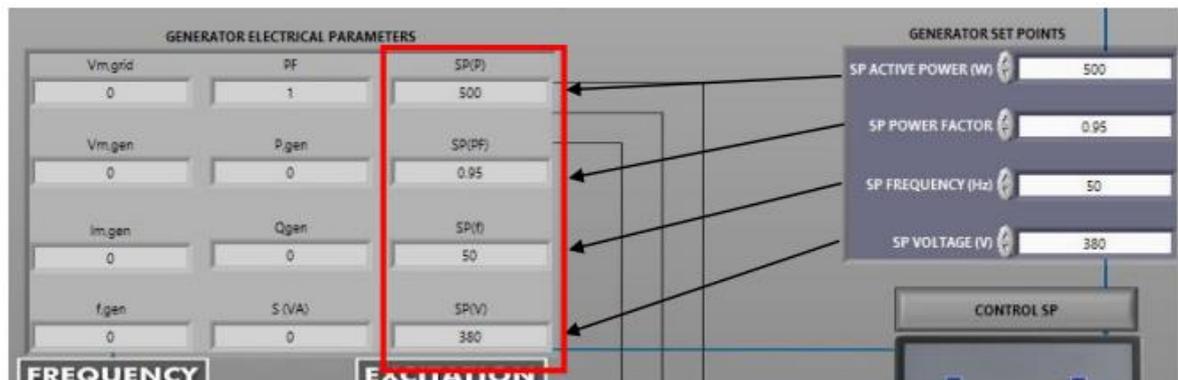


Figura 164: Transferencia de puntos de ajuste

10. Realice la secuencia indicada en esta tabla para controlar y sincronizar automáticamente el grupo motor-generador desde el software SCADA:

INTERRUPTORES	POSICIÓN
Control de velocidad manual/automático	ABAJO (Control automático de velocidad)
Control de excitación manual/automático	ABAJO (Control de excitación automático)
Activar/Desactivar 52NET	ARRIBA (Activar 52NET)
Arrancar/parar turbina	ARRIBA (Arrancar turbina)
Permiso de sincronización 52G	ABAJO

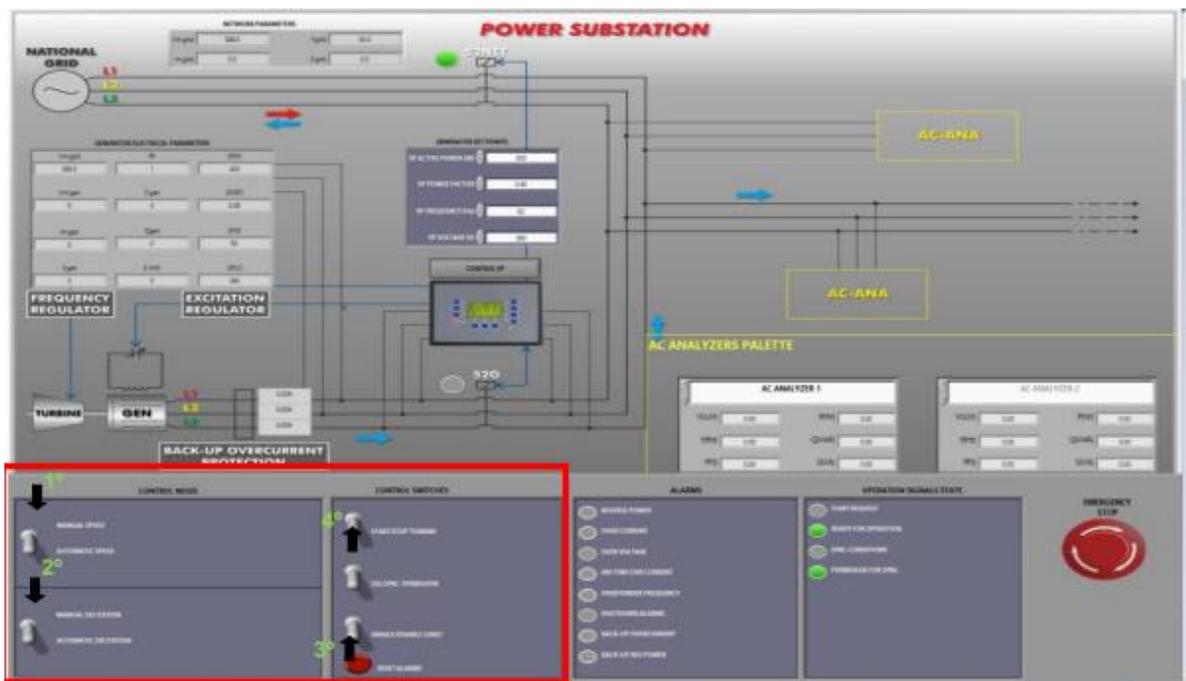


Figura 165: Posición de los interruptores de software para el control automático de la generación

11. Preste atención en la visualización de los parámetros eléctricos del generador. Cuando el usuario pone en marcha la turbina, la pantalla de parámetros mostrará información importante sobre la tensión, frecuencia, corriente y potencias del generador.

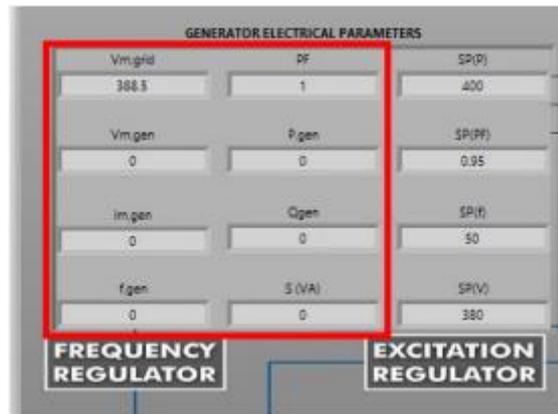


Figura 166. Parámetros eléctricos del generador

12. Ahora, el grupo turbina-generador está funcionando y los parámetros de frecuencia y tensión deben estar cerca de los puntos de ajuste de tensión y frecuencia introducidos anteriormente. En este punto, el controlador está regulando la velocidad y la excitación del grupo turbina-generador para que la tensión y la frecuencia del generador estén lo más cerca posible de las de la red.

13. Para más información sobre el gráfico de evolución temporal de los parámetros de frecuencia y tensión, haga clic en "ABRIR VENTANA DE SEÑALES" y seleccione las variables a visualizar.



Figura 167: Haciendo clic en abrir ventana de señales

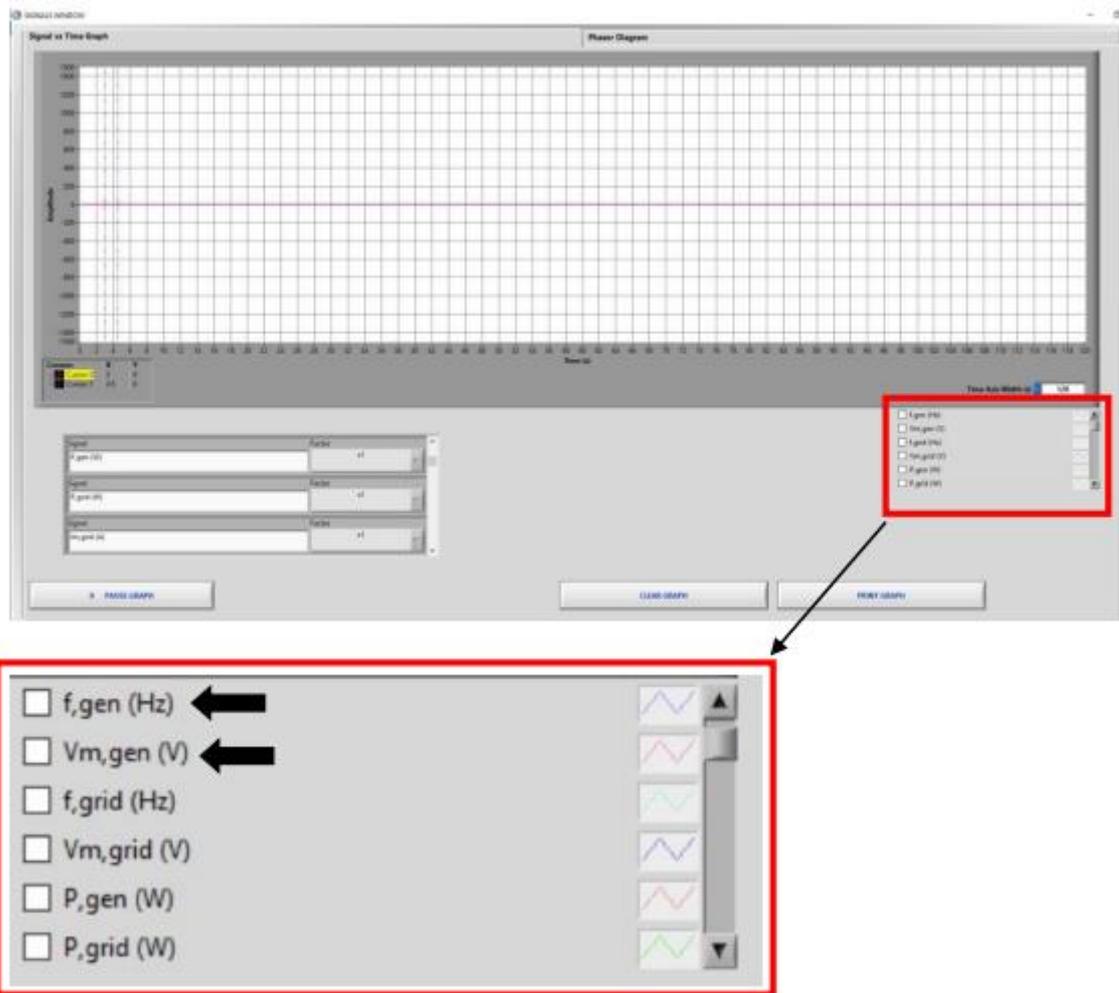


Figura 168: Gráfico temporal de parámetros eléctricos

14. Cuando se alcancen las condiciones preestablecidas del generador (380-400V y 50Hz), el controlador intentará cerrar el interruptor 52G. El usuario lo sabrá porque la lámpara "SYNC CONDITIONS" del Estado de Señal de Operación parpadeará.

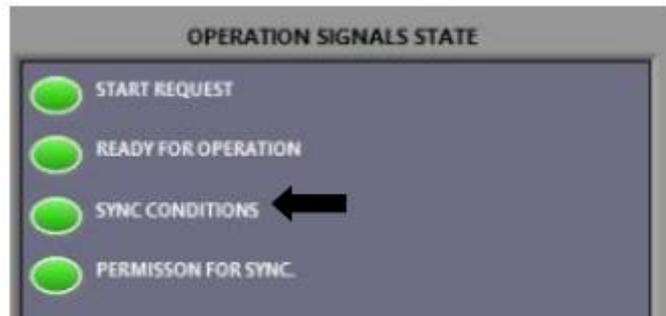


Figura 169: Condición de cierre del interruptor 52G

15. Dé permiso para cerrar el disyuntor 52G haciendo clic en el interruptor 52G.

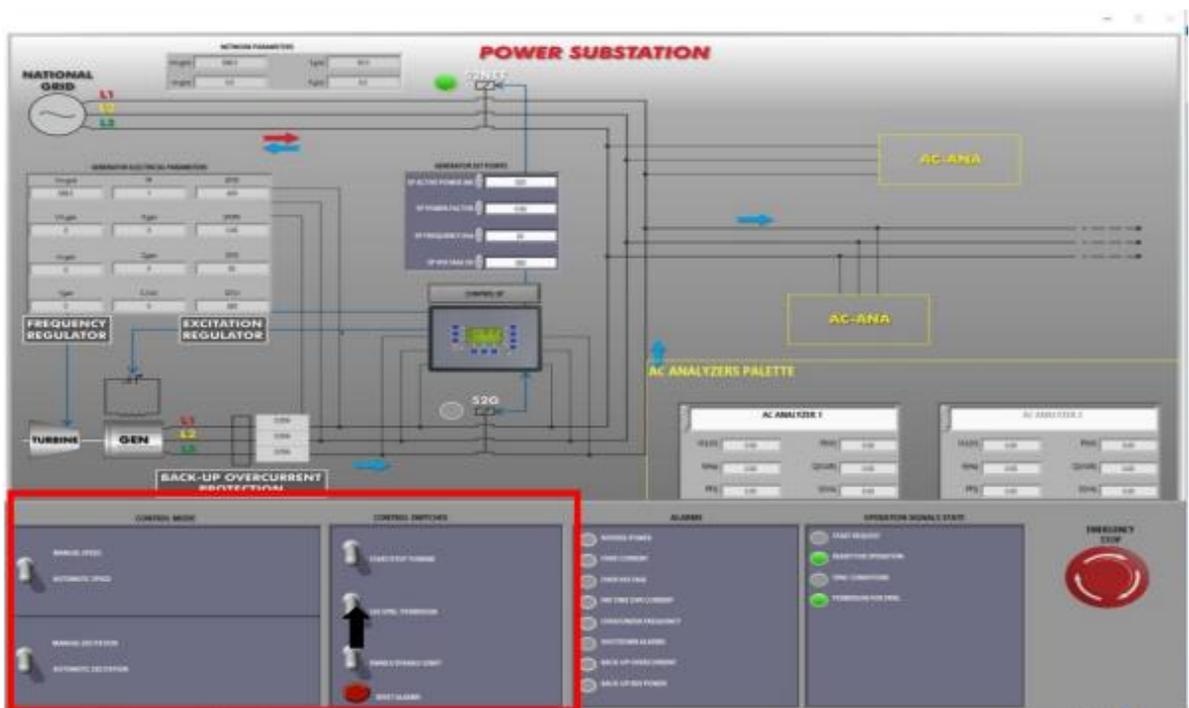


Figura 170: Dar permiso para cerrar el interruptor 52G

Tenga en cuenta que cuando el usuario dé permiso para cerrar el 52G, se encenderá la señal de "Permiso para sincronización" del estado Señales de funcionamiento.

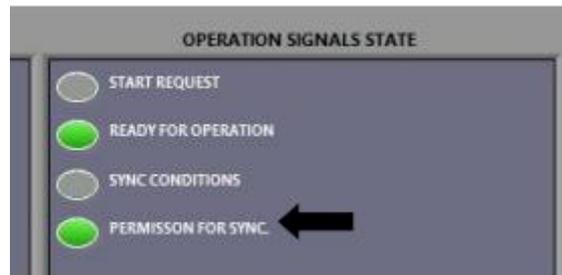


Figura 171. Permiso para sincronización Permiso para sincronizar

16.El interruptor 52G debe cerrarse automáticamente. El usuario puede observar el momento del cierre porque el disyuntor suena y la lámpara del software se enciende.



Figura 172: Interruptor 52G cerrado

17.Ahora, el generador está en condiciones de suministrar potencia a la red. Progresivamente se puede modificar la consigna de potencia activa para analizar las ondas de potencia del generador. Observe desde el menú "VENTANA DE SEÑALES ABIERTAS" los diferentes parámetros eléctricos del generador como tensión, intensidad, potencia activa, etc.

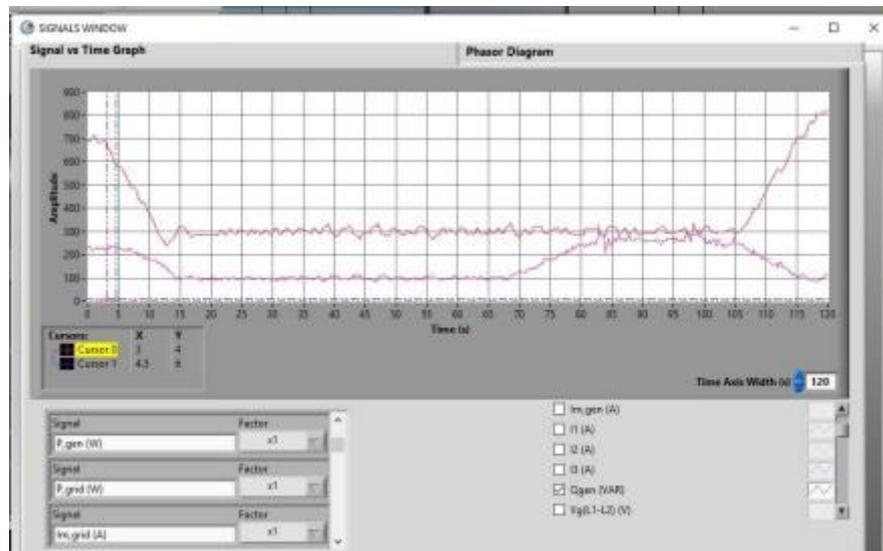


Figura 173: Funcionamiento en paralelo con la red. Generador suministrando a la red.

18.No olvide realizar el paso descrito en el apartado “Apagado del software SCADA” para apagar el equipo.

7.5.2.5 Ejercicio práctico 9: Operación de sincronización del generador síncrono y la red, desde el software SCADA, y almacenamiento de datos

7.5.2.5.1 Objetivo

El objetivo de este ejercicio práctico es realizar la sincronización del generador con la red eléctrica para la inyección de la potencia generada, mediante el software SCADA. Además, se va a cablear el sistema de potencia completo para tomar experiencia manejando todos los módulos. Además, el usuario conocerá la función de ahorro de datos integrada en el SCADA. En este ejercicio práctico, el usuario tomará experiencia en los siguientes aspectos:

1. Salvaguarda de datos.
2. Comprensión de las condiciones necesarias para la sincronización con la red.
3. Visualización de los parámetros eléctricos en los nodos
4. Analizar los flujos de potencia en el sistema.
5. Variación de la potencia activa, el factor de potencia, la frecuencia y las consignas de tensión inyectando potencia en la red.

7.5.2.5.2 Elementos necesarios

- N-ALI01. Fuente de alimentación industrial/Fuente de alimentación variable AC 3PH
- N-PPCM1. Control y Protección del Grupo Turbina-Generador Módulo 1.
- N-EALD. Unidad Analizadora de Red con Adquisición de Datos por

Computadora (1 unidad)

- N-PSUB. Subestación de Generación de Energía Módulo 2.
- EMT6/1K. Generador Síncrono Trifásico 1kW/1P
- SERV01. Servomotor CA 1

7.5.2.5.3 Procedimiento

1. Lee las “PRINCIPALES INSTRUCCIONES, ADVERTENCIAS Y PRECAUCIONES” antes de empezar con el ejercicio práctico y realice las conexiones del grupo generador y de la fuente de alimentación principal, tal y como se indica en los apartados de montaje de cables “Conexiones del grupo servomotor-generador” y “Conexiones de la alimentación principal”.
2. Realizar el cableado **EJEMPLO 1** de las cargas mostradas en “Cableado de la generación con cargas”
3. Llevar afuera el alambrado de “**N-EALD2 Opción 2**” mostrado en “Cableado de los instrumentos de medición”
4. En el módulo N-PSUB, cambie el "Modo de control" a 'Control por SCADA' como se muestra en la operación del controlador en la sección “Modo de control remoto”
5. Vaya a “”Consideraciones importantes antes de trabajar con el SCADA. para verificar algunas preguntas.
6. Abierto el SCADA software y prensa el botón "COMENZAR".

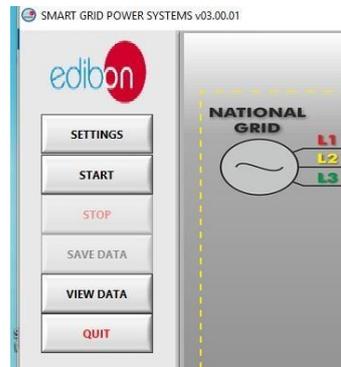


Figura 174: Arrancando el software

- Haga clic en “GUARDAR DATOS”, seleccione el período de adquisición de datos, haga clic en “INICIAR GUARDARO” y guarde el archivo.

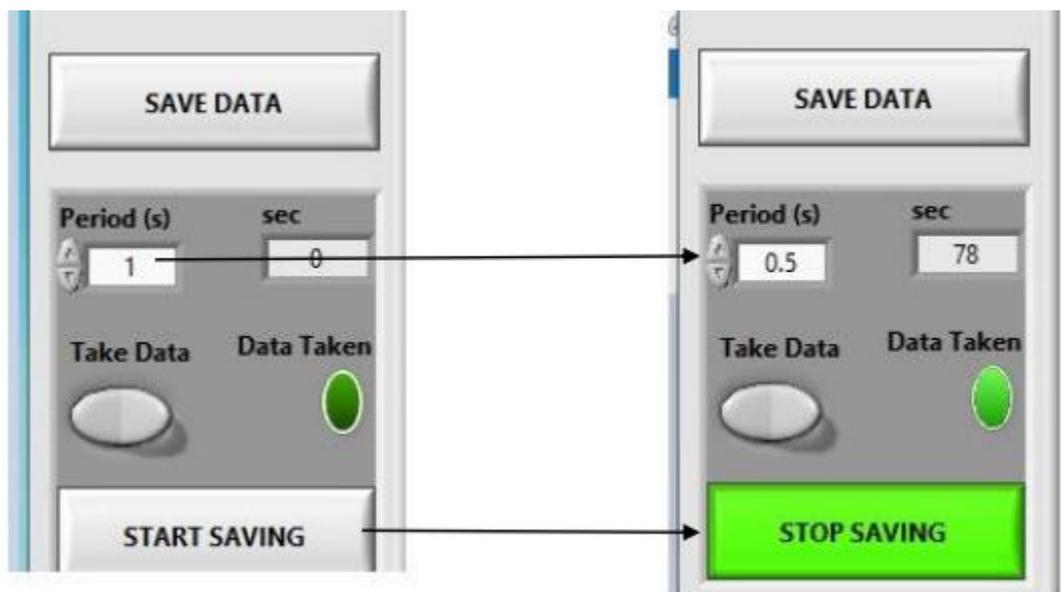


Figura 164: almacenamiento de datos

- Haga clic en "IR A SUBESTACIÓN DE POTENCIA” y siga la secuencia mostrada en la siguiente imagen:

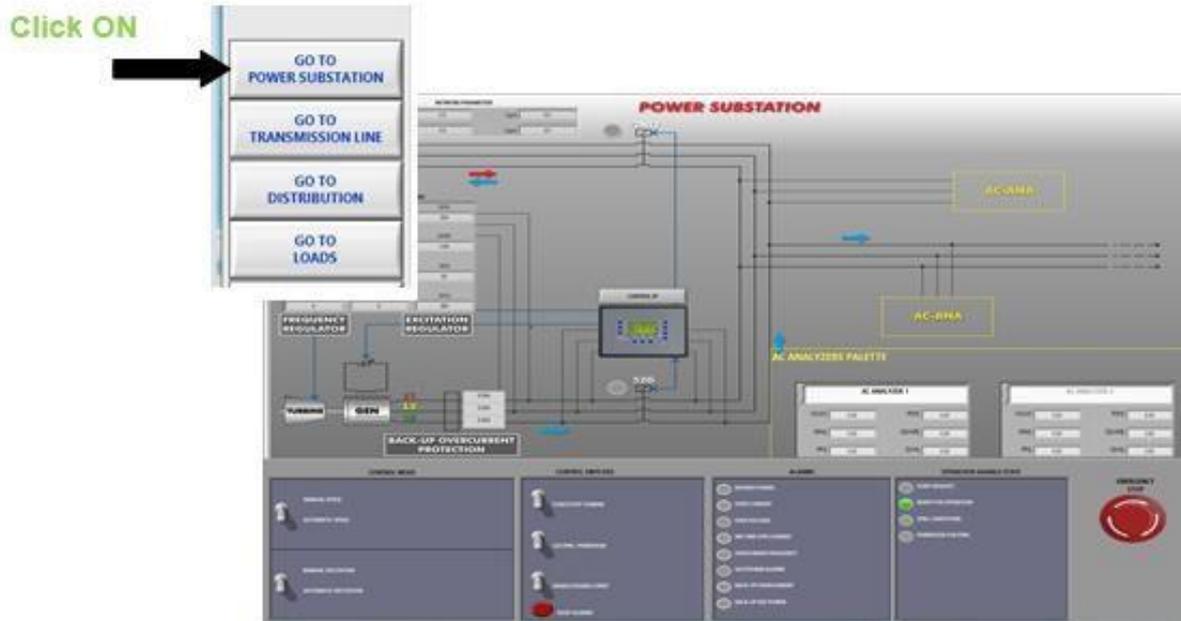


Figura 175: Haciendo clic en SUBESTACIÓN DE POTENCIA

- Hacer clic en “CONTROLAR SP” establecer los Set points del controlador del generador:

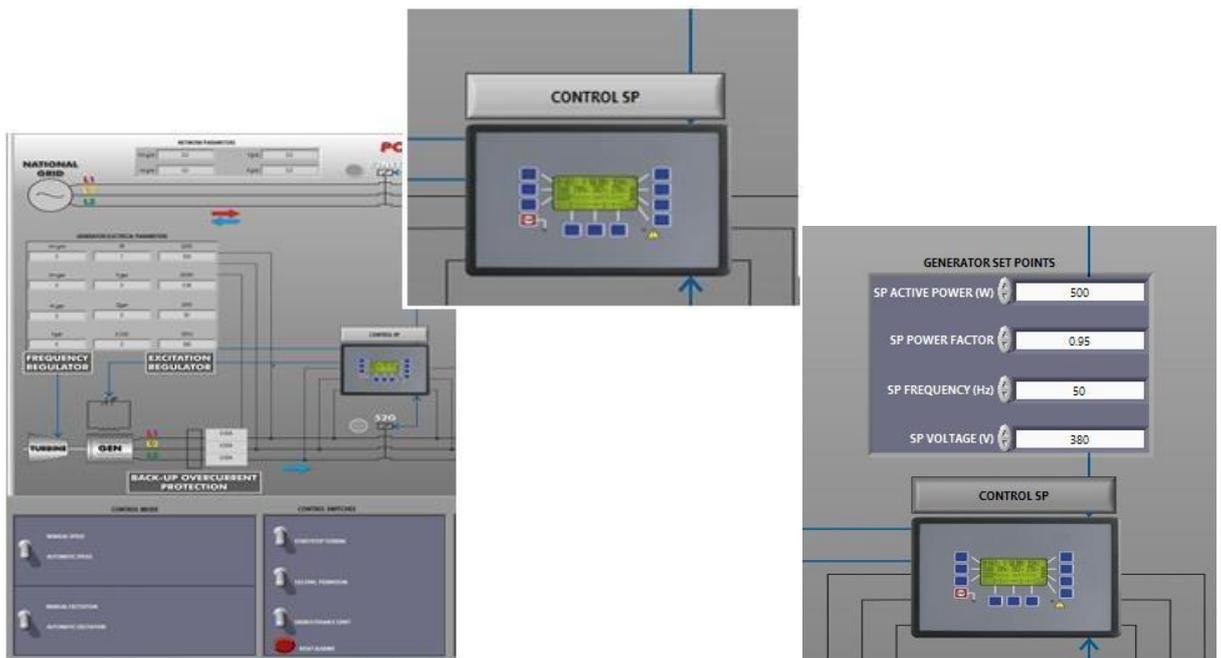


Figura 176: Haciendo clic en CONTROL SP

10. Introducir los valores de set point deseados pero siempre respetando los valores nominales de el generador y el red. Por ejemplo, si la red el voltaje es 380 VAC y es frecuencia es 50 Hz, los puntos correctos son los siguientes:

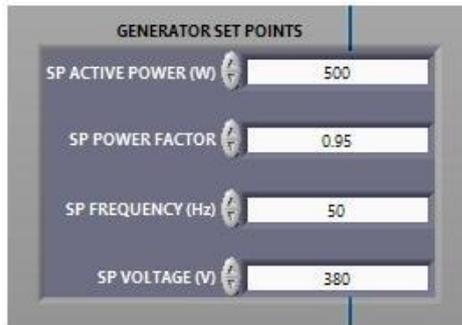


Figura 177: Configuración en el frecuencia y Voltaje Colocar Puntos

NOTA IMPORTANTE: los cuatro puntos de ajuste indicados en la pantalla Puntos de ajuste del generador se aplican en diferentes situaciones operativas. Depende del estado del interruptor 52NET.

Situación 1: el generador va a trabajar en funcionamiento aislado. Esto significa que el disyuntor 52NET está en posición abierta. Sólo en esta situación funcionan los set points de frecuencia y Voltaje al tiempo.

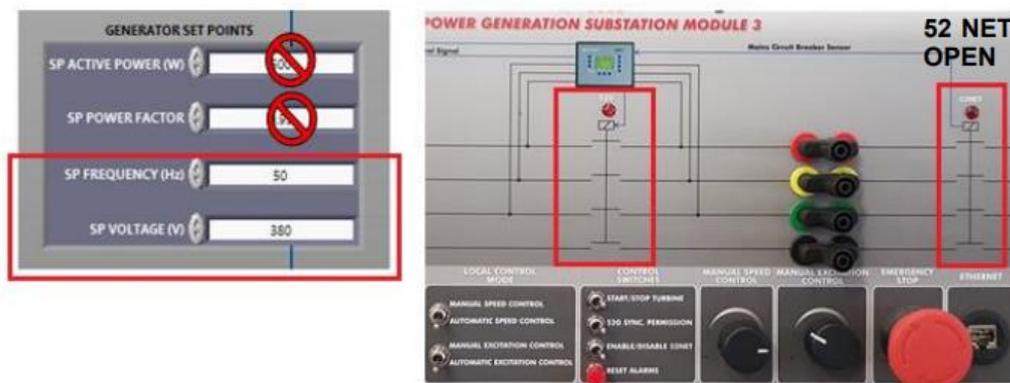


Figura 178: Configuración puntos operación 1

Situación 2: el generador va a trabajar en sincronismo con la red. Esto significa que el disyuntor 52NET debe colocarse en posición cerrada. En esta solo funcionan los set points de tensión y frecuencia.

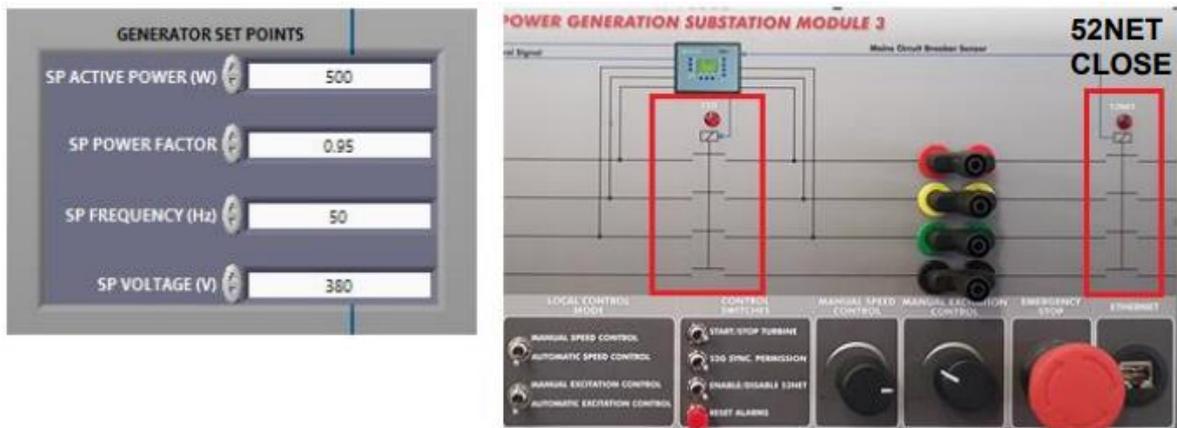


Figura 179: Configuración puntos operación 2

11. En este ejercicio práctico el usuario trabajará en la situación 2. El propósito es sincronizar con la red e inyectarle energía. Además, el usuario puede comparar la potencia total producida por el generador, la potencia consumida por las cargas, y la potencia inyectada en el red.

12. Una vez que se ingresan los puntos de ajuste, el controlador recibe los nuevos valores y el display de los parámetros del Generador Eléctrico se actualizan.

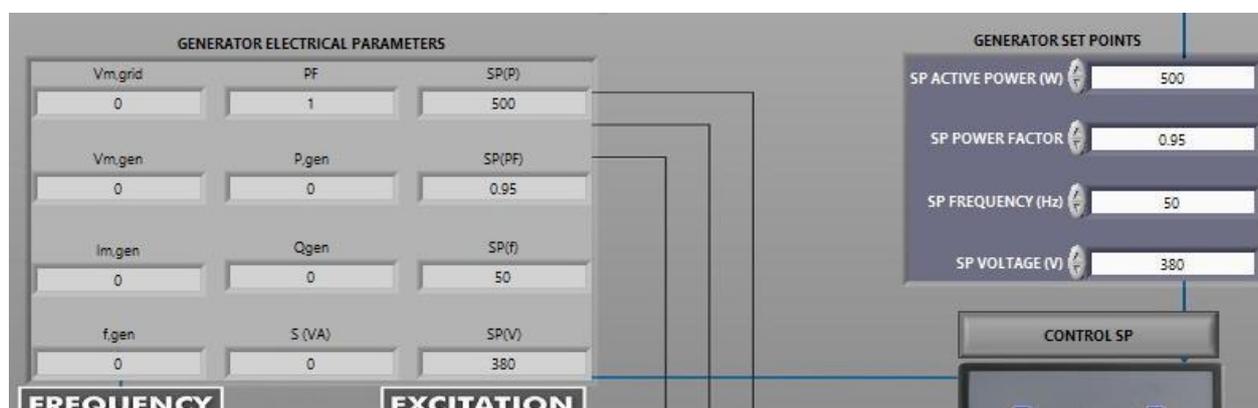


Figura 180: Configuración puntos transferencia

13.Llevar a cabo la secuencia mostrada en esta tabla para sincronizar automáticamente el grupo motor-generator desde el SCADA:

INTERRUPTORES	POSICIÓN
Manual/Automático Velocidad Control	ABAJO (Control automático de velocidad)
Manual/Automático Excitación Control	ABAJO (Control automático de excitación)
Habilitar/deshabilitar 52NET	ARRIBA (Permitir 52NET)
52G Sincronización Permiso	ABAJO
Iniciar/Parar Turbina	ARRIBA (Arrancar Turbina)

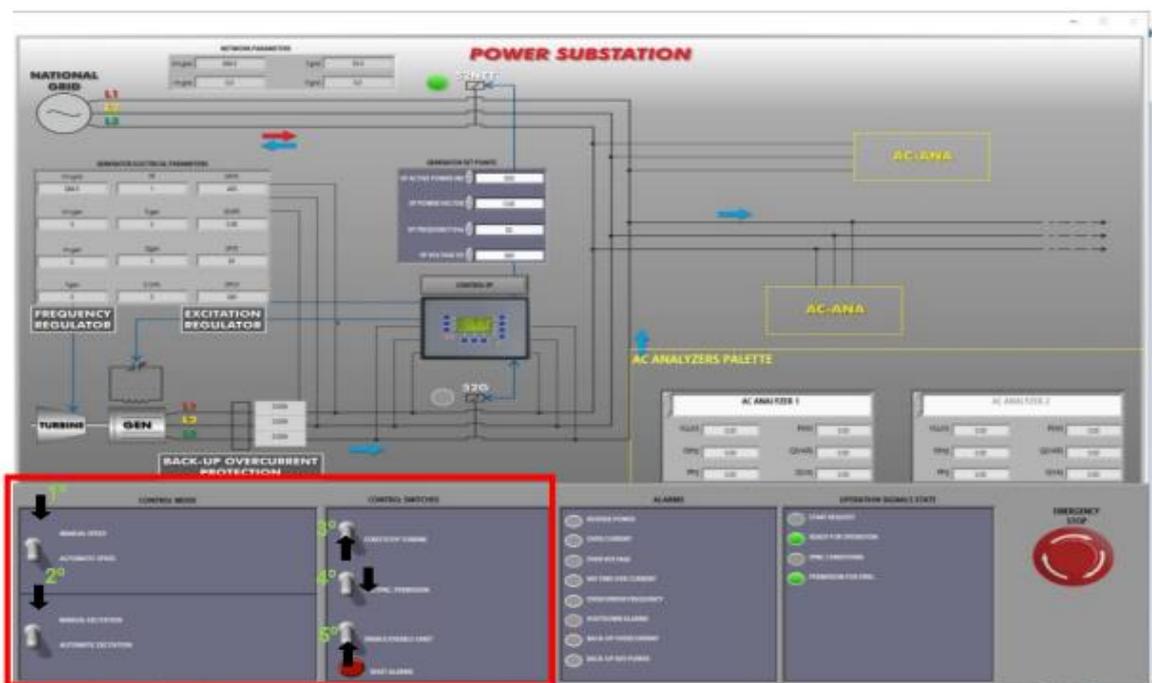


Figura 181: Posición de los interruptores de software para el control automático de la generación

14.Preste atención a la visualización de los parámetros eléctricos del generador. Cuando el usuario arranca la turbina, los parámetros de visualización mostrarán información importante sobre el generador: Voltaje, frecuencia, corrientes y

potencias.

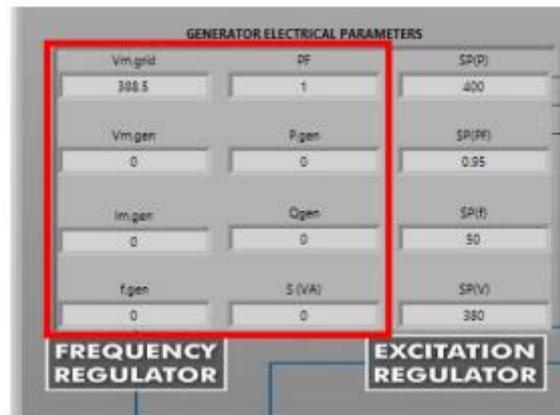


Figura 182: Parámetros eléctricos del generador

15. Ahora, el grupo turbina-generador está funcionando y los parámetros de frecuencia y el voltaje deben ser cercanos a el Voltaje y Frecuencia Preestablecidos
16. Observe que la tensión de la red ($V_{m,grid}$) y del generador ($V_{m,gen}$) deben ser similares. Esto se debe a que el controlador está regulando automáticamente la excitación del generador para que las tensiones de la red y del generador sean iguales. Lo mismo ocurre con la frecuencia. El controlador está regulando automáticamente la velocidad del servomotor para conseguirla.
17. Se recomienda ir al menú sincroscopio para ver el proceso de sincronización. Pulse en el siguiente enlace para recordar la navegación por el controlador del generador "Sincroscopio".
18. Para más información sobre el gráfico de evolución temporal de los parámetros de frecuencia y tensión, pulse sobre "ABRIR VENTANA DE SEÑALES" y seleccione las variables a visualizar.



Figura 183: Pinchando en abrir ventana de señales

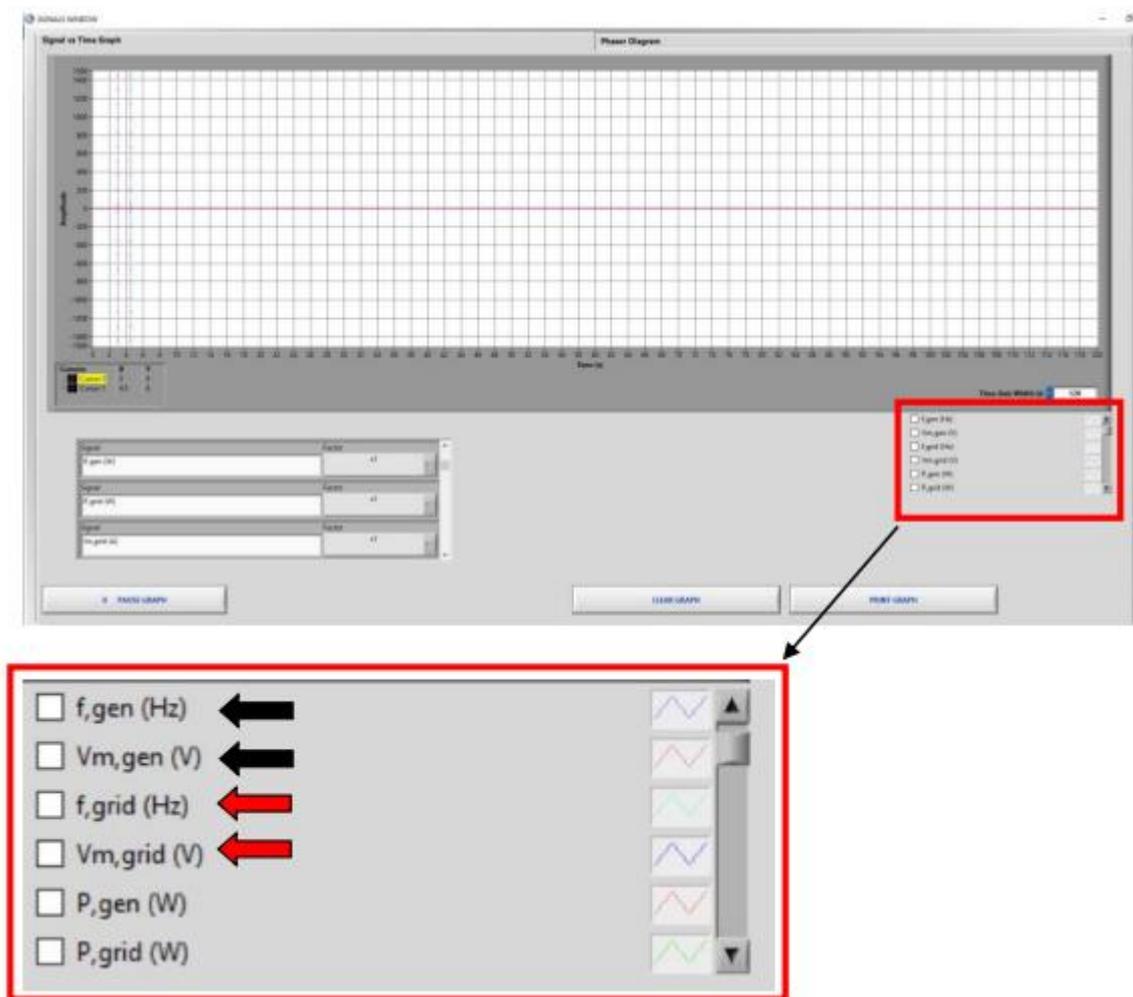


Figura 184: Gráfico temporal de parámetros eléctricos

19. Cuando se alcancen las condiciones preestablecidas del generador (380-400V y 50Hz), el controlador intentará cerrar el interruptor 52G. El usuario lo sabrá

porque la lámpara "SYNC CONDITIONS" del Estado de señal de funcionamiento parpadeará. Figura 175: Condición de cierre del interruptor 52G

20. Dar permiso para cerrar el interruptor 52G pulsando sobre el interruptor 52G.

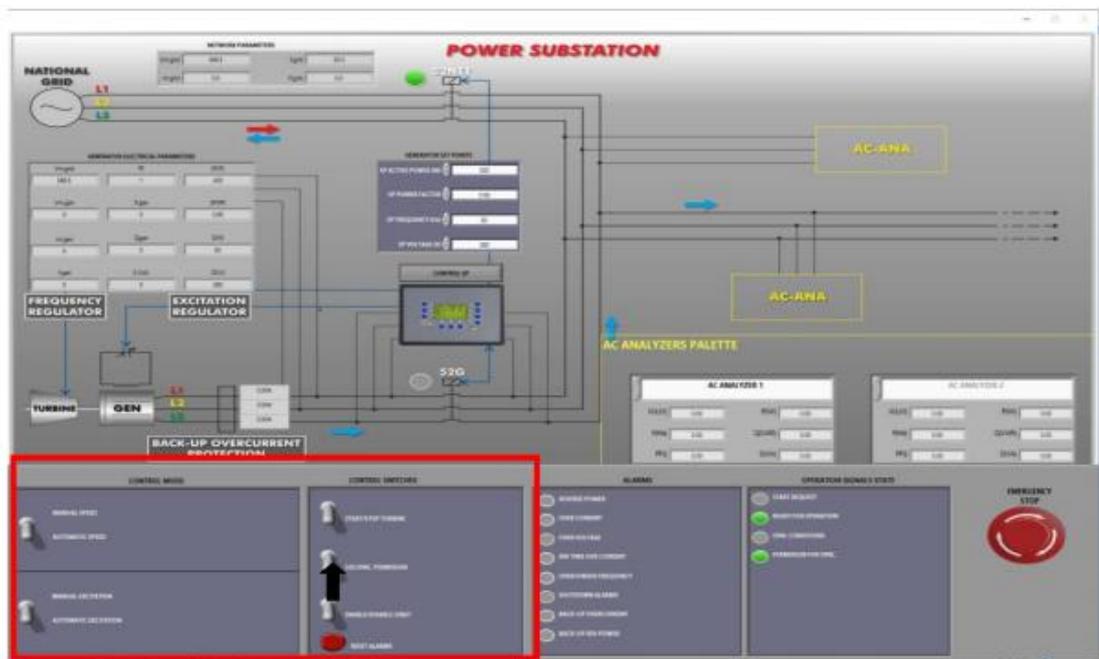


Figura 185: Dar permiso para cerrar el disyuntor 52G

Observe que cuando el usuario da permiso para cerrar el 52G, se enciende la señal de "Permiso para Sincronización" del estado Señales de funcionamiento.



Figura 186. Permiso para sincronización

21.El interruptor 52G debe cerrarse automáticamente. El usuario puede observar el momento del cierre porque el disyuntor suena y la lámpara de software se enciende.

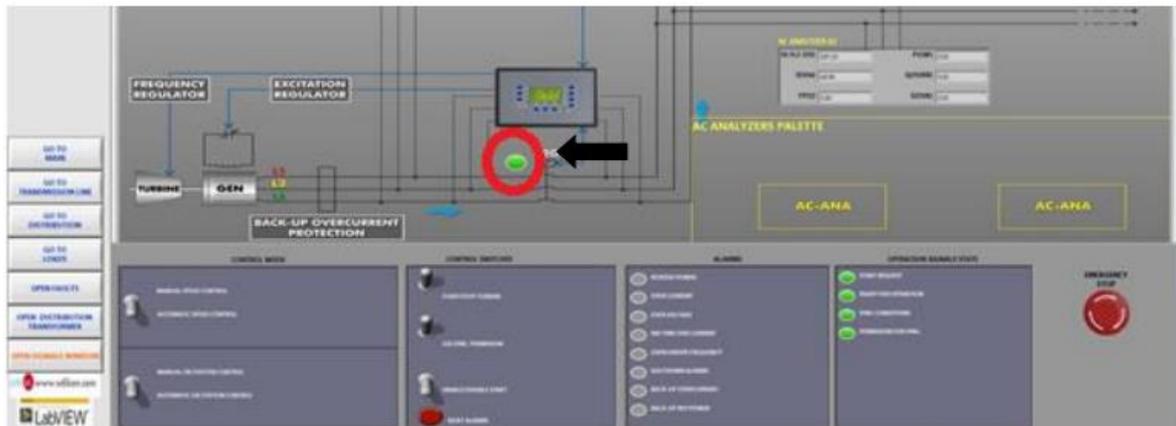


Figura 187: Interruptor 52G cerrado

22.Ahora, el generador está en condiciones de suministrar energía a la red. Recuerde que los Puntos de Ajuste de Potencia Activa y Factor de Potencia sólo funcionan cuando se consigue la sincronización (interruptores 52G y 52NET cerrados). En este punto, el usuario puede variar estos dos puntos de ajuste y observar los gráficos de evolución temporal de la potencia activa y la potencia reactiva.

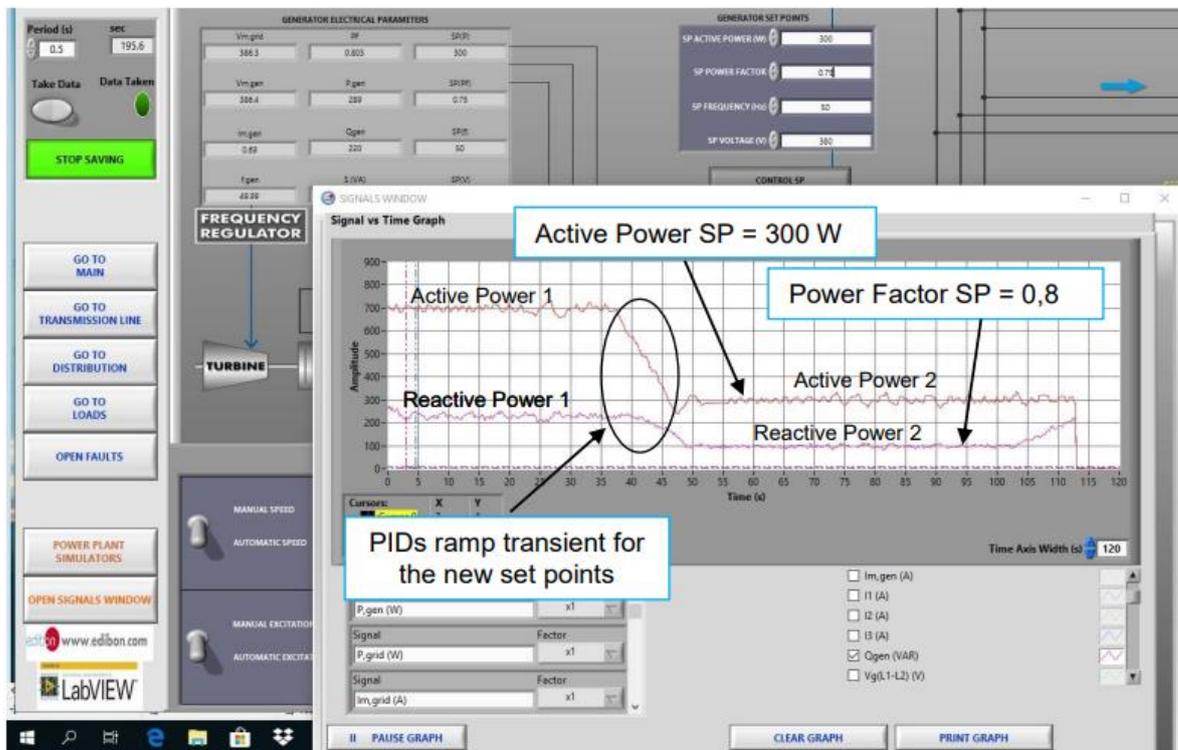
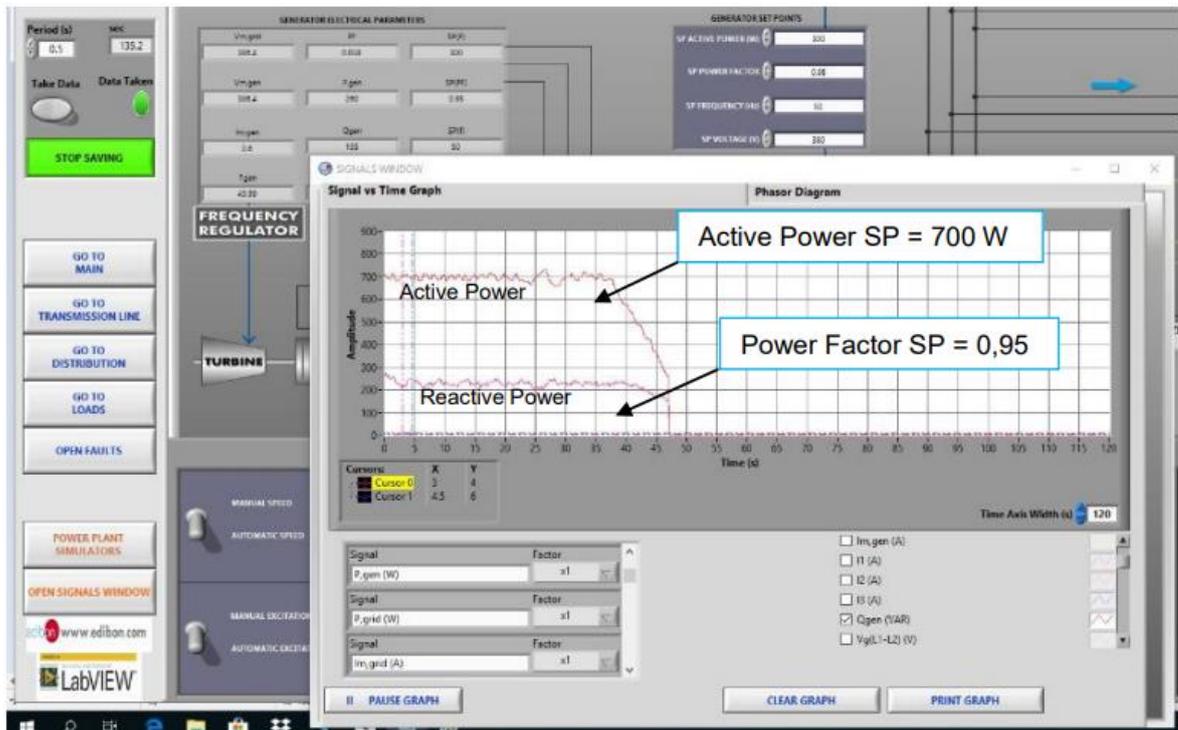


Figura 188: Operación de sincronización. Alimentación del generador a la red.

23. Ahora, el usuario puede volver a cambiar las consignas y analizar los parámetros

eléctricos del generador desde la "VENTANA DE SEÑALES ABIERTAS".

24. Detenga la turbina pulsando el interruptor "STOP TURBINE" y observe cómo la potencia activa se reduce progresivamente hasta acercarse a 0 W y, a continuación, se abre automáticamente el interruptor 52G.

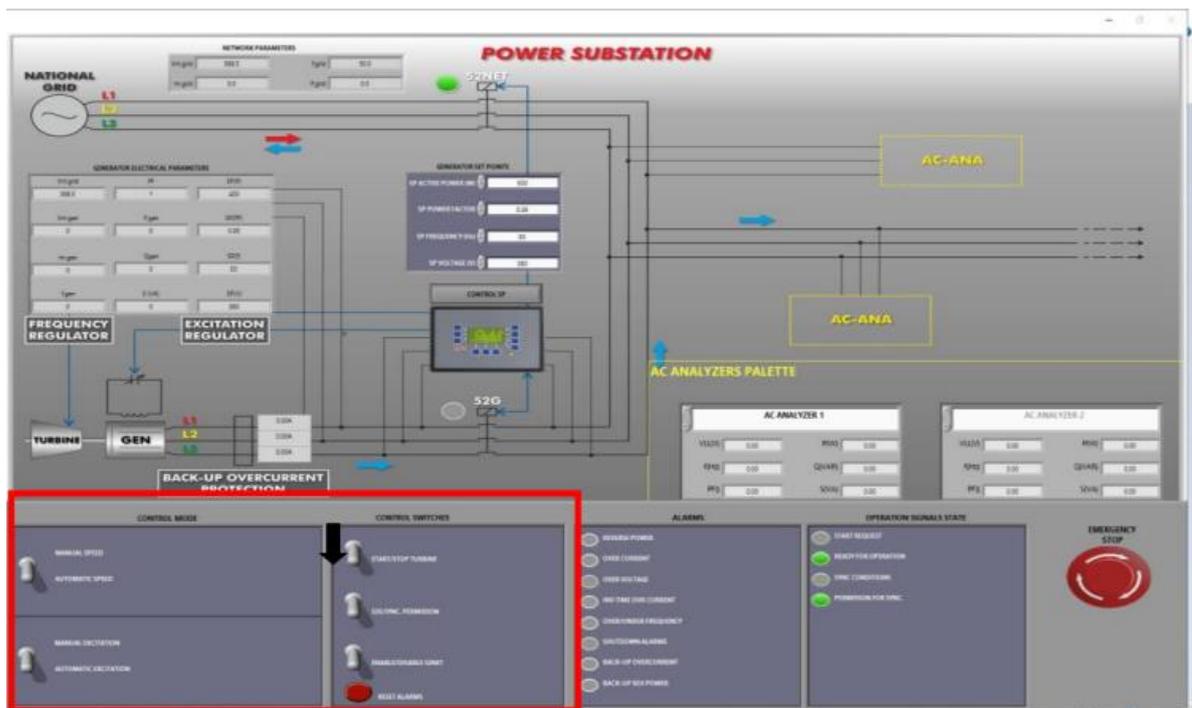


Figura 189: Descarga del generador. Parar turbina

Una vez parada la turbina, pulse sobre los interruptores 52NET y 52G para abrirlos

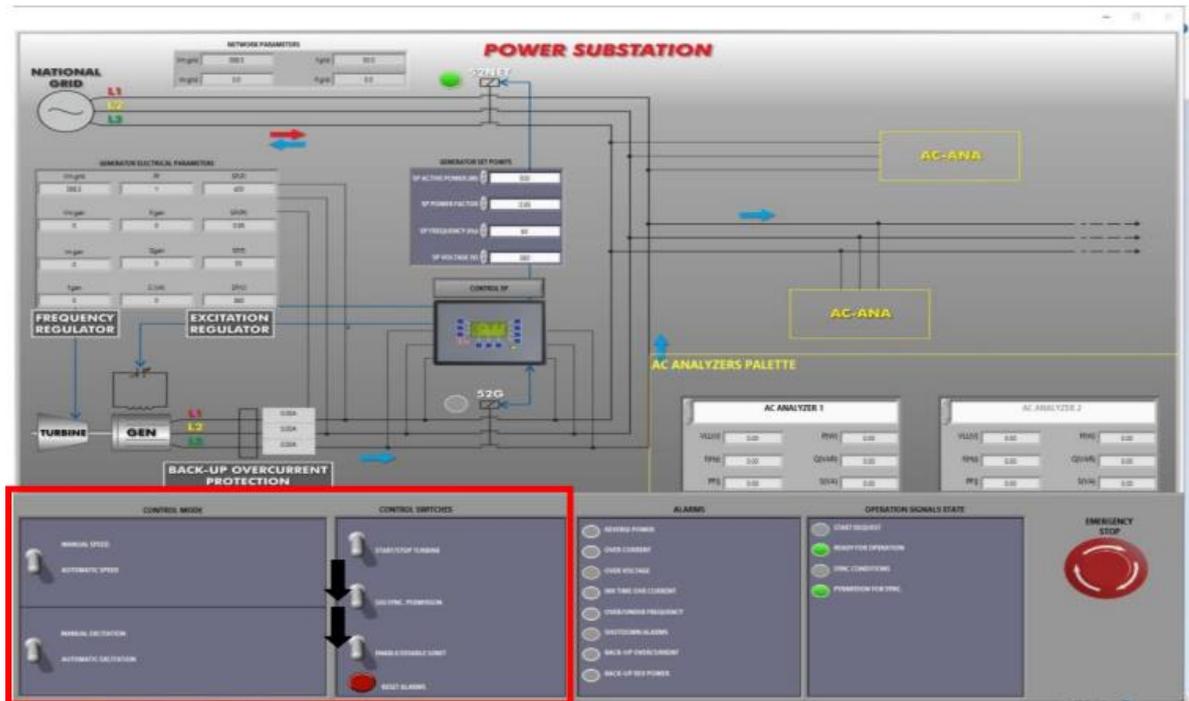


Figura 190: Desconexión de los interruptores 52G y 52NET.

26. Haga clic en "STOP SAVING", y abra el archivo guardado para visualizar los parámetros eléctricos.



Figura 191: Detener el guardado

27. Haga clic en "STOP" y "VIEW DATA".

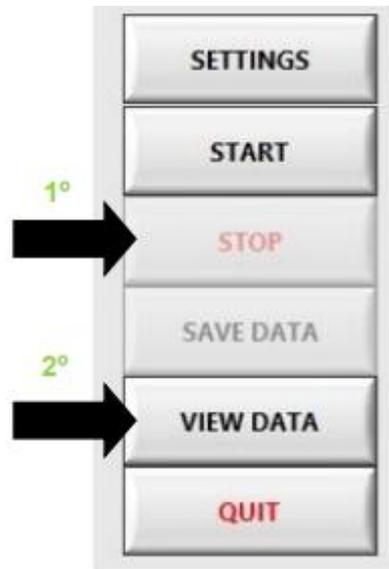


Figura 192: ver datos guardados

28. Haga clic en "ABRIR ARCHIVO" y seleccione el archivo guardado anteriormente.

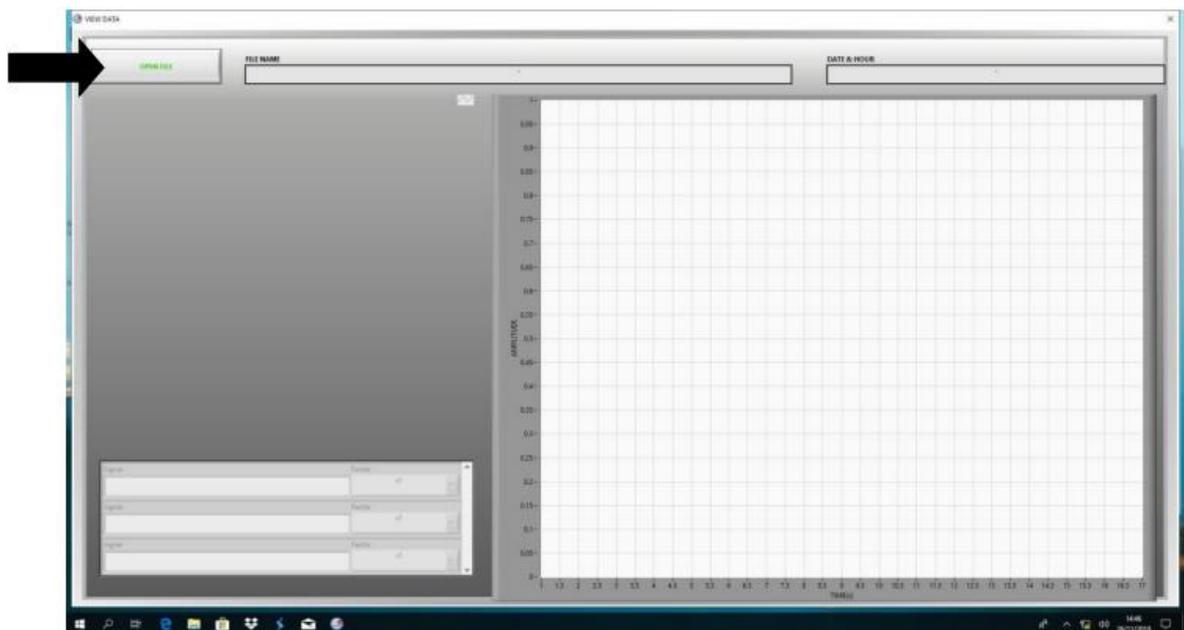


Figura 193: Abrir los datos guardados

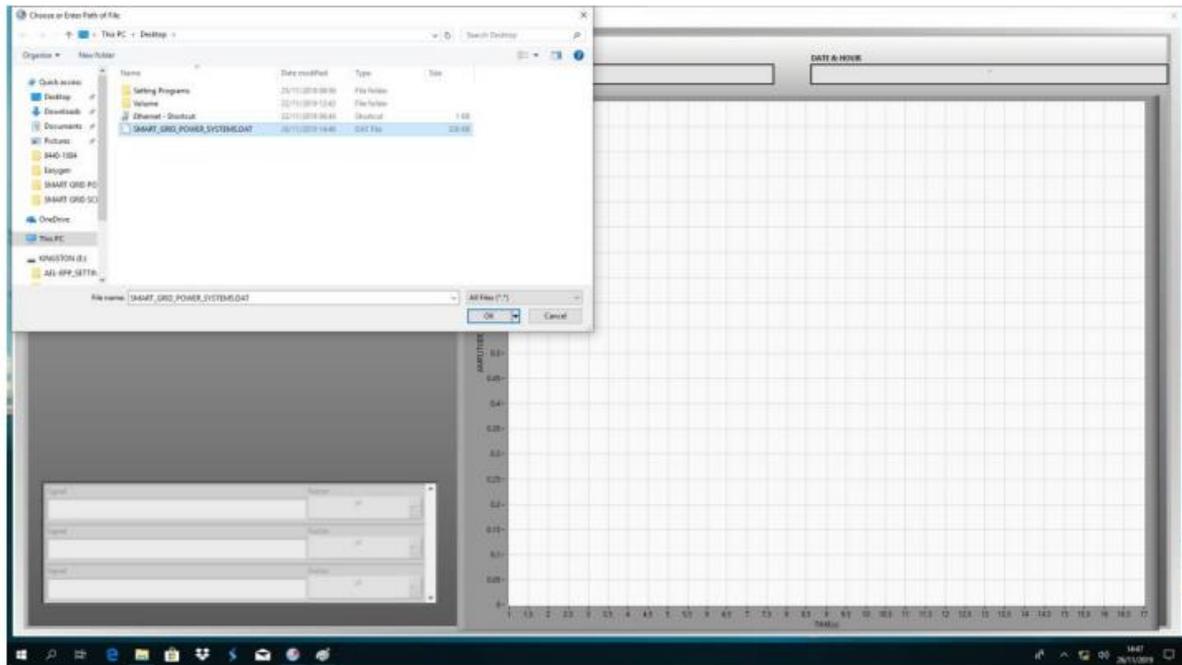


Figura 194: Selección de los datos guardados 29. Visualice los datos guardados.

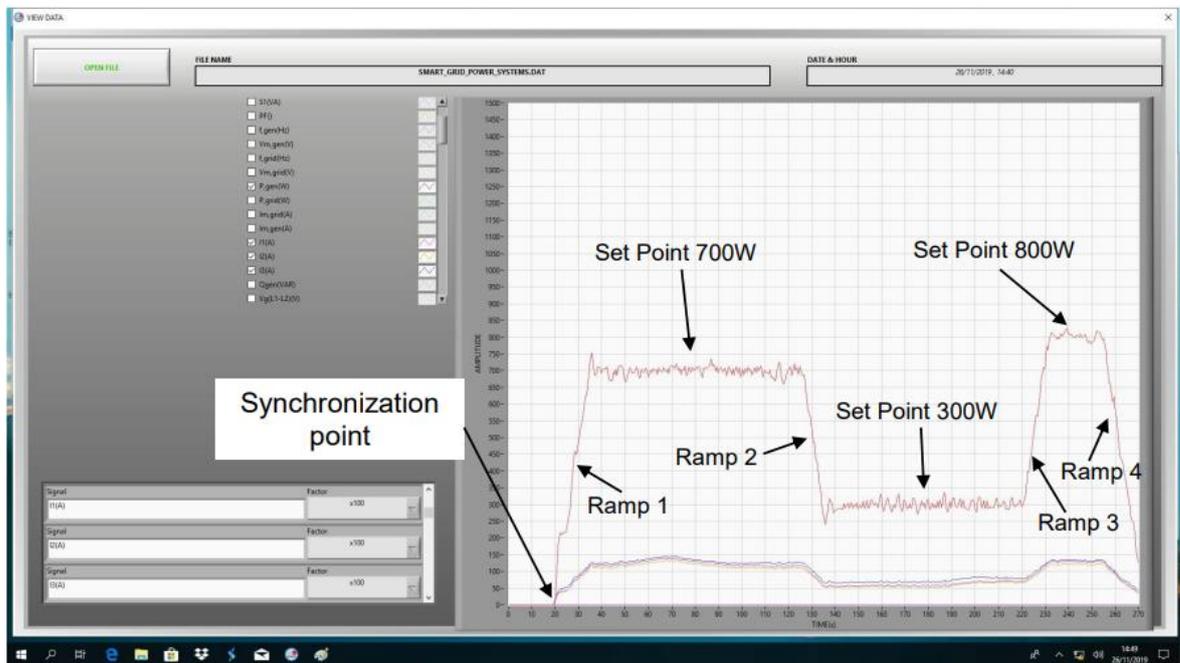


Figura 195: Visualización de los datos guardados

En este ejemplo se registró el proceso de sincronización del generador con la red y la inyección de potencia con diferentes Puntos de Ajuste de Potencia Activa. El gráfico muestra tanto la potencia activa inyectada a la red como las corrientes de las tres fases del generador.

□ Segundo 20. En este momento se observa que se empieza a inyectar potencia a la red. En este momento se cerró el interruptor 52G y el generador se sincronizó con la red. El controlador tenía preconfigurado un Set Point de potencia activa de 700W, siendo este el primer valor al que tiende la gráfica.

□ Segundo 35. Se alcanza el Set Point de 700W y se mantiene esta producción de energía hasta el segundo 125.

□ Segundo 125. A continuación se cambia el Set Point a 300 W. Se observa la rampa de descarga hasta alcanzar este nuevo Set Point en el segundo 140.

□ Se vuelve a cambiar el Set Point, ahora a 800 W, y se vuelve a apreciar el incremento de la potencia activa hasta este nuevo valor en el segundo 230.

□ Segundo 230. Finalmente se solicita la parada de la turbina y se observa el proceso de descarga del generador hasta el segundo 270 s. Donde se produce la desconexión de la máquina con la red

7.6 LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Módulos opcionales e incluidos en la aplicación AEL-EPP	4
Figura 2: Aplicación AEL-EPP	6
Figura 3: Módulo N-PSUB2.....	8
Figura 4: Módulo N-PPPCM1	12
Figura 5: módulo N-ALI01	15
Figura 6: Elementos del módulo N-ALI01	16
Figura 7 Conector de entrada	17
Figura 8 Acoplamiento SERV01 y EM6/1K.....	18
Figura 9: Conectores EMT6/1K	19
Figura 10: Conectores SERV01	19
Figura 11: Módulo N-EALD.....	20
Figura 12: Elementos del dispositivo PM135EH	22
Figura 13: módulo N-REFT-3C	23
Figura 14: Módulo N-INDT/3C	24
Figura 15: Modulo N-CAR19T/3C	25
Figura 16: Cableado de alimentación de las máquinas eléctricas.....	26
Figura 17: Detalle de la topología de cableado del generador síncrono	27
Figura 18: Cableado de la alimentación principal	28
Figura 19: Cableado de la fuente de alimentación.....	29
Figura 20: Cableado del circuito de potencia para la generación con cargas	30
Figura 21: Cableado del circuito de potencia para la generación con cargas y analizador de redes.....	31
Figura 22: Cableado del analizador en la salida del generador (antes del disyuntor 52G).....	32
Figura 23: Cableado del analizador después del disyuntor 52G.....	33
Figura 24: Cableado del analizador después del disyuntor 52NET.....	34
Figura 25: Cableado del circuito de potencia para la sincronización del generador con la red	35
Figura 26: Cableado de los analizadores de redes	36
Figura 27: Cableado del multímetro para la medición de la excitación de corriente.....	37
Figura 28: Diagrama del generador síncrono.....	49
Figura 29: Barra colectora simple.....	49
Figura 30: Barra principal y barra de transferencia	50
Figura 31: Doble barra colectora	50
Figura 32: Barra colectora doble con seccionador de derivación.....	51
Figura 33: Doble barra + seccionador de transferencia.....	51
Figura 34: Barra colectora doble + barra colectora de transferencia.....	52
Figura 35: Anillo	52
Figura 36: Interruptor y medio	53
Figura 37: Barra colectora doble con interruptor doble	53
Figura 38. Línea aérea de transmisión típica	55
Figura 39: Transformador desfasador	63
Figura 40: Fasor de tensión en cuadratura:	64
Figura 41: Triángulo de potencia	68
Figura 42: Triángulo de potencia con compensación de reactivos	68
Figura 43: Botones y pulsadores del panel de control del modo local.....	74
Figura 44: Control local / control manual de velocidad con potenciómetro	75
Figura 45: Control local / control de consigna de potencia activa con potenciómetro.....	76
Figura 46: control local / control manual de la excitación con potenciómetro	76
Figura 47: control local / control automático de la excitación con potenciómetro	77
Figura 48: Grupo de interruptores de control.....	77
Figura 49 Modo de control remoto.....	79
Figura 50 Posición inicial de los interruptores	79
Figura 51 Configuraciones para el control local del grupo generador-motor.....	80
Figura 52 Posiciones interruptores operación de forma aislada	80
Figura 53 Visualización posiciones interruptores operación de forma aislada.....	81
Figura 54 Posiciones interruptores operación de forma sincronizada con la red.....	81

Figura 55 Visualización posiciones interruptores operación de forma sincronizada con la red	81
Figura 56 Posiciones interruptores control manual de velocidad	82
Figura 57 Visualización osiciones interruptores control manual de velocidad	82
Figura 58 Posiciones interruptores control manual de excitación	83
Figura 59 Visualización posiciones interruptores control manual de excitación.....	83
Figura 60: Ventana principal del regulador automático y de tensión	84
Figura 61: Relación entre el estado de los interruptores automáticos y el diagrama del controlador	84
Figura 62 Menú principal	85
Figura 63 Valores medidos.....	86
Figura 64 Set points.....	87
Figura 65 Descripción de los set points	87
Figura 66 Sincronoscopio.....	90
Figura 67 Contador y servicio	92
Figura 68: Módulo N-RET/3C.....	93
Figura 69: Conexión de resistencia delta N-REFT/3C	94
Figura 70: Diagrama de resistencia delta N-REFT/3C	94
Figura 71: Diagrama de resistencia en estrella N-REFT/3C.....	95
Figura 72. Módulo N-INDT/3C Módulo N-INDT/3C.....	96
Figura 73: Conexión de inductancia delta N-INDT/3C	97
Figura 74: Diagrama de inductancia delta N-INDT/3C	98
Figura 75: Diagrama de inductancia en estrella N-INDT/3C.....	99
Figura 76: Módulo N-CAR19T/3C.....	100
Figura 77: Conexión de condensadores delta N-CA19T/3C.....	101
Figura 78: Diagrama de condensadores delta N-CAR19T/3C	102
Figura 79: Diagrama de condensadores en estrella N-CAR19T/3C.....	103
Figura 80. Pantalla principal del software SCADA	104
Figura 81: Configuración de alarmas por Edibon.....	105
Figura 82: Inicio del software SCADA.....	106
Figura 83: Menú Guardar datos	107
Figura 84: Guardar archivo de datos	107
Figura 85: Menú de navegación tras pulsar "START"	108
Figura 86: Abrir archivo guardado	109
Figura 87: Abrir archivo guardado	109
Figura 88: SCADA software main screen	110
Figura 89: Comparación de los paneles de control de hardware y software.....	111
Figura 90: Comparación de alarmas y señales de funcionamiento de hardware y software	111
Figura 91: Flechas para seleccionar el analizador de redes.....	112
Figura 92: Posiciones que pueden adoptar los analizadores. Arrastrar y soltar la instrumentación virtual	113
Figura 93: Parámetros eléctricos del generador enviados por el controlador del generador.....	114
Figura 94: Panel de control de puntos de ajuste.....	116
Figura 95: Diagrama de flujo del control manual de velocidad y excitación.....	117
Figura 96: Diagrama de flujo del control automático de la velocidad y la excitación	118
Figura 97: Pantalla del software SCADA de transmisión de líneas	119
Figura 98: Pantalla de la línea de distribución del software SCADA.....	121
Figura 99: Pantalla de cargas del software SCADA	123
Figura 100: Ventana Señales. Gráfico Señal vs Tiempo	124
Figura 101: Ventana de señales. Diagrama fasorial	125
Figura 102: Apagando el SCADA parte 1	127
Figura 103: Apagando el SCADA parte 2	127
Figura 104: Prohibición de conexión del disyuntor 52G	130
Figura 103: Prohibición de conexión de baterías de condensadores.....	131
Figura 106: Combinación de inductancias y condensadores permitidos.....	131
Figura 107: Prohibición de cerrar el interruptor del módulo de sincronización.....	132
Figura 108: Tarjeta PCI-EXPRESS.....	133
Figura 109: Conexión de la tarjeta PIC-EXPRESS.....	133
Figura 110: Colocación de la tarjeta PIC-EXPRESS.....	134

Figura 111: Conexión entre el PC y los analizadores de redes.....	134
Figura 112: Pantalla de bienvenida a la instalación del controlador	135
Figura 113: Controladores ICOM y CAN.....	136
Figura 114: Serie PCIE.....	136
Figura 115: Configuración completa del controlador ICOM	137
Figura 116: Dispositivos e impresoras. Administrador de dispositivos	137
Figura 117: Administrador de dispositivos	138
Figura 118: Propiedades: Puerto de Comunicaciones de Advantech (COM4)	139
Figura 119: Panel de control de Windows	140
Figura 120: Centro de redes y recursos compartidos	140
Figura 121: Propiedades de la Conexión de Área Local.	141
Figura 122: Propiedades: Protocolo de Internet versión 4 (TCP/IPv4).....	142
Figura 123: Ejemplo de conexión de cables Ethernet.....	143
Figura 124: Tarjeta PCI de puertos COM	164
Figura 125. Comprobación de las comunicaciones	165
Figura 126: Errores de comunicación.....	165
Figura 127: Arranque del software.....	168
Figura 128: Haciendo clic en SUBESTACIÓN DE POTENCIA	169
Figura 129: Haciendo clic en CONTROL SP	169
Figura 130: Ajuste de los puntos de consigna de frecuencia y tensión	170
Figura 131: Funcionamiento de los puntos de ajuste.....	170
Figura 132: Funcionamiento de los puntos de ajuste.....	171
Figura 133: Transferencia de puntos de ajuste	171
Figura 134: Posición de los interruptores del software para el control automático de la generación.....	172
Figura 135. Parámetros eléctricos del generador Parámetros eléctricos del generador	173
Figura 136: Click en abrir en la ventana de señales	173
Figura 137: Gráfico temporal de parámetros eléctricos	174
Figura 138: Condición de cierre del interruptor 52G	175
Figura 139: Dar permiso para cerrar el interruptor 52G.....	175
Figura 140: Permiso para sincronizar	176
Figura 141: Interruptor 52G cerrado	176
Figura 142: Funcionamiento autónomo. Alimentación del generador a las cargas.	177
Figura 143. Pantalla de cargas.....	178
Figura 144: Inicio del software.....	181
Figura 145: Haciendo clic en SUBESTACIÓN DE POTENCIA	182
Figura 146: Posición de los interruptores del software para el control manual de la generación.....	183
Figura 147: Ajuste de la frecuencia y del % de regulación de tensión	183
Figura 148. Parámetros eléctricos del generador Parámetros eléctricos del generador	184
Figura 149: Haciendo clic en abrir ventana de señales.....	185
Figura 150: Gráfico temporal de parámetros eléctricos	185
Figura 151: Reajuste de los parámetros manuales de frecuencia y tensión.	186
Figura 152: Condición de cierre del interruptor 52G	186
Figura 153: Dar permiso para cerrar el disyuntor 52G.....	187
Figura 154: permiso para sincronizar	187
Figura 155: Disyuntor 52G cerrado.....	188
Figura 156: Funcionamiento autónomo. Alimentación del generador a las cargas	188
Figura 157. Pantalla de Cargas.....	189
Figura 158: Inicio del software.....	192
Figura 159: Haciendo clic en SUBESTACIÓN DE POTENCIA	193
Figura 160: Dando click en CONTROL SP	193
Figura 161: Ajuste en los puntos de consigna de frecuencia y tensión	194
Figura 162: Funcionamiento de los puntos de ajuste.....	194
Figura 163: Funcionamiento de los puntos de ajuste.....	195
Figura 164: Transferencia de puntos de ajuste	195
Figura 165: Posición de los interruptores de software para el control automático de la generación	196
Figura 166. Parámetros eléctricos del generador Parámetros eléctricos del generador	197

Figura 167: Haciendo clic en abrir ventana de señales.....	197
Figura 168: Gráfico temporal de parámetros eléctricos	198
Figura 169: Condición de cierre del interruptor 52G	199
Figura 170: Dar permiso para cerrar el interruptor 52G.....	199
Figura 171. Permiso para sincronización Permiso para sincronizar	200
Figura 172: Interruptor 52G cerrado	200
Figura 173: Funcionamiento en paralelo con la red. Generador suministrando a la red.	201
Figura 174: Arrancando el software	204
Figura 175: Haciendo clic en SUBESTACIÓN DE POTENCIA.....	205
Figura 176: Haciendo clic en CONTROL SP.....	206
Figura 177: Configuración en el frecuencia y Voltaje Colocar Puntos.....	206
Figura 178: Configuración puntos operación 1	206
Figura 179: Configuración puntos operación 2	207
Figura 180: Configuración puntos transferencia	207
Figura 181: Posición de los interruptores de software para el control automático de la generación	208
Figura 182: Parámetros eléctricos del generador	209
Figura 183: Pinchando en abrir ventana de señales	210
Figura 184: Gráfico temporal de parámetros eléctricos	210
Figura 185: Dar permiso para cerrar el disyuntor 52G.....	211
Figura 186. Permiso para sincronización	211
Figura 187: Interruptor 52G cerrado	212
Figura 188: Operación de sincronización. Alimentación del generador a la red.	213
Figura 189: Descarga del generador. Parar turbina	214
Figura 190: Desconexión de los interruptores 52G y 52NET.	215
Figura 191: Detener el guardado	215
Figura 192: ver datos guardados.....	216
Figura 193: Abrir los datos guardados	216
Figura 194: Selección de los datos guardados 29. Visualice los datos guardados.....	217
Figura 195: Visualización de los datos guardados	217