

**UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
ELECTRÓNICA**



TESIS

“Diseño de un sistema de monitoreo y control para la red eléctrica del edificio de ingeniería electrónica-UNPRG”

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO ELECTRÓNICO**

ELABORADA POR:

Bach. Ecurra Carlos Danny Abel

ASESOR:

Mg. Ing. Romero Cortez Oscar Uchelly

ORCID: 0000-0002-7727-7900

LAMBAYEQUE 2023

“Diseño de un sistema de monitoreo y control para la red eléctrica del edificio de ingeniería electrónica-UNPRG”

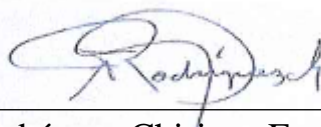
TESIS

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO ELECTRÓNICO

JURADOS



Ing. Ramírez Castro Manuel Javier
Presidente



M.Sc. Ing. Rodríguez Chirinos Frank Richard
Secretario



M.Sc. Ing. Pachamango Bautista Thauso Gad
Vocal

ASESOR

DNI: 41812294

Asesor



Mg. Ing. Romero Cortez Oscar Uchelly

ACTA DE SUSTENTACIÓN



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DECANATO

Ciudad Universitaria - Lambayeque



ACTA DE SUSTENTACIÓN VIRTUAL N° 027-2023-D/FACFyM

Siendo las 11:00 am del día 16 de junio del 2023, se reunieron vía plataforma virtual, <https://meet.google.com/dhr-ninh-rrm> los miembros del jurado evaluador de la Tesis titulada: "DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL PARA LA RED ELÉCTRICA DEL EDIFICIO DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA-UNPRG".

Designados por Decreto N° 015-2020-VIRTUAL-UI/FACFyM de fecha 13 de octubre 2020 y Resolución N° 708-2021-VIRTUAL-D/FACFyM de fecha 28 de setiembre 2021.

Con la finalidad de evaluar y calificar la sustentación de la tesis antes mencionada, conformada por los siguientes docentes:

Ing. Manuel Javier Ramírez Castro	Presidente
M.Sc. Ing. Frank Richard Rodríguez Chirinos	Secretario
M.Sc. Ing. Thauso Gad Pachamango Bautista	Vocal

La tesis fue asesorada por el Mg. Ing. Oscar Uchelly Romero Cortez, nombrado por Decreto N° 015-2020-VIRTUAL-UI/FACFyM de fecha 13 de octubre 2020.

El Acto de Sustentación fue autorizado por Resolución N° 439-2023-VIRTUAL-D/FACFyM de fecha 01 de junio de 2023.

La Tesis fue presentada y sustentada por el bachiller Escurra Carlos Danny Abel, y tuvo una duración de 25 minutos.

Después de la sustentación, y absueltas las preguntas y observaciones de los miembros del jurado se procedió a la calificación respectiva, otorgándole el Calificativo de 15 (Quince) en la escala vigesimal, mención Regular.

Por lo que queda apto para obtener el Título Profesional de **Ingeniero Electrónico**, de acuerdo con la Ley Universitaria 30220 y la normatividad vigente de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas y la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

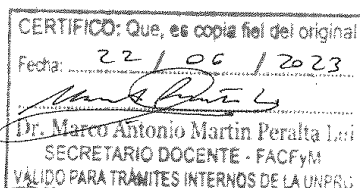
Siendo las 11:55 am se dio por concluido el presente acto académico, dándose conformidad al presente acto con la firma de los miembros del jurado.

Ing. Manuel Javier Ramírez Castro
Presidente

M.Sc. Ing. Frank Richard Rodríguez Chirinos
Secretario

M.Sc. Ing. Thauso Gad Pachamango Bautista
Vocal

Mg. Ing. Oscar Uchelly Romero Cortez
Asesor



CONSTANCIA DE VERIFICACIÓN DE ORIGINALIDAD

Yo, Oscar Uchelly Romero Cortez, usuario revisor del documento titulado **DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL PARA LA RED ELÉCTRICA DEL EDIFICIO DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA-UNPRG**. Cuyo autor es, **Bach. Escurra Carlos Danny Abel**, identificado con documento de identidad 72763756; declaro que la evaluación realizada por el programa informático ha arrojado un porcentaje de similitud de **12%**, verificable en el resumen de reporte automatizado de similitudes que se acompaña.

El suscrito analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas dentro del porcentaje de similitud permitido no constituyen plagio y que el documento cumple con la integridad científica y con las normas para el uso de citas y referencias establecidas en los protocolos respectivos.

Se cumple con adjuntar el Recibo Digital a efectos de la trazabilidad respectiva del proceso.

Lambayeque, 8 de marzo del 2023



Ing. Oscar Uchelly Romero Cortez

DNI: 41812294

Asesor

(Precisar si es docente, asesor, docente investigador, administrativo u otro)

Se adjunta:

*Resumen de Reporte automatizado de similitudes

*Recibo Digital

DEDICATORIA

Este proyecto de tesis está dedicado con mucho amor y cariño a mis padres y hermanos que siempre me apoyaron día a día para mi desarrollo profesional.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por ser mi guía y por haberme otorgado fortaleza, salud para poder concluir mis estudios universitarios, a la Universidad Pedro Ruiz Gallo y los docentes de mi escuela de Ingeniería Electrónica por las enseñanzas brindadas para crecer profesionalmente, a mi asesor de tesis al Ingeniero Oscar Uchelly Romero Cortez por haberme brindado su apoyo durante el desarrollo de la Tesis.

ÍNDICE DE CONTENIDO

I.	DISEÑO TEÓRICO.....	3
1.1.	Antecedentes	3
1.1.1.	Internacionales	3
1.1.2.	Nacionales.....	3
1.1.3.	Regionales.....	3
1.2.	Bases teóricas	4
1.2.1.	Red eléctrica	4
1.2.2.	Ahorro y eficiencia energética.....	2
1.2.3.	Sistemas de control.....	5
II.	MÉTODOS Y MATERIALES	7
2.1.	Tipo y diseño de la investigación.....	7
2.2.	Definición y operacionalización de variables	7
2.3.	Población y muestra	8
2.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	8
2.5.	Método de análisis de datos	8
2.6.	Diseño del sistema de monitoreo y control	8
2.6.1.	Diagnóstico general	8
2.6.2.	Detección centralizada de sobrecorrientes y fallas a tierra.....	10
2.6.3.	Control automático de tomacorrientes y luminarias.....	13
2.6.4.	Arquitectura de red para el monitoreo del consumo de energía eléctrica.....	14
2.6.5.	Lista de señales de control.....	17
2.6.6.	Selección de módulos de expansión de entradas digitales	18
2.6.7.	Configuración y programación del PLC.....	20
2.6.8.	Lista de materiales	24
III.	RESULTADOS.....	25
3.1.	Simulación de la detección de fallas por sobrecorrientes y fallas a tierra.....	25
3.1.1.	Laboratorio Circuitos Electrónicos, Eléctricos y Potencia.....	25
3.1.2.	Laboratorio de Electrónica Digital	30
3.1.3.	Laboratorio de Teleinformática	35
3.1.4.	Laboratorio de Computación	39
3.2.	Simulación del control automático de tomacorrientes y luminarias	44
3.3.	Simulación del monitoreo de energía eléctrica	47

3.4. Tableros de distribución	50
3.5. Esquema de arquitectura de red	53
3.6. Conexión de contactos auxiliares a módulos de expansión	54
IV. CONCLUSIONES	58
V. RECOMENDACIONES	59
REFERENCIAS.....	60
ANEXOS	62

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Red eléctrica	2
Figura 2 Eficiencia energética	5
Figura 3 Sistema de control	7
Figura 4 Guía para la selección de interruptor termomagnético	11
Figura 5 Interruptor termomagnético seleccionado	11
Figura 6 Guía para la selección de interruptor diferencial.....	12
Figura 7 Interruptor diferencial seleccionado	12
Figura 8 Contactos auxiliares seleccionados	13
Figura 9 Interruptor horario digital seleccionado	14
Figura 10 Contador de energía seleccionado	15
Figura 11 Bosquejo de arquitectura de red	16
Figura 12 HMI	16
Figura 13 Selección de controlador Modicon M221	18
Figura 14 Selección de la referencia del Modicon M221	19
Figura 15 Selección del módulo de expansión de E/S digitales	19
Figura 16 Selección del módulo de expansión de 32 entradas digitales.....	20
Figura 17 Creación de entradas en el PLC de Lab. de Circuitos Electrónicos, Eléctricos y Potencia.....	20
Figura 18 Creación de entradas en el PLC de Lab. de Electrónica Digital	21
Figura 19 Creación de entradas en el PLC de Lab. de Teleinformática	21
Figura 20 Creación de entradas en el PLC de Lab. de Computación	21
Figura 21 Direccionamiento IP en PLC de Lab. de Circuitos Electrónicos, Eléctricos y Potencia.....	22
Figura 22 Direccionamiento IP en PLC de Lab. de Electrónica Digital.....	22

Figura 23 Direccionamiento IP en el PLC de Lab. de Teleinformática	22
Figura 24 Direccionamiento IP en el PLC de Lab. de Computación	23
Figura 25 Configuración de la línea serie en los PLC de todos los laboratorios	23
Figura 26 Bloque de Función para PLC de Lab. CEEP.....	25
Figura 27 Interfaz gráfica inicial	26
Figura 28 Interfaz gráfica de monitoreo de fallas	27
Figura 29 Activación de alarmas por sobrecorriente en PLC	27
Figura 30 Activación de alarmas por sobrecorriente en HMI.....	28
Figura 31 Alarmas activadas.....	28
Figura 32 Alarmas desactivadas	29
Figura 33 Bloque de Función para PLC de Lab. ED	30
Figura 34 Interfaz gráfica inicial	31
Figura 35 Interfaz gráfica de monitoreo de fallas	32
Figura 36 Activación de alarmas por sobrecorriente en PLC	32
Figura 37 Activación de alarmas por sobrecorriente en HMI.....	33
Figura 38 Alarmas activadas.....	34
Figura 39 Alarmas desactivadas	34
Figura 40 Bloque de Función para PLC de Lab. TI.....	35
Figura 41 Interfaz gráfica inicial	36
Figura 42 Interfaz gráfica de monitoreo de fallas	37
Figura 43 Activación de alarmas por sobrecorriente en PLC	37
Figura 44 Activación de alarmas por sobrecorriente en HMI.....	38
Figura 45 Alarmas activadas.....	38
Figura 46 Alarmas desactivadas	39
Figura 47 Bloque de Función para PLC de Lab. TI.....	39

Figura 48 Interfaz gráfica inicial.....	40
Figura 49 Interfaz gráfica de monitoreo de fallas	41
Figura 50 Activación de alarma por falla a tierra en PLC	41
Figura 51 Activación de alarma por falla a tierra en HMI.....	42
Figura 52 Alarma activada.....	42
Figura 53 Alarma desactivada	43
Figura 54 Circuito para conexión/desconexión automática de tomacorrientes y luminarias .	44
Figura 55 Cargas activadas	45
Figura 56 Cargas desactivadas.....	46
Figura 57 Panel emergente para monitoreo de energía – Lab. CEEP.....	47
Figura 58 Panel emergente para monitoreo de energía – Lab. ED	48
Figura 59 Panel emergente para monitoreo de energía – Lab. TI.....	48
Figura 60 Panel emergente para monitoreo de energía – Lab. COMPU	49
Figura 61 Modificaciones en tablero de distribución-Lab.Circuitos Electrónicos,Eléctricos y Potencia.....	50
Figura 62 Modificaciones en tablero de distribución – Lab. Electrónica Digital	50
Figura 63 Modificaciones en tablero de distribución – Lab. Teleinformática.....	51
Figura 64 Modificaciones en tablero de distribución – Lab. Computación.....	51
Figura 65 Arquitectura de red propuesta	53
Figura 66 Conexión de contactos auxiliares a PLC-Lab.Circuitos Electrónicos,Eléctricos y Potencia.....	54
Figura 67 Conexión de contactos auxiliares a PLC-Lab.Electrónica Digital	55
Figura 68 Conexión de contactos auxiliares a PLC-Lab.Teleinformática	56
Figura 69 Conexión de contactos auxiliares a PLC-Lab.Computación	57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Definición y operacionalización de variables	7
Tabla 2 Lab. Circuitos Electrónicos, Eléctricos y Potencia	9
Tabla 3 Lab. Electrónica Digital	9
Tabla 4 Lab. Telinformática.....	9
Tabla 5 Lab. Computación.....	10
Tabla 6 Direcciones IP/ID.....	17
Tabla 7 Lista de señales para el sistema de control y monitoreo de sobrecorrientes.....	17
Tabla 8 Lista de señales para el sistema de control y monitoreo de fallas a tierra.....	18
Tabla 9 Lista de señales por cada laboratorio	18
Tabla 10 Lista de materiales para el proyecto.....	24

RESUMEN

El presente proyecto de tesis tuvo como objetivo principal diseñar un sistema de monitoreo y control para la red eléctrica del edificio de ingeniería electrónica-UNPRG.

Para el diseño del sistema se tuvo que realizar un diagnóstico general del edificio para esta investigación se considera cuatro laboratorios, conociendo las cargas conectadas en cada tablero eléctrico, con esa información se seleccionó un 4 PLC de 16 inputs/outputs, 4 contadores de energía, 4 interruptores horario digital, 24 interruptores termomagnéticos y 4 interruptores diferenciales. Para la detectar las fallas por sobrecorrientes y fallas a tierra por cada laboratorio se utilizaron interruptores termomagnéticos y diferenciales asociados con contactos auxiliares, este enviara una señal a la entrada al PLC Modicon M221 para detectar en donde se produjo estas fallas, todo eso se visualizarán en el HMI. En el control de tomacorrientes y luminarias se propone elegir interruptores horario digital Acti9 PHI de Schneider Electric, este me permitirá habilitar la corriente cuando es hora de clase y deshabilitarla cuando haya acabado. Para el monitoreo del consumo de energía eléctrica se propone utilizar contadores de energía monofásicos modelo Acti9 A9MEM2155 utiliza el protocolo Modbus RTU para comunicarse con el PLC Modicon M221 y HMI Magelis. Para poder integrar las señales de los ambientes que se encuentran en el mismo nivel pero que no se han considerado en esta investigación se utilizó módulos de expansión de 32 entradas digitales.

Finalmente, en la simulación se demostró lo siguiente que es posible detectar fallas de los dispositivos de protección eléctrica, la conexión y desconexión programada de los tomacorrientes y las luminarias de forma automática de los cuatro laboratorios, además que es posible monitorear el consumo de energía eléctrica en el edificio de Ingeniería Electrónica – UNPRG a través de una interfaz gráfica en una HMI.

ABSTRACT

The main objective of this thesis project was to design a monitoring and control system for the electrical network of the electronic engineering building-UNPRG.

For the design of the system, a general diagnosis of the building had to be carried out for this investigation, four laboratories are considered, knowing the loads connected in each electrical panel, with that information a 28-input PLC, 4 energy meters, 4 time switches was selected. digital, 24 thermomagnetic switches and 4 differential switches. To detect faults due to overcurrents and ground faults, it will be used in each laboratory in thermomagnetic and differential switches associated with auxiliary contacts, this will send a signal to the input to the Modicon M221 PLC to detect where these faults occurred, all that will be displayed in the HMI. In the control of outlets and luminaires it is proposed to choose Schneider Electric Acti9 PHI digital time switches, this allows me to enable the current when it is time for class and disable it when it is finished. For the monitoring of electrical energy consumption, it is proposed to use single-phase energy meters, Acti9 A9MEM2155 model uses the Modbus RTU protocol to communicate with the Modicon M221 PLC and Magelis HMI. In order to integrate the signals of the environments that are at the same level but that have not been considered in this investigation, expansion modules with 32 digital inputs were used.

Finally, the simulation showed the following that it is possible to detect failures of electrical protection devices, the connection and disconnection of electrical outlets and lights automatically from the four laboratories, in addition to that it is possible to monitor energy consumption electrical engineering in the Electronic Engineering building - UNPRG through a graphical interface on an HMI.

Palabras Clave: fallas por sobre corrientes, fallas a tierra, monitoreo del consumo eléctrico, conexión y desconexión de forma automática de la energía.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, el planeta está sufriendo cambios climáticos debido a la contaminación ambiental. Otro de los grandes problemas que aqueja a nuestro planeta está relacionado con el gasto innecesario de la energía eléctrica. Esta problemática se ve reflejada en el edificio de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica de la UNPRG donde al terminar las horas de clases y atención administrativa, muchos equipos eléctricos y electrónicos quedan conectados a la red eléctrica consumiendo energía innecesariamente. La potencia contratada por la universidad es de 568 kW y el pago por el consumo de energía eléctrica de todos sus ambientes se realiza a la empresa ENSA. Sin embargo, el consumo eléctrico en las aulas, laboratorios y oficinas administrativas de cada escuela profesional es variable, algunas consumen más energía por la gran cantidad de equipamiento tecnológico que tienen, mientras que otras solo tienen computadoras en áreas específicas. La facturación de consumo de energía eléctrica emitida por ENSA, para el mes de noviembre del 2019 fue de 259 kW , la universidad tuvo que realizar un pago de S/ 39,244.10 (ENSA, 2019).

Explica que en las principales ciudades del país conforme pasan los años se van construyendo grandes edificios. Sin embargo, no se está aplicando un control adecuado sobre el consumo energía eléctrica en dichas instalaciones. Siadén afirma que para evitar el mal uso de la energía eléctrica y evitar gastos innecesarios se deben desarrollar estrategias de ahorro de energía mediante sistemas de control y monitoreo en las instalaciones para lograr un ahorro energético significativo (Siadén Paiva, 2016).

Podemos concluir que el desconocimiento del uso adecuado de la energía eléctrica por parte de los usuarios hace necesario desarrollar procedimientos que permitan controlar y monitorear el consumo eléctrico en todo tipo de establecimientos.

Key words: overcurrent faults, ground faults, power consumption monitoring, automatic power connection and disconnection.

Luego de conocer la realidad problemática surge la siguiente formulación del problema: ¿De qué manera un sistema de monitoreo y control puede contribuir a mejorar la detección de fallas eléctricas y la supervisión del consumo energético del edificio de Ingeniería Electrónica – UNPRG? Los problemas específicos planteados son los siguientes: ¿Cómo determinar dónde y cuándo se han producido fallas por sobrecorrientes y fallas a tierra en el edificio de Ingeniería Electrónica – UNPRG?, ¿Cómo deshabilitar los tomacorrientes y las luminarias automáticamente en el edificio de Ingeniería Electrónica – UNPRG? y ¿Cómo supervisar el consumo de energía eléctrica en el edificio de Ingeniería Electrónica – UNPRG?

Como objetivo general se ha establecido determinar de qué manera un sistema de monitoreo y control contribuye a mejorar la detección de fallas eléctricas y la supervisión del consumo energético del edificio de Ingeniería Electrónica – UNPRG. Los objetivos específicos son: detectar las señales de falla de los dispositivos de protección eléctrica del edificio de Ingeniería Electrónica – UNPRG mediante un Bloque de Función realizado en un PLC, deshabilitar los tomacorrientes y las luminarias automáticamente en el edificio de Ingeniería Electrónica – UNPRG mediante un interruptor horario digital y monitorear el consumo de energía eléctrica en el edificio de Ingeniería Electrónica – UNPRG a través de una interfaz gráfica en una HMI. La hipótesis general planteada es que con un sistema de monitoreo y control se contribuye a mejorar la detección de fallas eléctricas y la supervisión del consumo energético del edificio de Ingeniería Electrónica – UNPRG.

Las hipótesis específicas son: con el diseño de un Bloque de Función realizado PLC se pueden detectar las señales de falla de los dispositivos de protección eléctrica del edificio de Ingeniería Electrónica – UNPRG, con un interruptor horario digital se pueden deshabilitar automáticamente los tomacorrientes y las luminarias en el edificio de Ingeniería Electrónica – UNPRG y con el diseño de una interfaz gráfica en una HMI se puede monitorear el consumo de energía eléctrica en el edificio de Ingeniería Electrónica – UNPRG.

I. DISEÑO TEÓRICO

1.1. Antecedentes

1.1.1. Internacionales

Carchipulla y LLumiquinga (2013) buscaron solucionar el problema del alto consumo de energía en un edificio mediante un sistema SCADA eléctrico. Se diseñó y se armó un tablero principal de control que incluía una RTU, grupos electrógenos de emergencia, sistema de respaldo UPS, medidores paramétricos y módulos de transferencia automática. Toda la información se visualizó a través de una pantalla HMI desarrollada en el software Power HMI. Como resultado, el personal de mantenimiento recibió un reporte mensual sobre el comportamiento de la demanda, el consumo de energía y fallas del suministro eléctrico.

1.1.2. Nacionales

Buendía (2018) buscó solucionar el problema del alto consumo de energía eléctrica en el edificio del Instituto Toulouse Lautrec S.A.C. El autor diseñó un sistema automatizado utilizando el controlador lógico programable LOGO 230RCE para mejorar la eficiencia de la energía eléctrica. Se identificaron los elementos de entrada y salida del proceso y se desarrolló un diagrama de tiempo para programar el controlador lógico programable. El resultado principal fue un ahorro mensual de S/4,980.03 y una reducción del consumo y la potencia en un 48.08%.

1.1.3. Regionales

Siadén Paiva (2016) buscó solucionar el uso indiscriminado de la energía eléctrica en grandes edificios construidos en Lima. El proyecto propuso el diseño de un sistema para el ahorro de energía en el edificio Park Office en La Molina, que permitió controlar y monitorear todos sus sistemas. Se realizó un estudio del modelo matemático de un ambiente climatizado para simular y validar el desarrollo del diseño de control, y se implementó un prototipo para controlar una

de las variables. El resultado principal fue un ahorro energético y de agua del 30%, superando la eficiencia energética esperada.

1.2. Bases teóricas

1.2.1. Red eléctrica

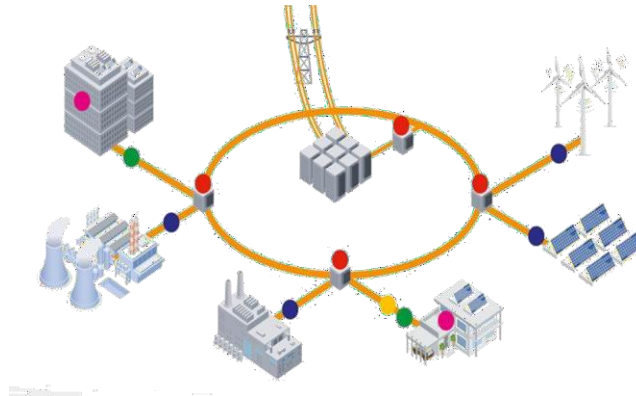
La electricidad es distribuida a través de una compleja red de cables eléctricos para atender todas las demandas de los consumidores. Para ello, la tensión de la electricidad debe ser reducida progresivamente a medida que se acerca al lugar de destino, ya que la tensión es muy elevada cuando sale de la central de producción y podría dañar las instalaciones eléctricas si llegara al usuario en esas condiciones. Este proceso se lleva a cabo mediante estaciones de transformación que reducen la tensión hasta alcanzar el voltaje necesario para hacer funcionar los aparatos electrodomésticos o las máquinas industriales.

(Antonio y Fernández, 2002).

La energía eléctrica se distribuye a través de una compleja red de cables eléctricos que se dividen en tres tipos de líneas de transporte según la tensión que soportan: las líneas de alta tensión (AT), las líneas de media tensión (MT) y las líneas de baja tensión (BT). Las líneas de alta tensión transportan la energía eléctrica a una tensión muy elevada para reducir las pérdidas de energía, mientras que las líneas de media tensión llevan la corriente eléctrica a una tensión intermedia y las líneas de baja tensión llevan la energía al punto de destino para que sea utilizada por los consumidores. La tensión de estas líneas se reduce progresivamente a medida que se acercan al lugar de destino para poder ser utilizada por los aparatos electrodomésticos o las diferentes máquinas industriales que funcionan con voltajes específicos (Antonio y Fernández, 2002).

Figura 1

Red eléctrica



Fuente: *Tecnología Redes Inteligente* (UC3M, 2016)

1.2.2. Ahorro y eficiencia energética

La energía eléctrica se define como el movimiento de electrones a través de un conductor eléctrico, impulsado por una fuerza física llamada voltaje, medida en voltios, y una tasa de flujo de electrones llamada intensidad de corriente, medida en amperios. La analogía de un circuito eléctrico con una tubería de agua se usa para ayudar a entender estos conceptos. La energía eléctrica se transporta a través de tres tipos de líneas de red eléctrica con diferentes niveles de tensión: alta tensión, media tensión y baja tensión.

(OSINERGMIN, 2016) .

Se puede definir como energía eléctrica como el producto del voltaje (V), la intensidad de la corriente eléctrica (I) y el tiempo transcurrido (Dammert et al., 2011).

$$E = V \times I \times t$$

Donde:

E: Energía eléctrica (medido en Watts por hora – Wh).

V: Voltaje (medido en voltios - V).

I: Intensidad de corriente (medido de Amperios – A).

t: tiempo transcurrido (medido en horas – h).

La potencia eléctrica se mide en watts y representa la cantidad de energía que se consume, produce o traslada en cada unidad de tiempo, mientras que la energía eléctrica se mide en watt-hora y representa la cantidad total de energía que se ha consumido, producido o trasladado durante un periodo específico (OSINERGMIN, 2016).

Se puede definir la potencia mediante la ecuación (Dammert et al., 2011).

$$P = V \times I$$

Donde:

P: Potencia eléctrica (W)

V: Voltaje (medido en voltios - V)

I: Intensidad de corriente (medido de Amperios – A)

Para determinar el costo promedio mensual del uso de cada uno de los equipos eléctricos se hará uso de la ecuación (Ministerio de Energía y Minas, 2017).

$$\frac{\text{Costo de energía consumida}}{\frac{\text{S./}}{\text{kWh}}} \times \left(\frac{\text{Energía Consumida por el artefacto}}{\text{(KWh)}} \right) = \frac{\text{Costo energía mensual}}{\text{(S./)}}$$

El ahorro energético implica reducir el consumo de energía sin afectar el nivel de confort. Esto se logra mediante acciones específicas y un cambio de hábitos, como evitar el uso innecesario de energía, como dejar luces encendidas en habitaciones vacías. El ahorro energético implica un enfoque consciente en el consumo de energía y puede lograrse mediante acciones simples pero efectivas (Schallenberg y Hernández, 2008).

La implantación de un sistema de medición de parámetros eléctricos para fines de ingeniería y mantenimiento, control y monitoreo, permiten lograr incrementos de eficiencia en la utilización de la energía de la siguiente manera:

- Identificación de circuitos con alto consumo de energía reactiva y como consecuencia, bajo factor de potencia.
- Monitoreo de balanceo de fases en los diversos circuitos de distribución.

- Prevención de sobrecargas en transformadores, sistemas y equipos más importante de consumo de energía eléctrica.
- Identificación de pérdidas en línea eléctrica, circuito principales y derivados, provocados por disturbios o anomalías generadas en las mismas.
- Identificación de fugas de energía, circuito a tierra y cortos circuitos originados en la red eléctrica del sistema distribución.
- Identificación del origen de los picos de demanda máxima mediante la obtención de perfiles de carga de los equipos principales, permitiendo controlar y monitorear su comportamiento y determinar su contribución en la generación de picos. Con base a la información obtenida, es posible tomar aquellas decisiones que permiten la distribución uniforme de la demanda en el tiempo.
- Evaluación de la evolución en la utilización de la energía eléctrica por áreas de consumo, y obtención de un mayor control de factor de carga.
- Generación de parámetros de referencia para determinar en qué momentos de un periodo de producción establecido se opera con mayor o menor eficiencia, detectando las causas que provocan mayores consumos de energía eléctrica, lo que permite elaborar programas de optimización energética.

La medición representa la base fundamental de un proyecto de ahorro de energía, mediante el cual es posible evitar desperdicios, usos inadecuados, cambiar malos hábitos e operación, planear u utilización y reducir su costo, siendo indispensable seleccionar equipos que proporcionen lecturas confiable y precisas, que permitan tomar decisiones siempre dirigidas al uso racional y eficiente de la energía (Lima Velasco, 2013)

Figura 2

Eficiencia energética



Fuente: Eficiencia Energética (RSE, 2018)

1.2.3. Sistemas de control

Los sistemas de control se componen de elementos que influyen en su funcionamiento y tienen como objetivo controlar las variables de salida para que alcancen ciertos valores deseados. Un sistema de control eficiente debe ser estable, robusto ante perturbaciones y errores, eficiente según un criterio preestablecido, y fácil de operar en tiempo real con la ayuda de un ordenador (Gutiérrez y Iturralde, 2017).

Mediante un sistema de control se puede manejar el funcionamiento de un proceso automático predeterminado. Existen dos tipos de sistemas de control en función de cómo estos relacionan los parámetros de entrada con los de salida (Gutiérrez y Iturralde, 2017).

a) Control de lazo abierto

Los sistemas de control en lazo abierto realizan un proceso de forma lineal, en el que el valor de entrada no está ligado con el valor de salida. Es decir, en estos sistemas el parámetro de salida no interfiere en la entrada. En un esquema de control en lazo abierto el comportamiento del sistema es previsible, donde no existe interferencia entre los parámetros de entrada y salida.

Una característica propia de los sistemas en lazo abierto es que el controlador no registra y/o revisa el resultado de salida, teniendo por tanto un control limitado del proceso al no comparar el valor de salida del sistema con el valor deseado.

Las características distinguen a un sistema de control en lazo abierto son:

- Cada acción automática está referenciada a un valor de entrada.
- Son propensos a desestabilizarse en presencia de perturbaciones, dando como respuesta resultados indeseados.
- Tras su activación, realizan el proceso durante el tiempo programado sin dependencia y verificación del resultado obtenido.
- El empleo de un tipo de control en lazo abierto requiere de un completo conocimiento del proceso por su incapacidad de auto ajustarse (Entrena, 2015).

b) Control de lazo cerrado

Cuando al final de un proceso la variable de salida tiene influencia directa sobre el controlador y por tanto puede alterar el proceso, se dice que se está un control de tipo lazo cerrado.

Los sistemas de control en lazo cerrado se encuentran retroalimentados por la variable de salida, que facilita la regulación del proceso.

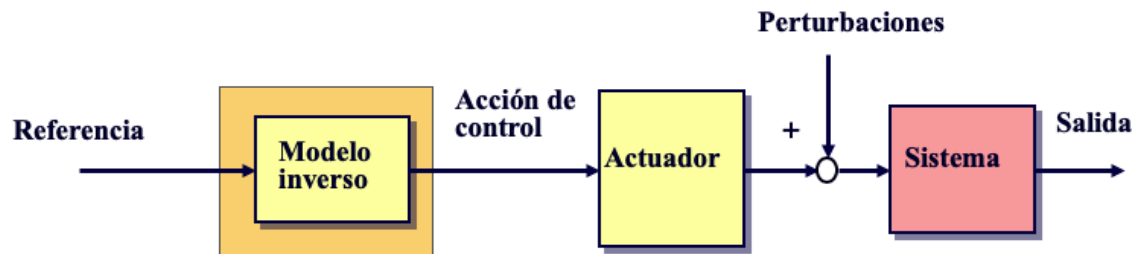
Algunas de las características que identifican un sistema de control en lazo cerrado son (Entrena, 2015):

- Relación entre parámetro de salida y entrada.
- Establecimiento de un valor de referencia deseado, a partir del cual se realiza la regulación o ajuste del sistema.
- Capacidad para asumir perturbaciones desestabilizadoras.
- Necesidad de incorporar un elemento o sistema que actúe como verificador comparando el valor de entrada con el de salida.

Los sistemas de control en lazo cerrado se encuentran retroalimentados por la variable de salida, que facilita la regulación del proceso

Figura 3

Sistema de control



Fuente: Introducción a la Automatización Industrial (Brunete Alberto, 2020).

II. MÉTODOS Y MATERIALES

2.1. Tipo y diseño de la investigación

Esta investigación es del tipo tecnológica aplicada. El diseño de investigación es descriptivo porque se ha recolectado información y la investigación se trata de una propuesta de implementación.

2.2. Definición y operacionalización de variables

Tabla 1

Definición y operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos
-----------	-----------------------	-------------	-------------	--------------

Sistema de monitoreo y control (Independiente)	Se encarga de la supervisión y control de variables de proceso.	Sobrecorrientes	Trip	PLC, HMI, Interruptores termomagnéticos y diferenciales
		Fallas a tierra		
Red eléctrica (Dependiente)	Se refiere a la tensión eléctrica utilizada para el suministro de energía eléctrica.	Energía eléctrica	kW/h	Contador de energía

2.3. Población y muestra

La población son 24 señales digitales de los laboratorios considerados en esta investigación. A ser una población reducida se ha optado por emplear las 24 señales digitales como muestra.

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Se buscó bibliografía sobre sistemas de monitoreo y control para redes eléctricas basados en PLC y HMI. También se realizaron visitas al edificio de Ingeniería Electrónica – UNPRG para recolectar información sobre las conexiones de los tableros eléctricos y las cargas que controla. Es importante recalcar que dicha información se obtuvo antes del inicio de la pandemia y que la investigación se limitó solo a los ambientes que contaban con leyenda de cargas, es decir, el Lab. de Circuitos Electrónicos, Eléctricos y Potencia, el Lab. de Electrónica Digital, el Lab. de Teleinformática y el Lab. de Computación.

2.5. Método de análisis de datos

El tratamiento de los datos obtenidos de los tableros eléctricos y las cargas conectadas en cada laboratorio se realizó mediante el software de programación de PLC Machine Expert Basic y el software de diseño de interfaces graficas para HMI Vijeo Designer.

2.6. Diseño del sistema de monitoreo y control

2.6.1. Diagnóstico general

Como se ha mencionado antes, para obtener información se realizaron visitas al edificio de Ingeniería Electrónica - UNPRG. Gracias a las visitas se pudo conocer la cantidad de cargas conectadas en cada tablero eléctrico. Esta información fue útil para determinar la cantidad de

entradas para el PLC, la cantidad de contadores de energía y la cantidad de interruptores termomagnéticos y diferenciales. En las siguientes tablas se muestran las leyendas con las cargas de cada laboratorio.

Tabla 2

Lab. Circuitos Electrónicos, Eléctricos y Potencia

Leyenda TDB (1er Nivel)	
C-1	Tomacorrientes trifásicos (Mesa 2da fila)
C-2	Reserva
C-3	Ventiladores
C-4	Iluminación de emergencia
C-5	Iluminación
C-6	Tomacorrientes trifásicos (Mesa 1ra fila)
C-7	Tomacorrientes (Mesa 1ra fila)
C-8	Tomacorrientes (Mesa 2da fila)
C-9	Tomacorrientes (Muro lateral derecho y sgte)
C-10	Tomacorrientes (Muro frontal)
C-11	Tomacorrientes (Muro adyacente)

Fuente: EPIE – UNPRG.

Tabla 3

Lab. Electrónica Digital

Leyenda TDB (2do Nivel)	
C-1	Reserva
C-2	Reserva
C-3	Ventiladores
C-4	Iluminación de emergencia
C-5	Iluminación
C-6	Reserva
C-7	Reserva
C-8	Reserva
C-9	Tomacorrientes (Muro lateral derecho y sgte)
C-10	Tomacorrientes (Muro frontal)
C-11	Tomacorrientes (Muro adyacente)

Tabla 4

Lab. Teleinformática

Leyenda TDC (2do Nivel)	
--------------------------------	--

C-1	Reserva
C-2	Reserva
C-3	Tomacorrientes (Terraza)
C-4	Ventiladores
C-5	Iluminación de emergencia
C-6	Iluminación
C-7	Reserva
C-8	Tomacorrientes (Muro lateral derecho y sgte)
C-9	Tomacorrientes (Muro frontal)
C-10	Tomacorrientes (Muro adyacente)
C-11	Reserva
C-12	Reserva

Fuente: EPIE – UNPRG.

Tabla 5

Lab. Computación

Leyenda TDE (Mezanine)	
C-1	Tomacorrientes (Piso)
C-2	Tomacorrientes (Piso)
C-3	Tomacorrientes (Piso)
C-4	Reserva

Fuente: EPIE – UNPRG.

2.6.2. Detección centralizada de sobrecorrientes y fallas a tierra

Como sobrecorrientes se consideran a las sobrecargas y cortocircuitos. Para el edificio de Ingeniería Electrónica se propone emplear interruptores termomagnéticos iK60N de Schneider Electric.

Figura 4

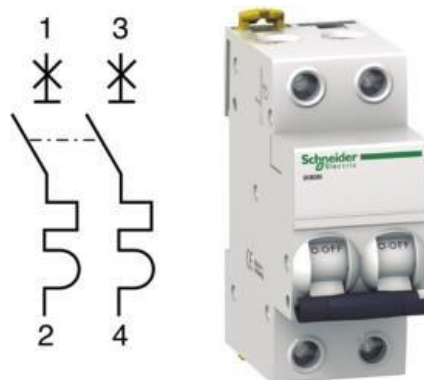
Guía para la selección de interruptor termomagnético

Corriente Nominal (A)	Referencia
1	A9K24201
2	A9K24202
3	A9K24203
4	A9K24204
6	A9K24206
10	A9K24210
13	A9K24213
16	A9K24216
20	A9K24220
25	A9K24225
32	A9K24232
40	A9K24240
50	A9K24250
63	A9K24263

Fuente: Schneider Electric.

Figura 5

Interruptor termomagnético seleccionado



Fuente: Schneider Electric.

Para la detección de fallas a tierra se propone utilizar los Interruptores Diferenciales Acti9 iLD tipo B-SI que brindan protección a las personas contra contactos directos (30 mA) y contra contactos indirectos (≥ 30 mA). Además, ofrece protección para instalaciones trifásicas. Esto es importante porque en el Laboratorio N°2 los estudiantes emplean motores, variadores de

frecuencia, inversores, controladores susceptibles a fallas y por ello deben estar protegidos contra este tipo de incidentes. A este interruptor diferencial se le puede añadir un contacto auxiliar para indicar cuando se ha producido una falla por fuga de corriente.

Figura 6

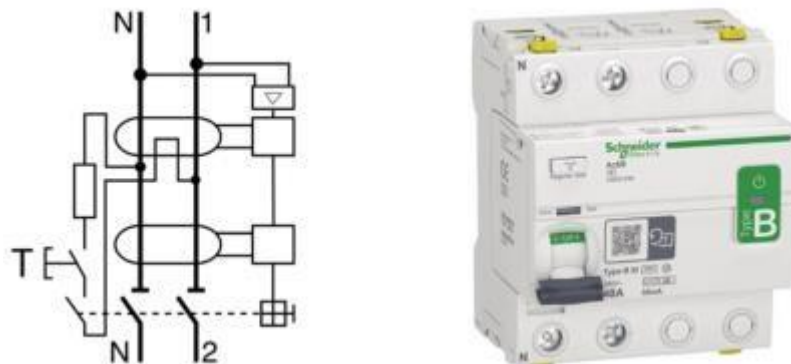
Guía para la selección de interruptor diferencial

Acti9 iID B-SI Bipolar		
Calibre (A)	Sensibilidad (mA)	Referencia
25	30	A9Z61225
40		A9Z61240
63		A9Z61263
25	300	A9Z64225
40		A9Z64240
63		A9Z64263

Fuente: Schneider Electric.

Figura 7

Interruptor diferencial seleccionado



Fuente: Schneider Electric.

Para que las señales de falla de los dispositivos de protección sean detectadas por el sistema de control y monitoreo y pueden ser centralizadas se propone utilizar contactos auxiliares normalmente abiertos.

Figura 8

Contactos auxiliares seleccionados



Tipo	Referencia
iOF/SD + Contacto auxiliar OF (Doble contacto señalización commutable OF+SD u OF+OF)	A9A26929
Contacto de señalización de falla iSD	A9A26927
Contacto de señalización de estado iOF	A9A26924

Fuente: Schneider Electric.

2.6.3. Control automático de tomacorrientes y luminarias

Para deshabilitar las luminarias y tomacorrientes automáticamente fuera de los horarios de clase se propone utilizar un interruptor horario digital Acti9 PHI CTT15838 de Schneider Electric. Estos dispositivos se encargan de la apertura y cierre automático de un circuito de acuerdo a una configuración horaria establecida por el usuario. Esto será de utilidad debido a que por olvido u otros motivos se suele dejar conectadas computadoras (en su mayoría) y otros dispositivos electrónicos a los tomacorrientes. Con esta solución se pretende que los tomacorrientes y las luminarias se deshabiliten 15 o 30 minutos después de clase por si se extiende el horario.

Como este tipo de interruptores son programables, ya no necesita de control adicional para activarlo/desactivarlo. Además, el objetivo es desconectar completamente todas las cargas de la red eléctrica mediante este interruptor. Si se usarán los PLC's para activar/desactivar los interruptores, los controladores se quedarían encendidos toda la noche para poder activar el

interruptor y habilitar las cargas al día siguiente, durante ese tiempo que están encendidos los PLC's no habría cargas conectadas y serían los únicos en consumir energía innecesariamente.

Figura 9

Interruptor horario digital seleccionado



Fuente: Schneider Electric.

2.6.4. Arquitectura de red para el monitoreo del consumo de energía eléctrica

Para el monitoreo del consumo de energía eléctrica se propone utilizar contadores de energía monofásicos modelo Acti9 A9MEM2155, PLC's Modicon M221 modelo TM221CE16R y HMI Magelis modelo HMISTU655 de Schneider Electric. El contador de energía se puede montar en riel DIN, utiliza el protocolo Modbus RTU para comunicarse con otros dispositivos y se recomienda utilizarlo en sistemas de medición de energía para identificar las zonas donde se pueda aplicar acciones correctivas para disminuir el consumo de energía eléctrica. Por su parte el PLC Modicon M221 TM221CE16R cuenta con dos puertos de comunicación con protocolos Modbus RTU (RS485) y Modbus TCP (Ethernet) y la HMI Magelis HMISTU655 tiene la capacidad de mostrar información en forma de gráficos, tendencias, registrar las fechas de alarmas, etc.

Figura 10

Contador de energía seleccionado



Referencia	Descripción
A9MEM2010	Cont. Monofásico + impulsos
A9MEM2105	Contador Monofásico 63A, pantalla LCD, salida a pulsos.
A9MEM2155	Contador Monofásico 63A, pantalla LCD, salida a pulsos, comunicación Modbus.

Fuente: Schneider Electric.

En la Figura 11 podemos observar un bosquejo de la arquitectura de red propuesta. Como se puede ver se empleará el protocolo Modbus en sus variantes serial y ethernet. Una de las características principales de esta red será la escalabilidad pues se deben integrar el resto de

ambientes que no han sido considerados en esta investigación. También se observa que la estación de monitoreo está formada por una HMI Magelis STU855 de Schneider Electric.

Figura 11

Bosquejo de arquitectura de red



Figura 12

HMI



Fuente: Schneider Electric.

En la Tabla 6 se muestra la asignación de direcciones IP y los ID de esclavos.

Tabla 6

Direcciones IP/ ID

Laboratorio	Equipo	Maestro/Esclavo	Dirección
Circuitos Electrónicos, Eléctricos y Potencia (CEEP)	PLC	Maestro	192.168.1.10
	Contador de energía	Esclavo	10
Electrónica Digital (ED)	PLC	Maestro	192.168.1.20
	Contador de energía	Esclavo	20
Teleinformática (TI)	PLC	Maestro	192.168.1.30
	Contador de energía	Esclavo	30
Computación (COMPU)	PLC	Maestro	192.168.1.40
	Contador de energía	Esclavo	40

2.6.5. Lista de señales de control

En la Tabla 7 se muestra la cantidad de entradas digitales necesarias que debe tener el PLC para la detección de las señales de falla de los dispositivos de protección de la red eléctrica.

Tabla 7

Lista de señales para el sistema de control y monitoreo de sobrecorrientes

Laboratorio	Nombre	Tag
C. Electrónicos, Eléctricos y Potencia (CEEP)	Ventiladores	Ventiladores_CEEP
	Iluminación emergencia	Iluminación_E_CEEP
	Iluminación	Iluminación_CEEP
	Tomacorrientes mesa 1	Tomacorrientes_M1_CEEP
	Tomacorrientes mesa 2	Tomacorrientes_M2_CEEP
	Tomacorrientes muro lateral	Tomacorrientes_ML_CEEP
	Tomacorrientes muro frontal	Tomacorrientes_MF_CEEP
Electrónica Digital (ED)	Tomacorrientes muro adyacente	Tomacorrientes_MA_CEEP
	Ventiladores	Ventiladores_ED
	Iluminación emergencia	Iluminación_E_ED
	Iluminación	Iluminación_ED
	Tomacorrientes muro lateral	Tomacorrientes_ML_ED
	Tomacorrientes muro frontal	Tomacorrientes_MF_ED
	Tomacorrientes muro adyacente	Tomacorrientes_MA_ED
Teleinformática (TI)	Tomacorrientes terraza	Tomacorrientes_T_TI
	Ventiladores	Ventiladores_TI
	Iluminación emergencia	Iluminación_E_TI
	Iluminación	Iluminación_TI
	Tomacorrientes muro lateral	Tomacorrientes_ML_TI
	Tomacorrientes muro frontal	Tomacorrientes_MF_TI
	Tomacorrientes muro adyacente	Tomacorrientes_MA_TI
Computación (COMPU)	Tomacorrientes de piso 1	Tomacorrientes_P1_COMPU
	Tomacorrientes de piso 2	Tomacorrientes_P2_COMPU
	Tomacorrientes de piso 3	Tomacorrientes_P3_COMPU

De la Tabla 7 podemos concluir que se necesitan 24 entradas digitales para los cuatro ambientes considerados. Sin embargo, se deben agregar cuatro entradas más para detectar las señales de falla a tierra mediante los contactos auxiliares de los interruptores diferenciales.

Tabla 8

Lista de señales para el sistema de control y monitoreo de fallas a tierra

Laboratorio	Nombre	Tag
Circuitos Electrónicos, Eléctricos y Potencia (CEEP)	Falla a tierra	Falla_Tierra_CEEP
Electrónica Digital (ED)	Falla a tierra	Falla_Tierra_ED
Teleinformática (TI)	Falla a tierra	Falla_Tierra_TI
Computación (COMPU)	Falla a tierra	Falla_Tierra_COMPU

Por lo tanto se necesitan 28 entradas digitales distribuidas como se muestra en la Tabla 8.

Tabla 9

Lista de señales por cada laboratorio

Laboratorio	Cantidad	Ubicación
Circuitos Electrónicos, Eléctricos y Potencia (CEEP)	9	Primer nivel
Electrónica Digital (ED)	7	Tercer nivel
Teleinformática (TI)	8	Tercer nivel
Computación (COMPU)	4	Segundo nivel

2.6.6. Selección de módulos de expansión de entradas digitales

Se agregará un módulo de expansión de 32 entradas digitales en cada laboratorio del edificio para poder integrar las señales de los ambientes que se encuentran en el mismo nivel pero que no se han considerado en esta investigación.

Figura 13

Selección de controlador Modicon M221



Fuente: Schneider Electric.

Figura 14

Selección de la referencia del Modicon M221

**Modicon M221**
For hardwired architectures


 TM221C16R	Modicon M221, Logic controller, 16 inputs/outputs, 7 relay outputs, 100...240 V AC
 TM221C16T	Logic controller, Modicon M221, 16 IO transistor PNP
 TM221C16U	Logic controller, Modicon M221, 16io tr.npn
 TM221C24R	Logic controller, Modicon M221, 24 IO relay


Fuente: Schneider Electric.


Figura 15

Selección del módulo de expansión de E/S digitales

Suggested Module(s)

**Digital I/Os**
4 to 32 discrete I/Os

**Analog I/Os**
2 to 8 analog I/Os

**Expert modules**
For control of TeSys motor starters

Fuente: Schneider Electric.

Figura 16

Selección del módulo de expansión de 32 entradas digitales



Fuente: Schneider Electric.

2.6.7. Configuración y programación del PLC

En las siguientes figuras se muestra la creación de entradas, la configuración de la red Modbus RTU/TCP y la creación de los bloques de función en los PLC's de cada laboratorio.

Figura 17

Creación de entradas en el PLC de Lab. de Circuitos Electrónicos, Eléctricos y Potencia

Entradas digitales			
	Utiliz...	Dirección	Símbolo
	<input checked="" type="checkbox"/>	%I1.0	VENTIALDORES_CEEP
	<input checked="" type="checkbox"/>	%I1.1	ILUMINACIÓN_E_CEEP
	<input checked="" type="checkbox"/>	%I1.2	ILUMINACIÓN_CEEP
	<input checked="" type="checkbox"/>	%I1.3	TOMACORRIENTES_M1_CEEP
	<input checked="" type="checkbox"/>	%I1.4	TOMACORRIENTES_M2_CEEP
	<input checked="" type="checkbox"/>	%I1.5	TOMACORRIENTES_ML_CEEP
	<input checked="" type="checkbox"/>	%I1.6	TOMACORRIENTES_MF_CEEP
	<input checked="" type="checkbox"/>	%I1.7	TOMACORRIENTES_MA_CEEP
	<input checked="" type="checkbox"/>	%I1.8	FALLA_TIERRA_CEEP

Figura 18

Creación de entradas en el PLC de Lab. de Electrónica Digital

Entradas digitales			
	Utiliz...	Dirección	Símbolo
	<input type="checkbox"/>	%I1.0	VENTIALDORES_ED
	<input type="checkbox"/>	%I1.1	ILUMINACIÓN_E_ED
	<input type="checkbox"/>	%I1.2	ILUMINACIÓN_ED
	<input type="checkbox"/>	%I1.3	TOMACORRIENTES_ML_ED
	<input type="checkbox"/>	%I1.4	TOMACORRIENTES_MF_ED
	<input type="checkbox"/>	%I1.5	TOMACORRIENTES_MA_ED
	<input type="checkbox"/>	%I1.6	FALLA_TIERRA_ED

Figura 19

Creación de entradas en el PLC de Lab. de Teleinformática

Entradas digitales			
	Utiliz...	Dirección	Símbolo
	<input type="checkbox"/>	%I1.0	TOMACORRIENTES_T_TI
	<input type="checkbox"/>	%I1.1	VENTILADORES_TI
	<input type="checkbox"/>	%I1.2	ILUMINACIÓN_E_TI
	<input type="checkbox"/>	%I1.3	ILUMINACIÓN_TI
	<input type="checkbox"/>	%I1.4	TOMACORRIENTES_ML_TI
	<input type="checkbox"/>	%I1.5	TOMACORRIENTES_MF_TI
	<input type="checkbox"/>	%I1.6	TOMACORRIENTES_MA_TI
	<input type="checkbox"/>	%I1.7	FALLA_TIERRA_TI

Figura 20

Creación de entradas en el PLC de Lab. de Computación

Entradas digitales			
	Utiliz...	Dirección	Símbolo
	<input type="checkbox"/>	%I1.0	TOMACORRIENTES_P1_COMPU
	<input type="checkbox"/>	%I1.1	TOMACORRIENTES_P2_COMPU
	<input type="checkbox"/>	%I1.2	TOMACORRIENTES_P3_COMPU
	<input type="checkbox"/>	%I1.3	FALLA_TIERRA_COMPU

Figura 21

Direccionamiento IP en PLC de Lab. de Circuitos Electrónicos, Eléctricos y Potencia

Ethernet

☐ Dirección IP de DHCP

☐ Dirección IP de BOOTP

☒ Dirección IP fija

Dirección IP . . .

Máscara de subred . . .

Dirección de pasarela . . .

Velocidad de transmisión Automático ▼

Figura 22

Direccionamiento IP en PLC de Lab. de Electrónica Digital

Ethernet

☐ Dirección IP de DHCP

☐ Dirección IP de BOOTP

☒ Dirección IP fija

Dirección IP . . .

Máscara de subred . . .

Dirección de pasarela . . .

Velocidad de transmisión Automático ▼

Figura 23

Direccionamiento IP en el PLC de Lab. de Teleinformática

Ethernet

☐ Dirección IP de DHCP

☐ Dirección IP de BOOTP

☒ Dirección IP fija

Dirección IP . . .

Máscara de subred . . .

Dirección de pasarela . . .

Velocidad de transmisión Automático ▼

Figura 24

Direccionamiento IP en el PLC de Lab. de Computación

Ethernet

☐ Dirección IP de DHCP

☐ Dirección IP de BOOTP

☒ Dirección IP fija

Dirección IP . . .

Máscara de subred . . .

Dirección de pasarela . . .

Velocidad de transmisión

Figura 25

Configuración de la línea serie en los PLC de todos los laboratorios

Configuración de línea serie

Ajustes de protocolo

Protocolo

Configuración de línea serie

Velocidad de transmisión

Paridad

Bits de datos

Bits de parada

Medio físico

☒ RS-485

Ajustes de protocolo

Modo de transmisión ☒ RTU ☐ ASCII

Direccionamiento ☐ Esclavo ☒ Maestra

Timeout de respuesta (× 100 ms)

Tiempo entre tramas (ms)

2.6.8. Lista de materiales

Tabla 10

Lista de materiales para el proyecto

Equipo	Referencia	Cantidad	Precio unitario (S/.)	Precio total (S/.)
PLC	TM221CE16R	4	870.00	3,480.00
HMI	HMISTU655	1	2,000.00	2,000.00
Módulo de expansión	TM3DI32K	4	1,500.00	6,000.00
Contador de energía	A9MEM2155	4	525.00	2,100.00
Interruptor termomagnético	A9K24225	24	49.90	1,197.60
Interruptor diferencial	A9Z61225	4	39.90	159.60
Interruptor horario	CTT15854	4	462.00	1,848.00
Contacto auxiliar	A9A26927	28	195.00	5,420.00
Patch Cord	N/A	8	12.50	100.00
Switch 8 puertos	TCSESU083FN0	1	1,168.00	1,168.00
Fuente de poder	ABLS1A24050	4	705.44	2,821.76
Machine Expert Basic	(*)	1	-	-
Vijeo Designer	(**)	1	-	-
Total				26,294.96

Notas:

N/A: No Aplica

() Software libre.*

*(**) La EPIE ya cuenta con el software.*

III. RESULTADOS

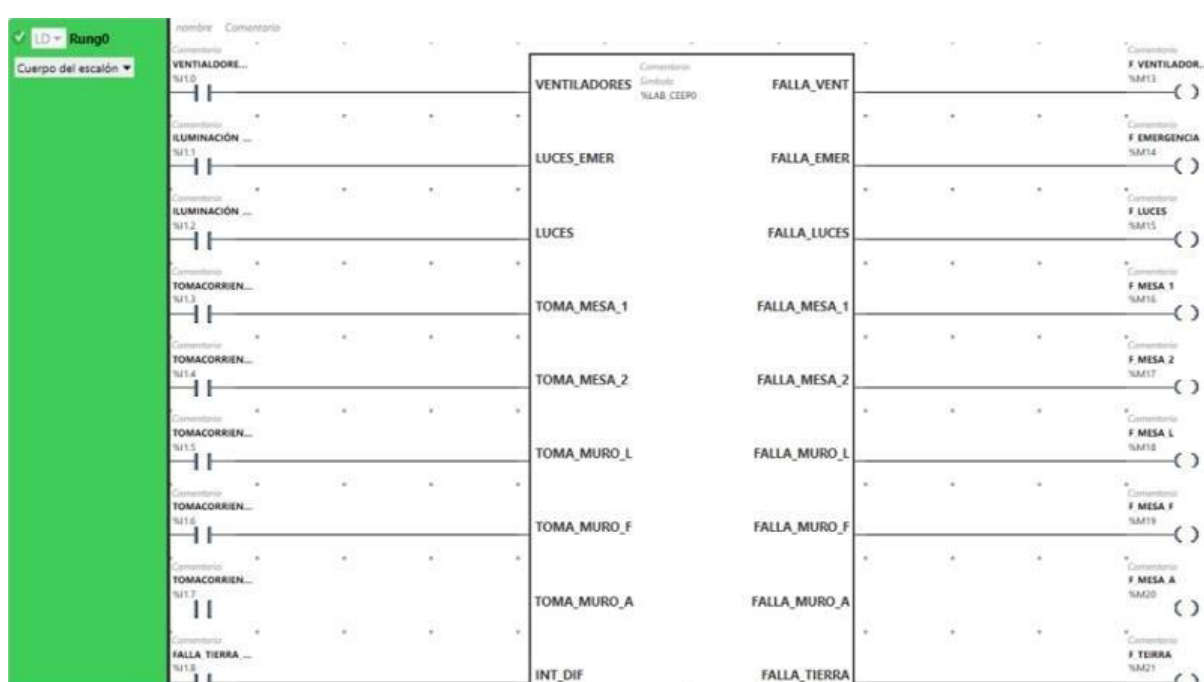
3.1. Simulación de la detección de fallas por sobrecorrientes y fallas a tierra

3.1.1. Laboratorio Circuitos Electrónicos, Eléctricos y Potencia

En la Figura 26 se observa el Bloque de Función creado para la detección de fallas por sobrecorrientes y fallas a tierra en el Lab. de Circuitos Electrónicos, Eléctricos y Potencia.

Figura 26

Bloque de Función para PLC de Lab. CEEP



Podemos ver que al lado izquierdo se encuentran las diez entradas (incluyendo el reset) y a la derecha las nueve salidas para detectar las fallas por sobrecorriente y falla a tierra.

En las siguientes figuras se mostrará la simulación realizada para demostrar que el Bloque de Función detecta y resetea las fallas.

En la Figura 27 observamos la interfaz gráfica diseñada. Podemos ver que cuenta con dos botones virtuales: MONITOREO DE FALLAS Y MONITOREO DE ENERGÍA.

Figura 27

Interfaz gráfica inicial



Al pulsar sobre MONITOREO DE FALLAS se abrirá la pantalla que se muestra en la Figura 28. También observamos que hay cuatro botones virtuales: LABORATORIO CEEP, LABORATORIO ELEC. DIGITAL, LABORATORIO TELEIN y LABORATORIO COMPU. Asimismo, podemos ver un botón de reset y una alarma visual de color rojo.

Figura 28

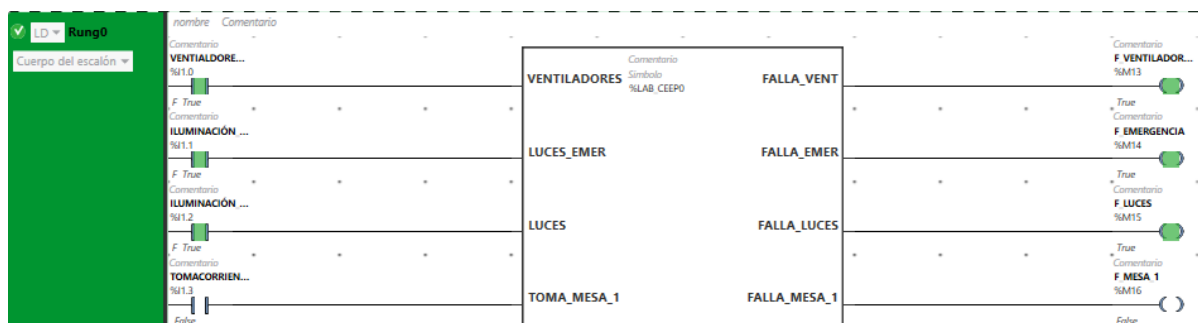
Interfaz gráfica de monitoreo de fallas



En la Figura 29 se ve que se han forzado las entradas de detección de falla por sobrecorriente en ventiladores, iluminación de emergencia y luces. También se puede apreciar que se han activado las respectivas alarmas en el PLC.

Figura 29

Activación de alarmas por sobrecorriente en PLC



En la Figura 30 se muestra que la HMI también ha activado las alarmas para indicar las fallas correspondientes.

Figura 30

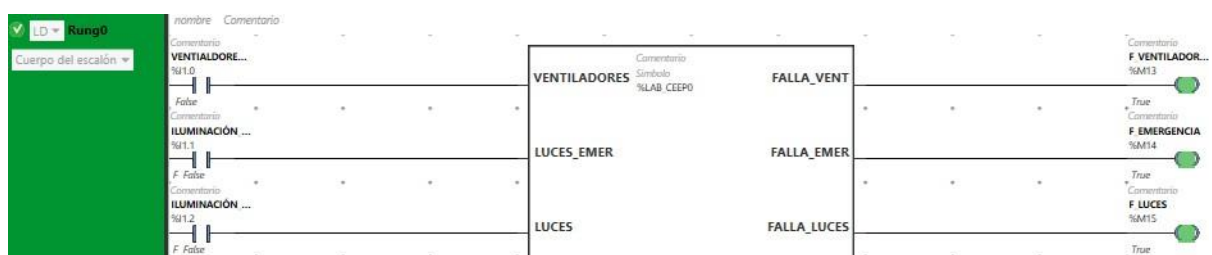
Activación de alarmas por sobrecorriente en HMI



Luego de detectar las fallas se ha supuesto que el encargado del laboratorio debió corregirla y volver a habilitar los interruptores termomagnéticos. Sin embargo, en la Figura 34 se muestra que las alarmas aún están activadas.

Figura 31

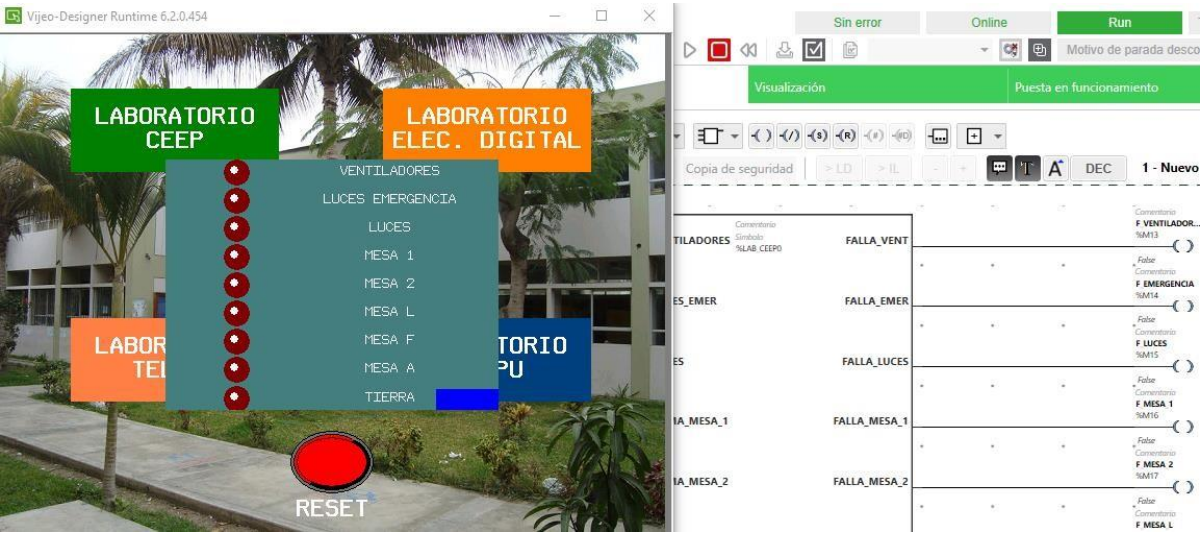
Alarmas activadas



Para deshabilitar completamente las alarmas es necesario ir hasta la interfaz gráfica y presionar el botón virtual de reset, tal como se muestra en la Figura 32.

Figura 32

Alarmas desactivadas

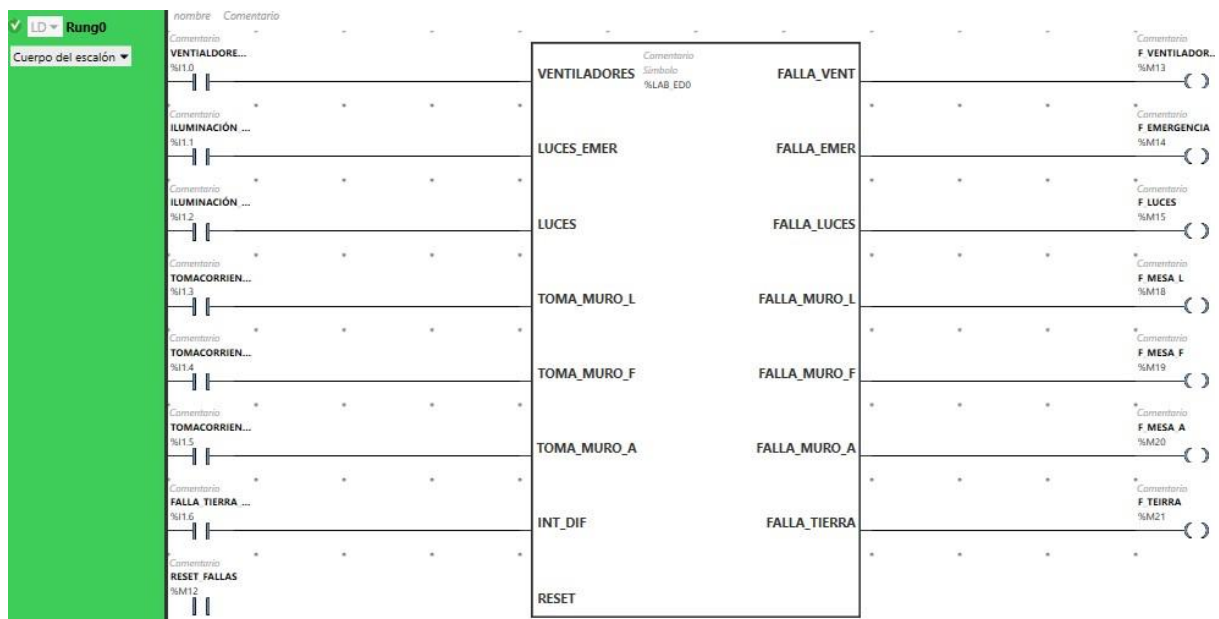


3.1.2. Laboratorio de Electrónica Digital

En la Figura 33 se observa el Bloque de Función creado para la detección de fallas por sobrecorrientes y fallas a tierra en el Lab. de Electrónica Digital.

Figura 33

Bloque de Función para PLC de Lab. ED



Podemos ver que al lado izquierdo se encuentran las ocho entradas (incluyendo el reset) y a la derecha las siete salidas para detectar las fallas por sobrecorriente y falla a tierra.

En las siguientes figuras se mostrará la simulación realizada para demostrar que el Bloque de Función detecta y resetea las fallas.

En la Figura 34 observamos la interfaz gráfica diseñada. Podemos ver que cuenta con dos botones virtuales: MONITOREO DE FALLAS Y MONITOREO DE ENERGÍA.

Figura 34

Interfaz gráfica inicial



Al pulsar sobre MONITOREO DE FALLAS se abrirá la pantalla que se muestra en la Figura 35. También observamos que hay cuatro botones virtuales: LABORATORIO CEEP, LABORATORIO ELEC. DIGITAL, LABORATORIO TELEIN y LABORATORIO COMPU. Asimismo, podemos ver un botón de reset y una alarma visual de color rojo.

Figura 35

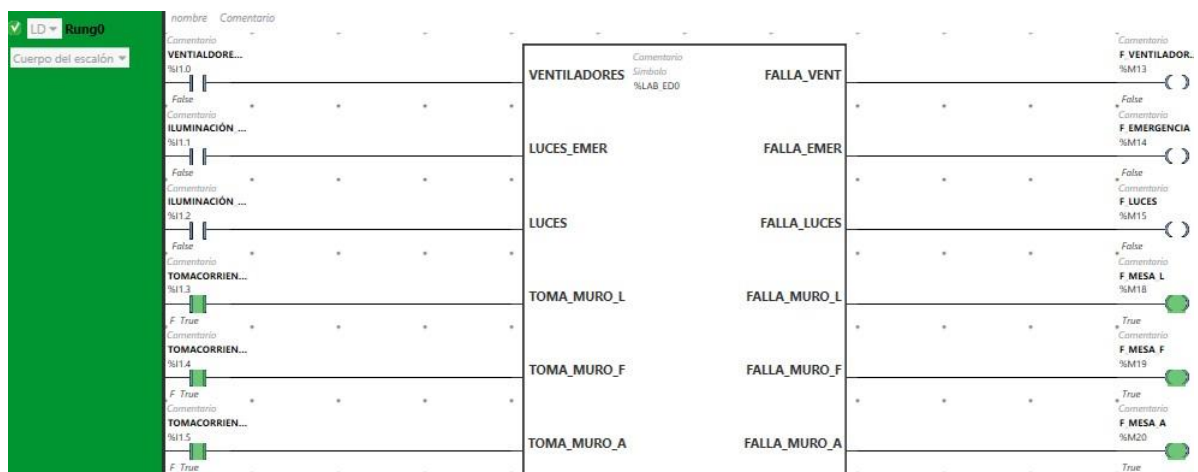
Interfaz gráfica de monitoreo de fallas



En la Figura 36 se ve que se han forzado las entradas de detección de falla por sobrecorriente en tomacorrientes de muro lateral, muro frontal y muro adyacente. También se puede apreciar que se han activado las respectivas alarmas en el PLC.

Figura 36

Activación de alarmas por sobrecorriente en PLC



En la Figura 37 se muestra que la HMI también ha activado las alarmas para indicar las fallas correspondientes.

Figura 37

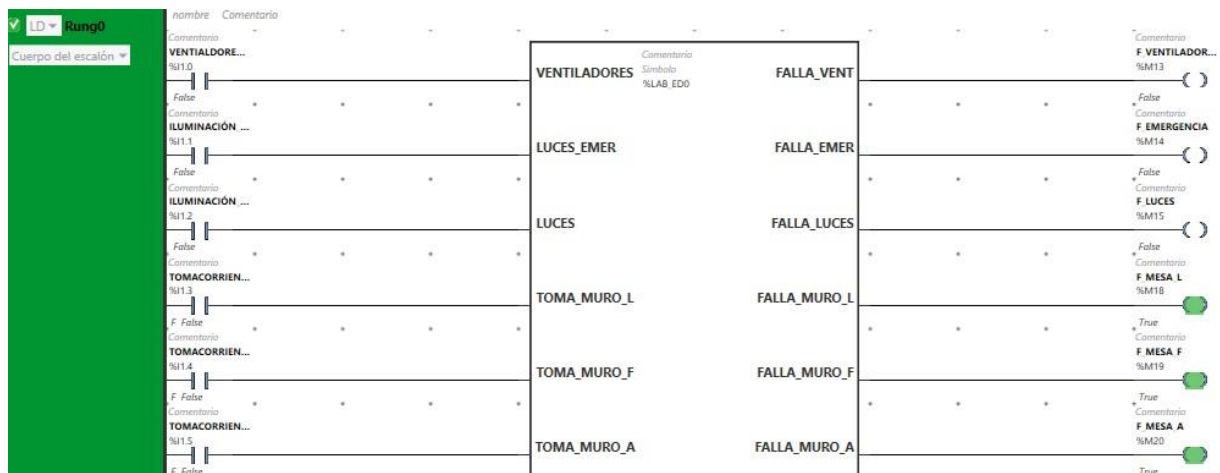
Activación de alarmas por sobrecorriente en HMI



Luego de detectar las fallas se ha supuesto que el encargado del laboratorio debió corregirla y volver a habilitar los interruptores termomagnéticos. Sin embargo, en la Figura 38 se muestra que las alarmas aún están activadas.

Figura 38

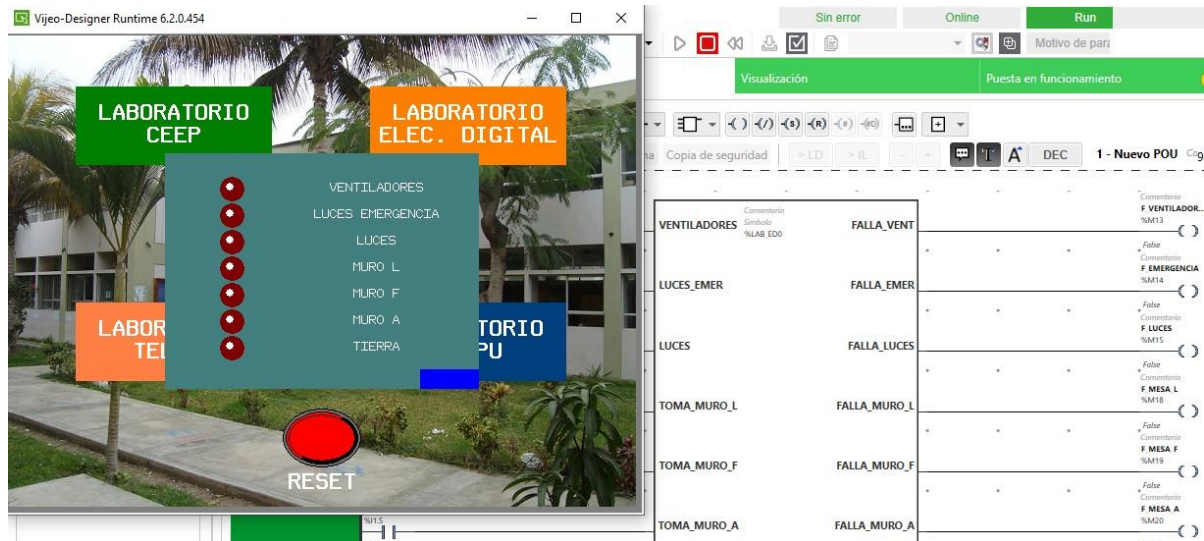
Alarmas activadas



Para deshabilitar completamente las alarmas es necesario ir hasta la interfaz gráfica y presionar el botón virtual de reset, tal como se muestra en la Figura 39.

Figura 39

Alarmas desactivadas

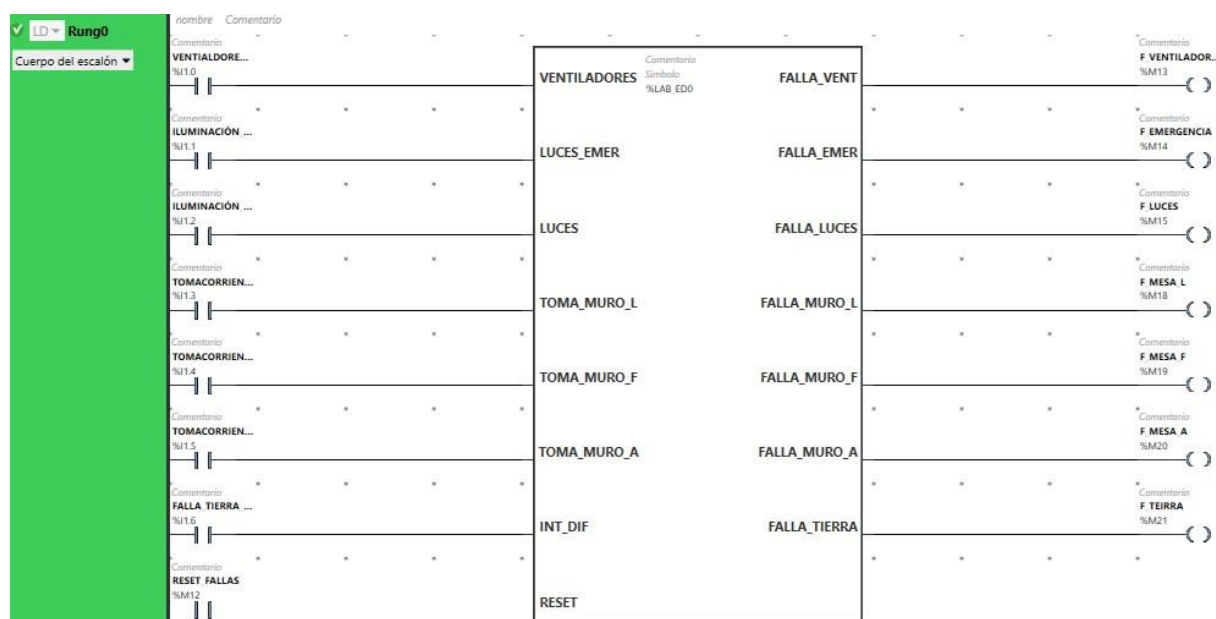


3.1.3. Laboratorio de Teleinformática

En la Figura 40 se observa el Bloque de Función creado para la detección de fallas por sobrecorrientes y fallas a tierra en el Lab. de Teleinformática.

Figura 40

Bloque de Función para PLC de Lab. TI



Podemos ver que al lado izquierdo se encuentran las ocho entradas (incluyendo el reset) y a la derecha las siete salidas para detectar las fallas por sobrecorriente y falla a tierra.

En las siguientes figuras se mostrará la simulación realizada para demostrar que el Bloque de Función detecta y resetea las fallas.

En la Figura 41 observamos la interfaz gráfica diseñada. Podemos ver que cuenta con dos botones virtuales: MONITOREO DE FALLAS Y MONITOREO DE ENERGÍA.

Figura 41

Interfaz gráfica inicial



Al pulsar sobre MONITOREO DE FALLAS se abrirá la pantalla que se muestra en la Figura 42. También observamos que hay cuatro botones virtuales: LABORATORIO CEEP, LABORATORIO ELEC. DIGITAL, LABORATORIO TELEIN y LABORATORIO COMPU. Asimismo, podemos ver un botón de reset y una alarma visual de color rojo.

Figura 42

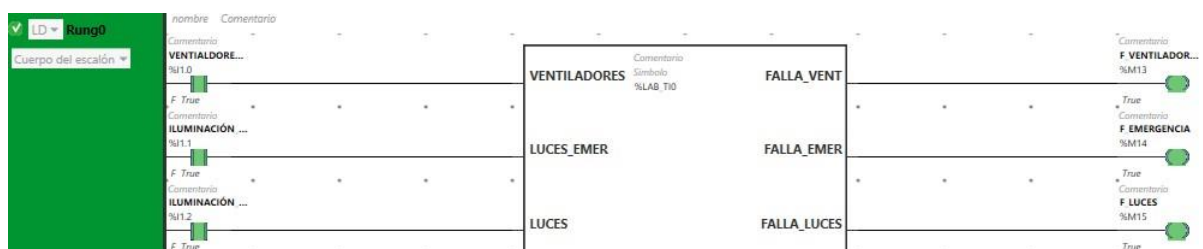
Interfaz gráfica de monitoreo de fallas



En la Figura 43 se ve que se han forzado las entradas de detección de falla por sobrecorriente en tomacorrientes de ventiladores, luces de emergencia e iluminación. También se puede apreciar que se han activado las respectivas alarmas en el PLC.

Figura 43

Activación de alarmas por sobrecorriente en PLC



En la Figura 44 se muestra que la HMI también ha activado las alarmas para indicar las fallas correspondientes.

Figura 44

Activación de alarmas por sobrecorriente en HMI



Luego de detectar las fallas se ha supuesto que el encargado del laboratorio debió corregirla y volver a habilitar los interruptores termomagnéticos. Sin embargo, en la Figura 45 se muestra que las alarmas aún están activadas.

Figura 45

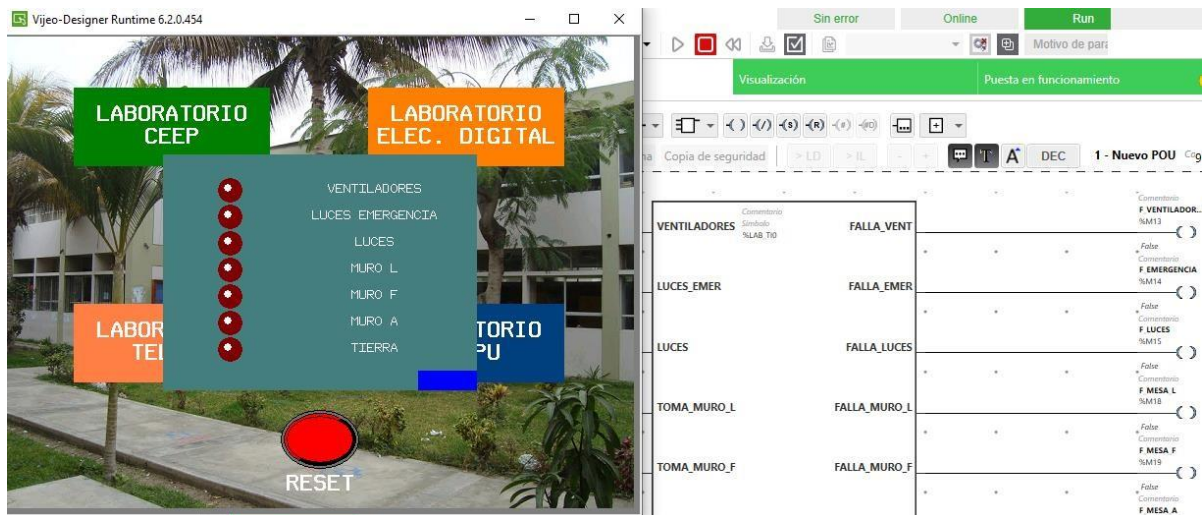
Alarmas activadas



Para deshabilitar completamente las alarmas es necesario ir hasta la interfaz gráfica y presionar el botón virtual de reset, tal como se muestra en la Figura 46.

Figura 46

Alarmas desactivadas

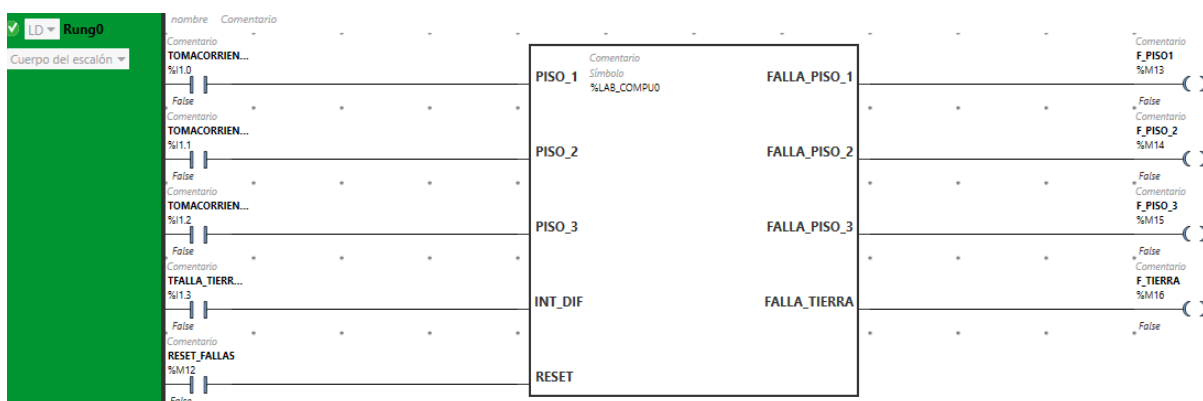


3.1.4. Laboratorio de Computación

En la Figura 47 se observa el Bloque de Función creado para la detección de fallas por sobrecorrientes y fallas a tierra en el Lab. de Computación.

Figura 47

Bloque de Función para PLC de Lab. TI



Podemos ver que al lado izquierdo se encuentran las cinco entradas (incluyendo el reset) y a la derecha las cuatro salidas para detectar las fallas por sobrecorriente y falla a tierra.

En las siguientes figuras se mostrará la simulación realizada para demostrar que el Bloque de Función detecta y resetea las fallas.

En la Figura 48 observamos la interfaz gráfica diseñada. Podemos ver que cuenta con dos botones virtuales: MONITOREO DE FALLAS Y MONITOREO DE ENERGÍA.

Figura 48

Interfaz gráfica inicial



Al pulsar sobre MONITOREO DE FALLAS se abrirá la pantalla que se muestra en la Figura 49. También observamos que hay cuatro botones virtuales: LABORATORIO CEEP, LABORATORIO ELEC. DIGITAL, LABORATORIO TELEIN y LABORATORIO COMPU. Asimismo, podemos ver un botón de reset y una alarma visual de color rojo.

Figura 49

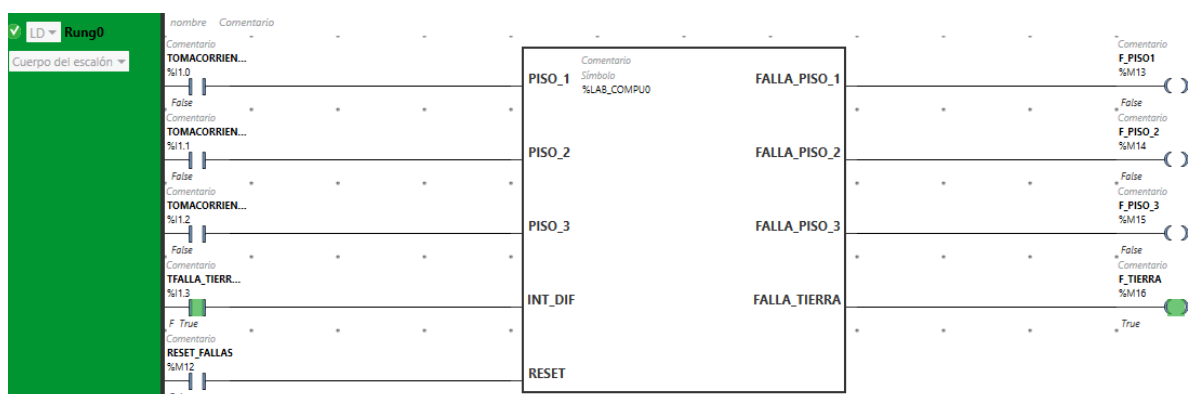
Interfaz gráfica de monitoreo de fallas



En la Figura 50 se ve que se ha forzado la entrada de detección de falla a tierra. También se puede apreciar que se ha activado la respectiva alarma en el PLC.

Figura 50

Activación de alarma por falla a tierra en PLC



En la Figura 51 se muestra que la HMI también ha activado la alarma para indicar la falla correspondiente.

Figura 51

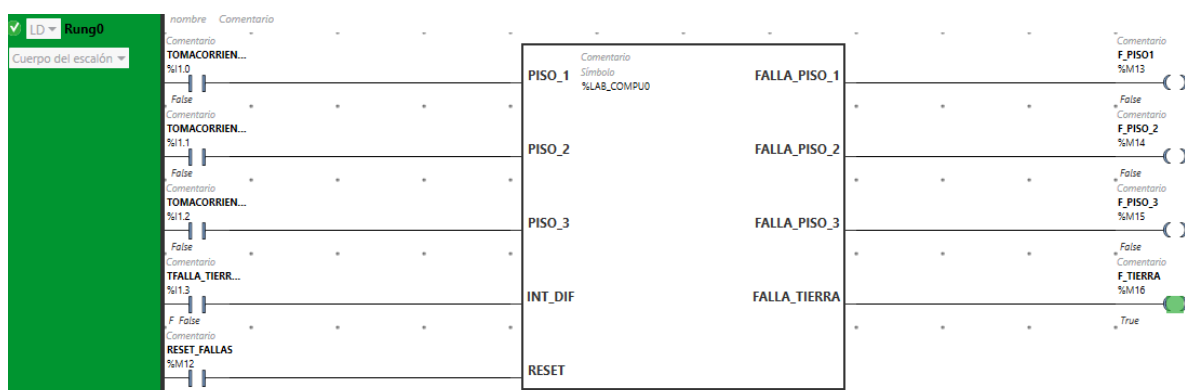
Activación de alarma por falla a tierra en HMI



Luego de detectar la falla se ha supuesto que el encargado del laboratorio debió corregirla y volver a habilitar el interruptore diferencial. Sin embargo, en la Figura 52 se muestra que la alarma aún está activada.

Figura 52

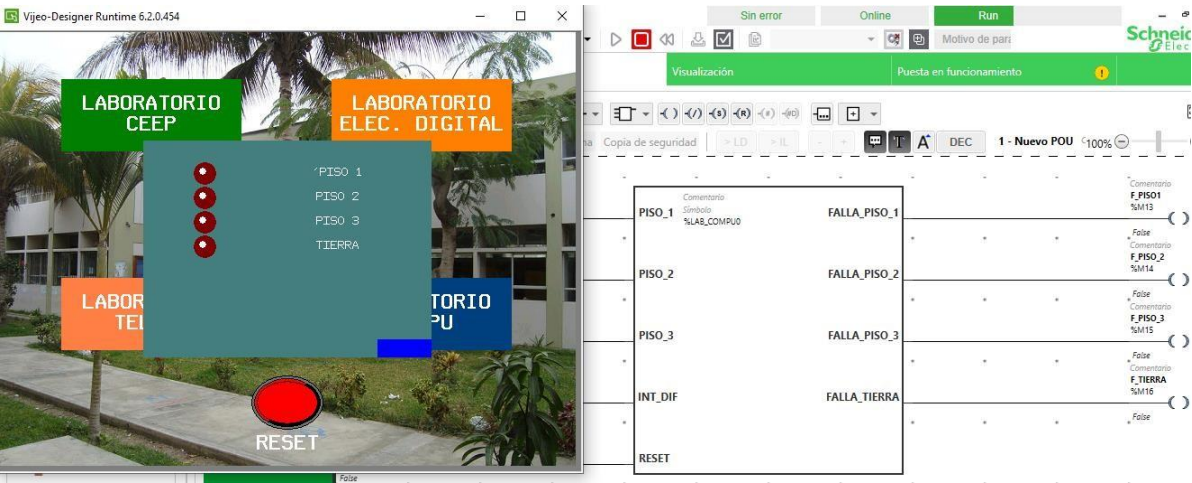
Alarma activada



Para deshabilitar completamente la alarma es necesario ir hasta la interfaz gráfica y presionar el botón virtual de reset, tal como se muestra en la Figura 53.

Figura 53

Alarma desactivada

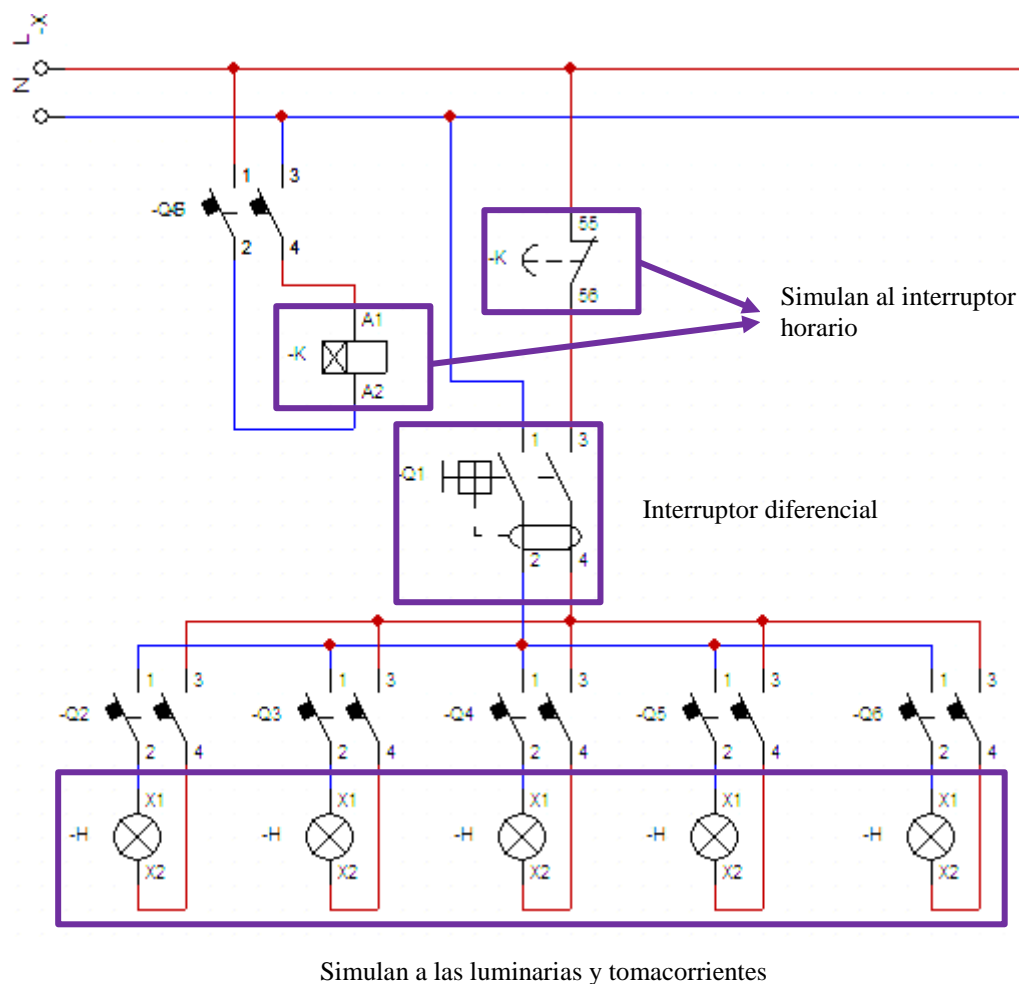


3.2. Simulación del control automático de tomacorrientes y luminarias

En la Figura 54 se observa el circuito diseñado para simular el control automático de tomacorrientes y luminarias. Es importante mencionar que por tratarse de un software de simulación los tiempos de configuración permitidos son de 0.1 s, 1 s, 10 s y 1 minuto. Sin embargo, la simulación servirá para dejar clara la idea del control automático para la conexión/desconexión de tomacorrientes y luminarias. Además, la configuración real de estos tiempos debe realizar en el interruptor horario digital.

Figura 54

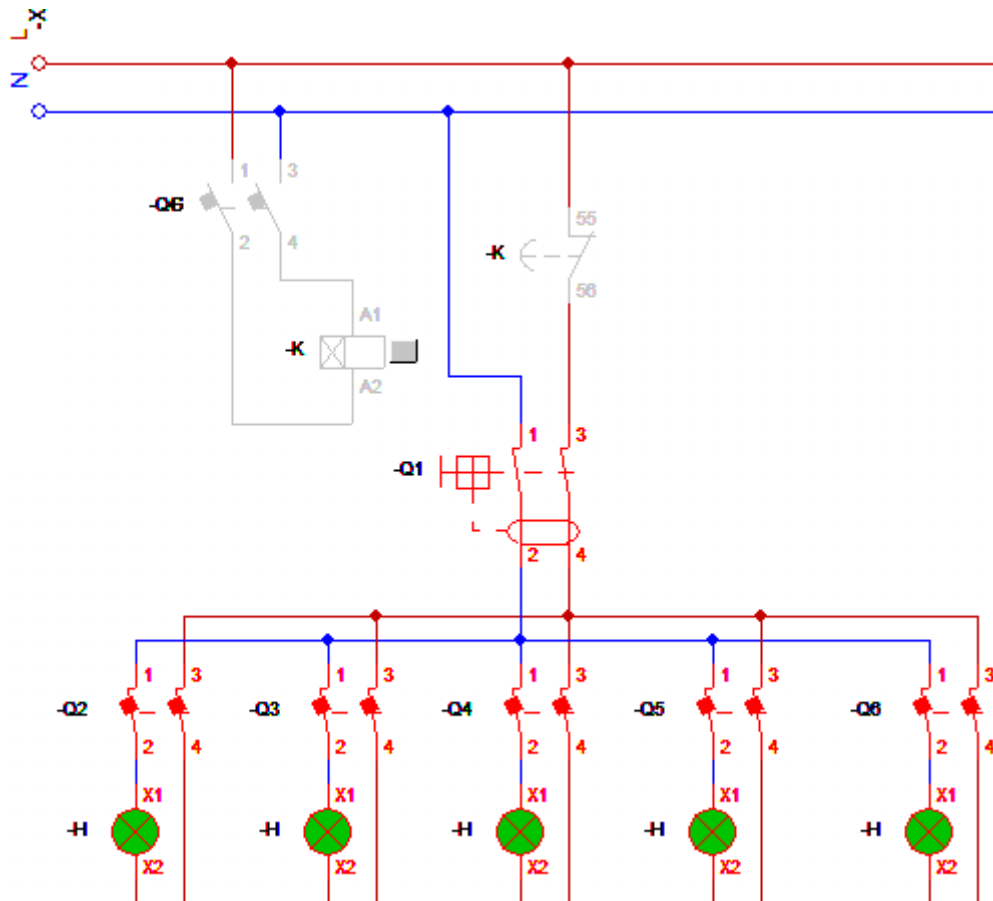
Circuito para conexión/desconexión automática de tomacorrientes y luminarias



En la Figura 55 se observa que se han activado las cargas (tomacorrientes y luminarias). En la simulación se ha configurado un tiempo de 1 s para la desconexión por lo motivos explicados anteriormente.

Figura 55

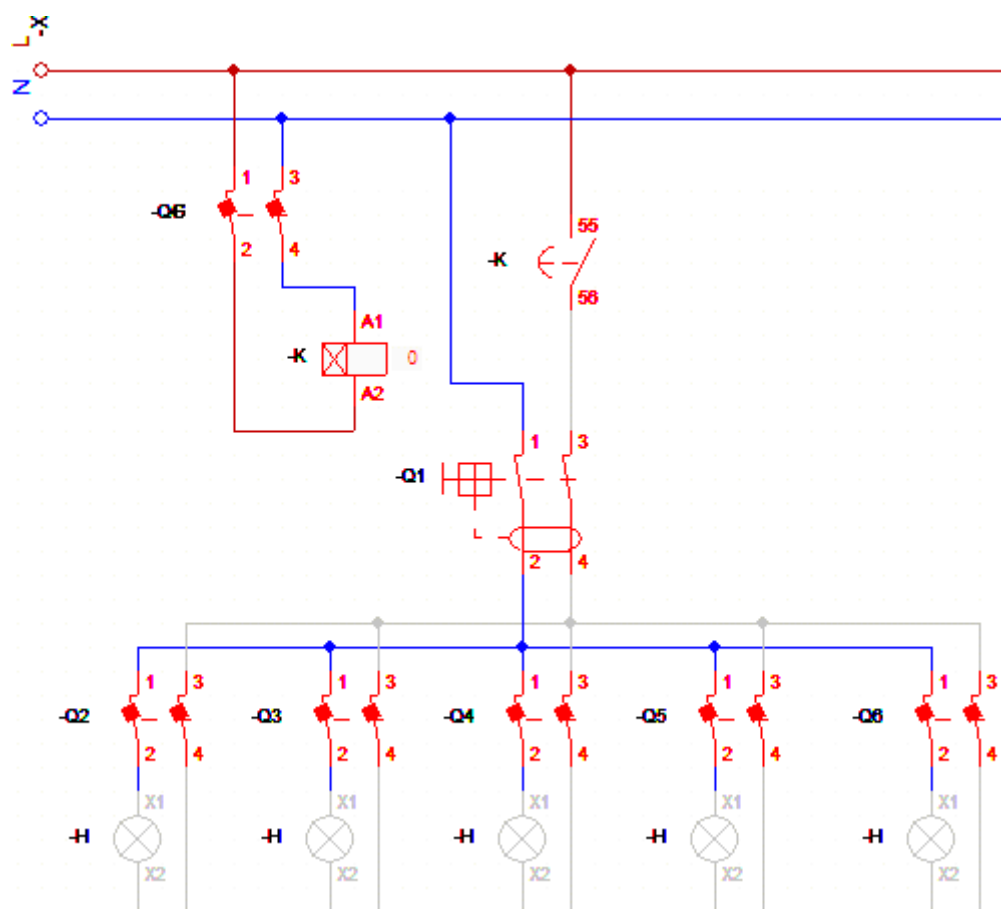
Cargas activadas



En la Figura 56 se observa que se han desactivado las cargas (tomacorrientes y luminarias). Se puede ver que el contacto auxiliar asociado al interruptor horario digital está abierto interrumpiendo el paso de corriente a las cargas desconectándolas completamente.

Figura 56

Cargas desactivadas



3.3. Simulación del monitoreo de energía eléctrica

En las siguientes figuras se muestran los paneles emergentes diseñados para monitorear la energía consumida en cada laboratorio. Es importante aclarar que como se trata de una simulación no se puede realizar el envío del valor de energía mediante la red Modbus RTU. Sin embargo, en los planos de arquitectura de red se muestra claramente como deben ser conectados los dispositivos maestro y esclavos para que puedan intercambiar información.

Figura 57

Panel emergente para monitoreo de energía – Lab. CEEP

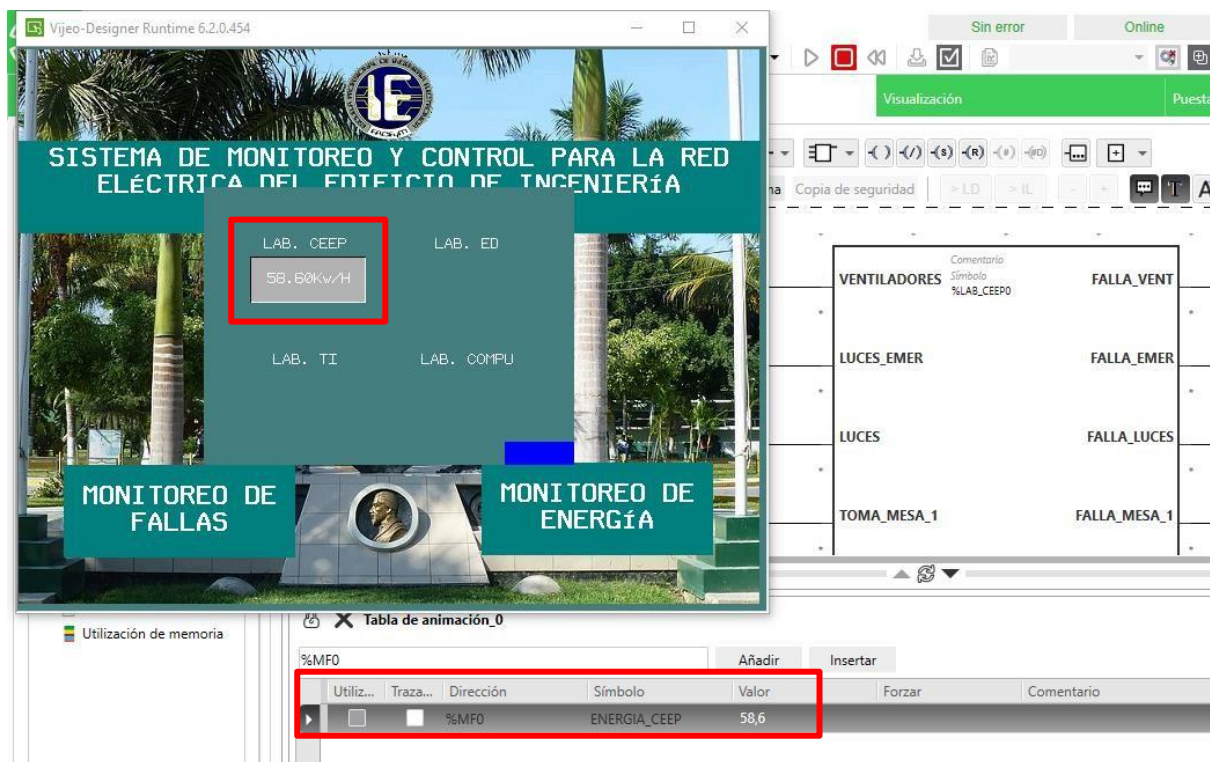


Figura 58

Panel emergente para monitoreo de energía – Lab. ED

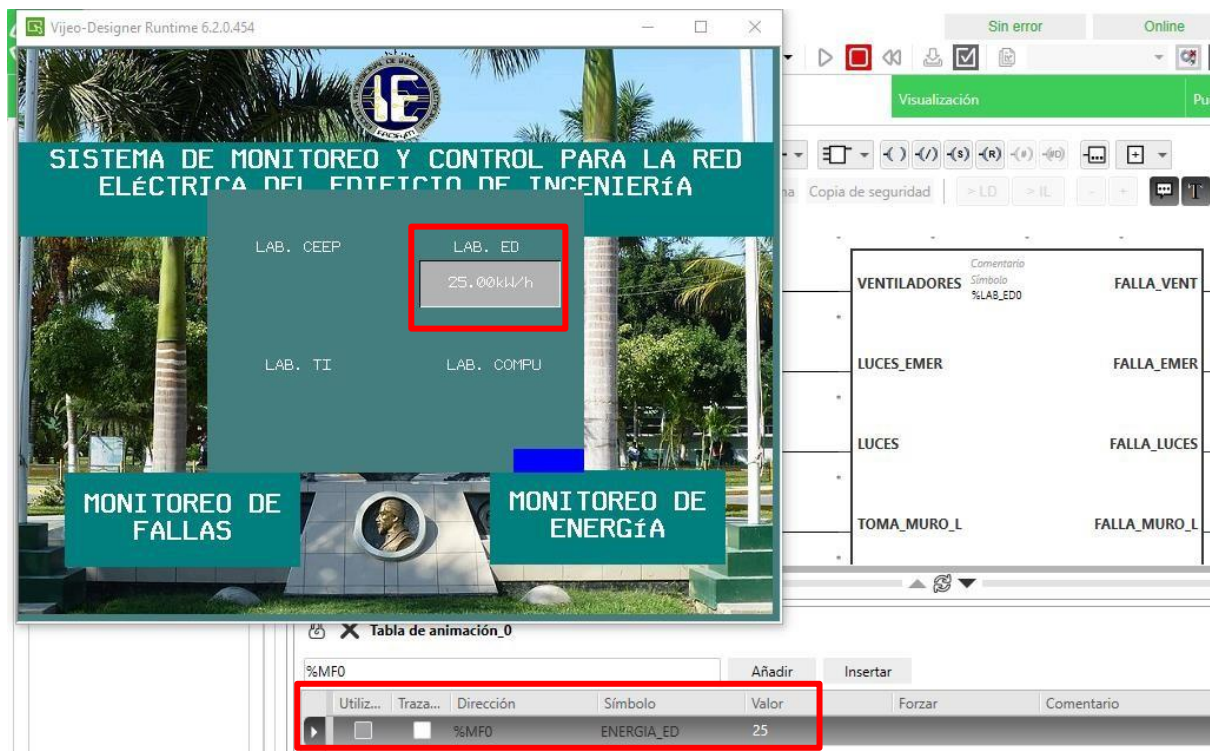


Figura 59

Panel emergente para monitoreo de energía – Lab. TI

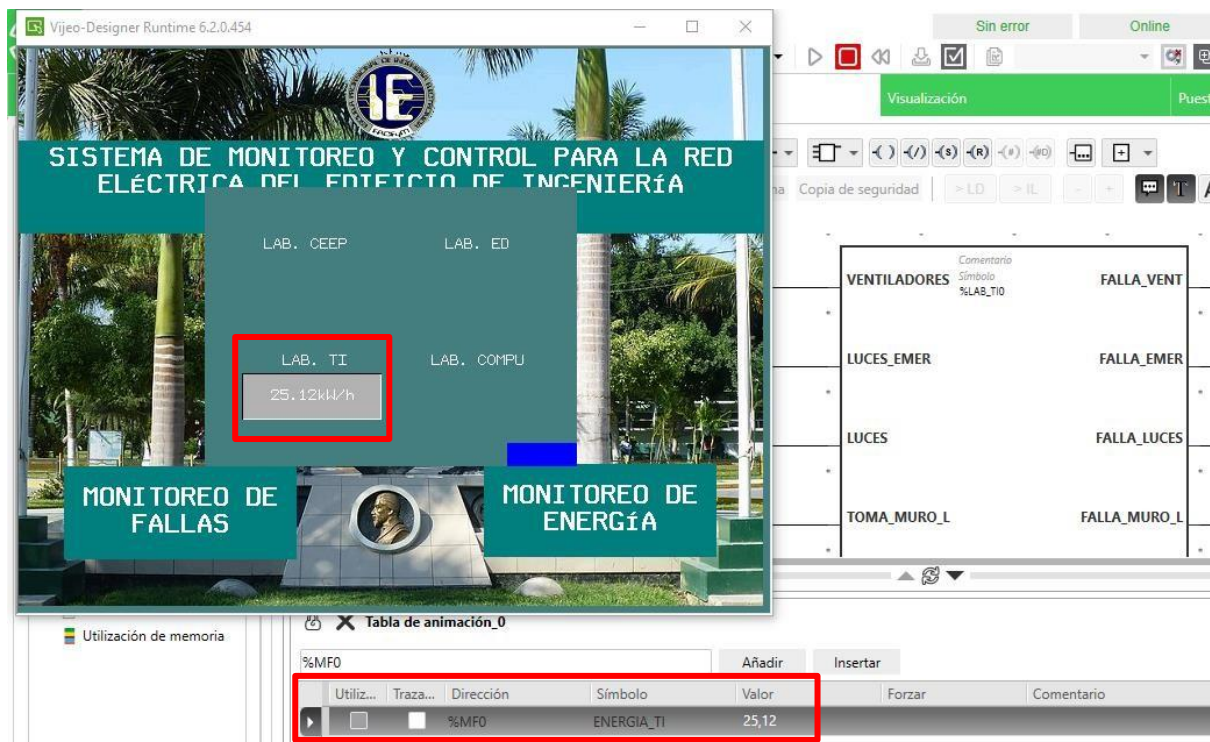
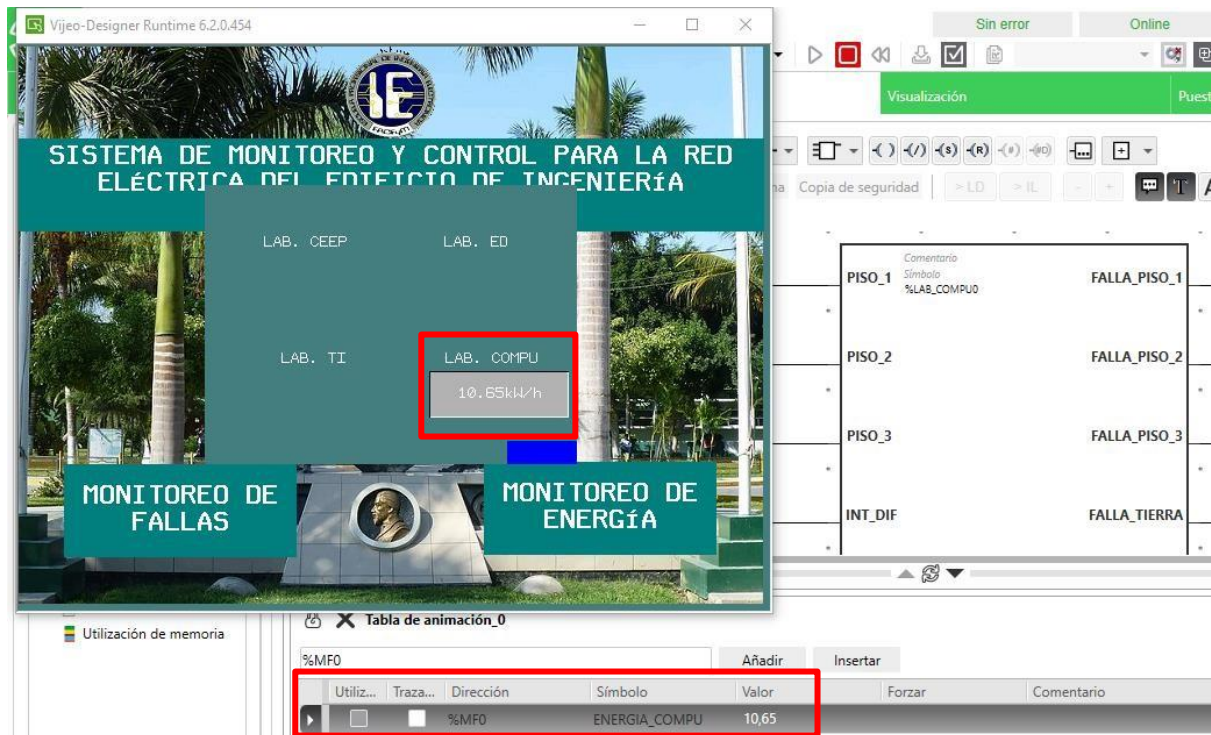


Figura 60

Panel emergente para monitoreo de energía – Lab. COMPU



3.4. Tableros de distribución

Figura 61

Modificaciones en tablero de distribución – Lab. Circuitos Electrónicos, Eléctricos y Potencia

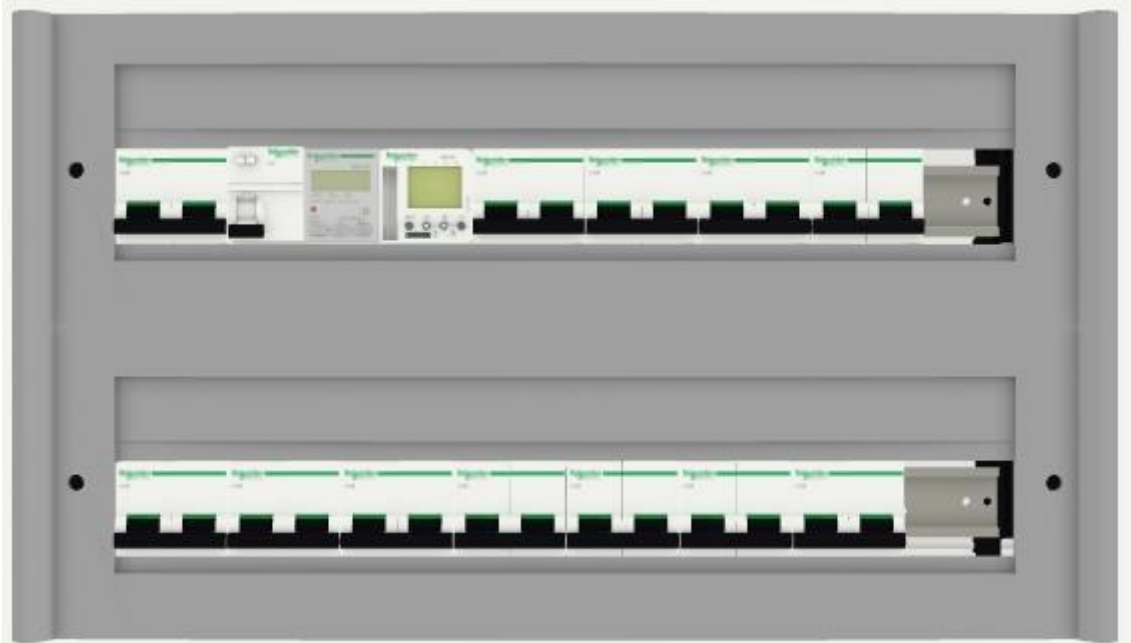


Figura 62

Modificaciones en tablero de distribución – Lab. Electrónica Digital



Figura 63

Modificaciones en tablero de distribución – Lab. Teleinformática



Figura 64

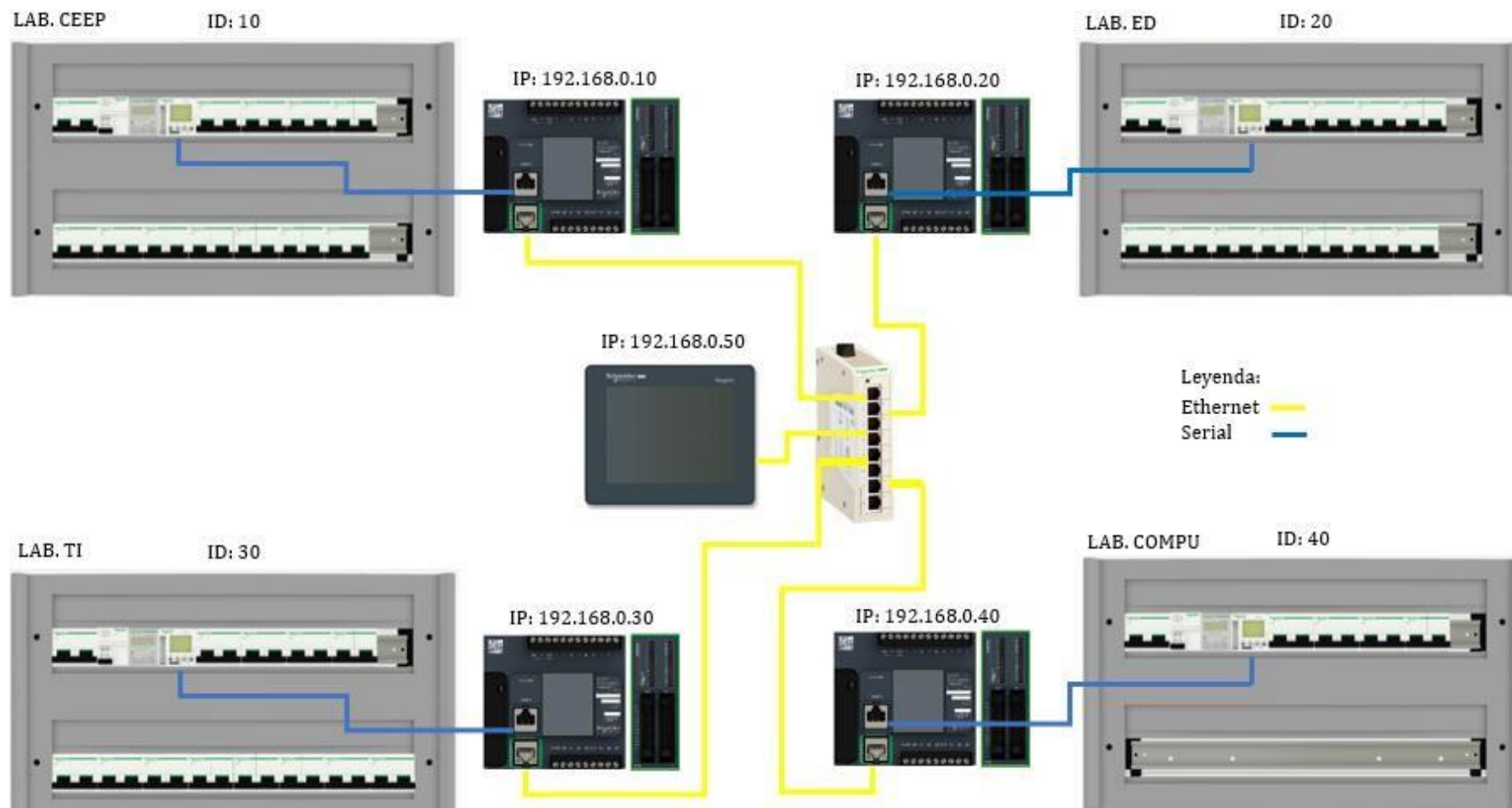
Modificaciones en tablero de distribución – Lab. Computación



3.5. Esquema de arquitectura de red

Figura 65

Arquitectura de red propuesta



3.6. Conexión de contactos auxiliares a módulos de expansión

Figura 66

Conexión de contactos auxiliares a PLC – Lab. Circuitos Electrónicos, Eléctricos y Potencia

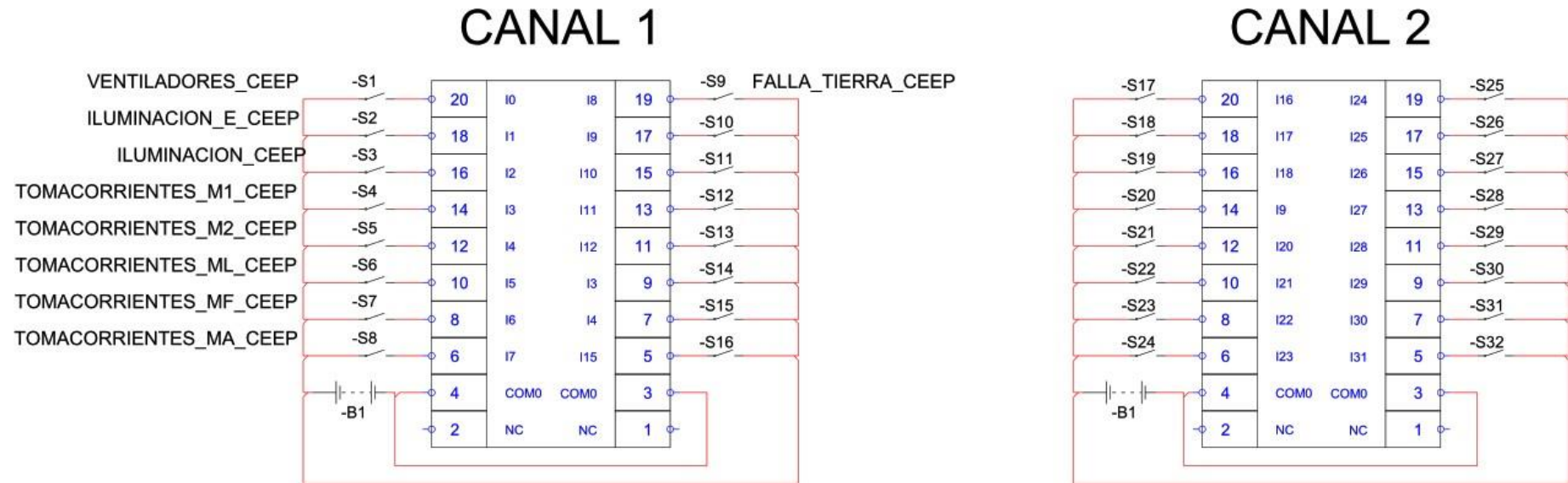


Figura 67

Conexión de contactos auxiliares a PLC – Lab. Electrónica Digital

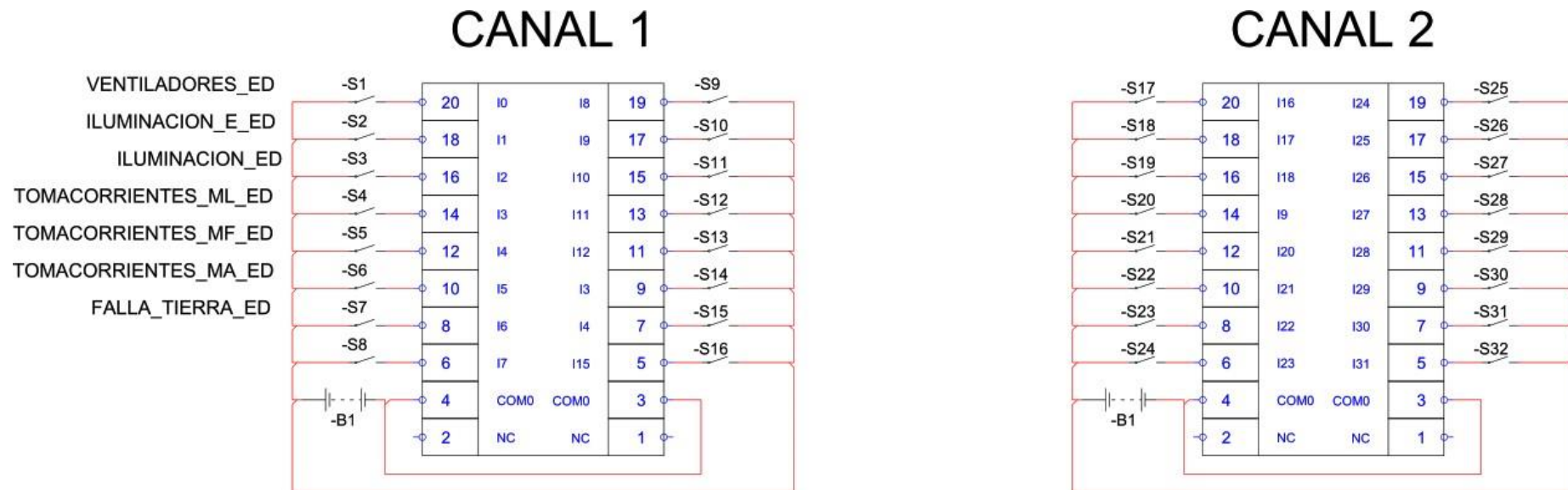


Figura 68

Conexión de contactos auxiliares a PLC – Lab. Teleinformática

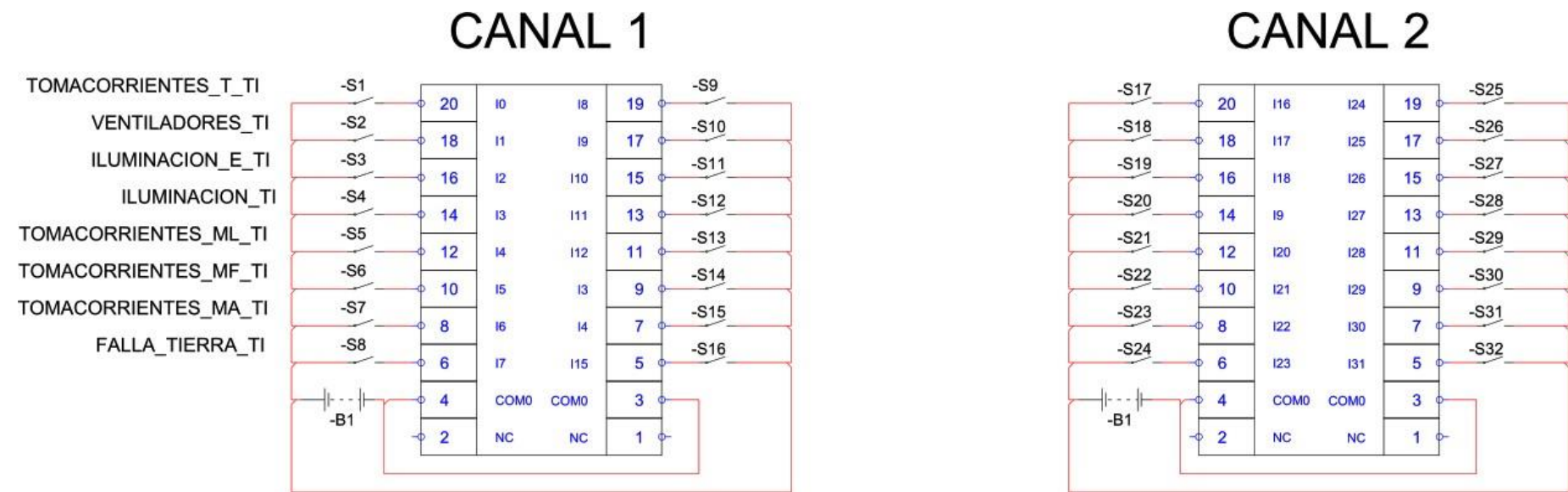
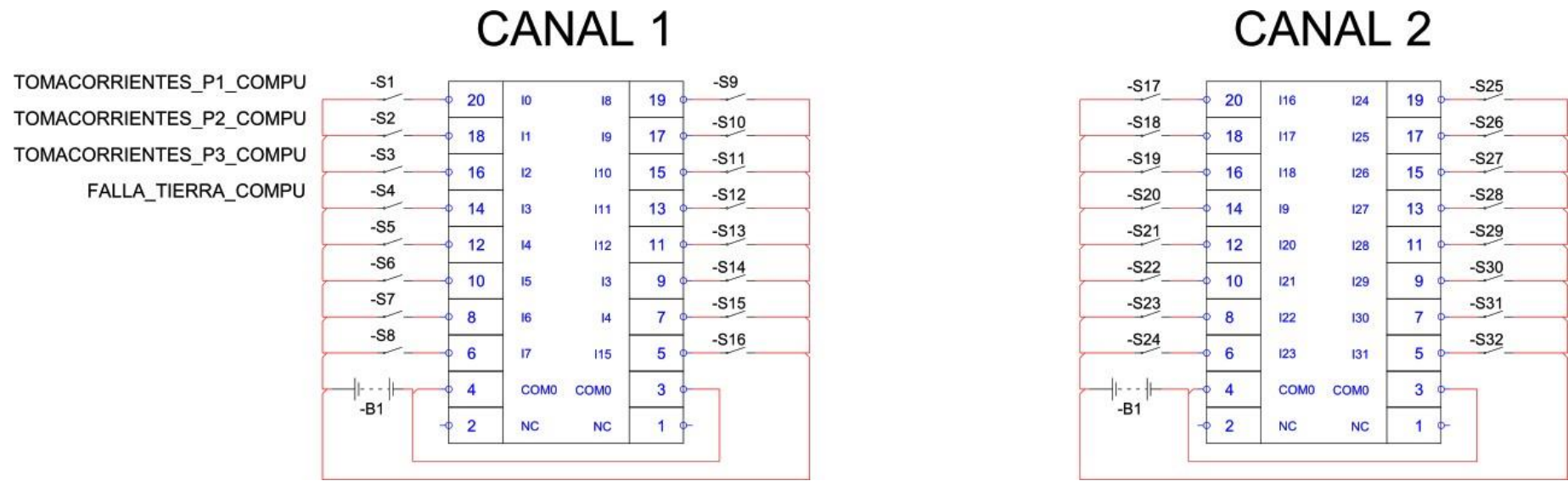


Figura 69

Conexión de contactos auxiliares a PLC – Lab. Computación



IV. CONCLUSIONES

1. La simulación demostró que es posible detectar las 24 señales de falla de los dispositivos de protección eléctrica (sobrecorrientes y fallas a tierra) en cuatro laboratorios de Ingeniería Electrónica – UNPRG mediante los contactos auxiliares de los interruptores termomagnéticos y el Bloque de Función realizado en un PLC Modicon M221.
2. La simulación demostró que es posible la conexión y desconexión programada de los tomacorrientes y las luminarias de forma automática en cuatro laboratorios de Ingeniería Electrónica – UNPRG mediante la configuración de un interruptor horario digital.
3. La simulación demostró que es posible monitorear el consumo de energía eléctrica en el edificio de Ingeniería Electrónica – UNPRG a través de una interfaz gráfica en una HMI.
4. Finalmente, se concluye que la propuesta de implementación es viable ya que los materiales considerados tienen un costo de S/. 26,294.96.

V. RECOMENDACIONES

1. Determinar cuáles son las cargas conectadas en los tableros eléctricos que no se han considerado en esta investigación.
2. Instalar los tableros de control (PLC y módulos de expansión) los más cerca posible al tablero de distribución correspondiente para energizar al PLC con un ITM de reserva.
3. Integrar las señales de los interruptores termomagnéticos e interruptores diferencial de las cargas de los tableros eléctricos que no se han considerado en esta investigación al sistema de monitoreo y control propuesto.

REFERENCIAS

- Antonio, P., & Fernández, G. (2002). Recorrido-De-La-Energia-La-Electricidad. In *Madridinnova* (Vol. 1).
- Brunete Alberto, S. P. y H. R. (2020). *Introducción a la Automatización Industrial*.
https://bookdown.org/alberto_brunete/intro_automatica/
- Buendia Paitampoma, F. (2018). “Diseño De Un Sistema Automatizado Mediante Controlador Lógico Programable Siemens Logo 230Rce, Para El Ahorro De Energía Eléctrica, En El Instituto Privado Toulouse Lautrec S.a.C., Santiago De Surco – Lima.” In “*Diseño De Un Sistema Automatizado Mediante Controlador Lógico Programable Siemens Logo 230Rce, Para El Ahorro De Energía Eléctrica, En El Instituto Privado Toulouse Lautrec S.a.C., Santiago De Surco – Lima*” (Vol. 1).
- Carchipulla Bastidas, M., & LLumiquinga Pizarro, O. (2013). “*Diseño e Implementacion de un Sistema SCADA para la Administración de Energía Electrca del Edificio de la Corporación GPF*” Tesis.
- Dammert, A., Molinelli, F., & Carbajal, M. A. (2011). Fundamentos técnicos y económicos del sector eléctrico peruano. In *Osinergmin*.
- ENSA. (2019). *Recibo por Consumo Eléctrico de la UNPRG*.
- Entrena, J. (2015). *Instalación de equipos y elementos de sistemas de automatización industrial*. Elibro.
- Gutiérrez Hinestroza, M., & Iturralde Kure, S. A. (2017). *Fundamento Básicos de Instrumentación y Control*.
- Julieta Schallenberg, & Hernández, C. (2008). *Energías renovables y eficiencia energética*.
- Lima Velasco, J. (2013). *Ahorro de Energía Eléctrica*.
- Ministerio de Energía y Minas. (2017). *Guía de Orientación del Uso Eficiente de la Energía y de Diagnóstico Energético SECTOR RESIDENCIAL Lima , Octubre 2017*.

- OSINERGMIN. (2016). La industria de la electricidad en el Perú. In *Osinergmin*.
- RSE, P. (2018). *ETIQUETADO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA: QUÉ ES Y CÓMO TE AYUDA A AHORRAR ENERGÍA Y DINERO EN EL HOGAR – NOTICIAS RSE PERÚ*. 2018. <https://noticias.rse.pe/etiquetado-de-eficiencia-energetica-que-es-y-como-te-ayuda-a-ahorrar-energia-y-dinero-en-el-hogar/>
- Siadén Paiva, D. M. E. (2016). " *Diseño De Un Sistema Para El Ahorro De Energia En El Edificio Park Office La Molina " Tesis*.
- UC3M. (2016). *Tecnologías de Redes Eléctricas Inteligentes*. 2016. https://www.uc3m.es/ss/Satellite/UC3Minstitucional/es/Detalle/Comunicacion_C/1371218740993/1371216001122/Nuevo_Master_Universitario_de_la_UC3M_en_Tecnologias_de_Red_Electricas_Inteligentes

ANEXOS

Recibo por Consumo del 01/11/2019 al 30/11/2019

Ensa
EMPRESA REGIONAL DE SERVICIO PÚBLICO
DE ELECTRICIDAD DEL NORTE S.A.
San Martín N° 100 - Chiclayo
R.U.C. 20103117560

Noviembre-2019

CÓDIGO 27512385

Cliente	UNIVERSIDAD PEDRO RUIZ GALLO		
R.U.C.	20105685875		
Dirección	CENTR LAMBAYEQUE Av JUAN XXIII 0391 0000		
Referencia	CENTR LAMBAYEQUE Av JUAN		
Ruta	1324-10222-1550		
Tarifa	MT4	Serie Medidor	000000004253582 - Electrón.
Medición	Media Tension	N° Hilos Medidor	3
Tensión y SED	10 kV / E-200859	Modalidad	Potencia Variable
Sist. Eléctrico	S201 Chiclayo (ST2)	Inicio Contrato	30/07/2000
Tipo Suministro	Trifásica-Subterránea(C5.3)	Termino Contrato	29/07/2020

Promedio Máxima Demanda	Potencia Contratada
259.0907	568.0000

Calificación	Fuera de Punta	Horas Punta	125
--------------	----------------	-------------	-----

Magnitud Leída	Lectura Anterior	Lectura Actual	Diferencia	Demanda
Energía Activa Total (kWh)	8,226.9100	8,406.1400	179.2300	81,468.1004
Energía Activa Hora Punta (kWh)	1,363.8300	1,396.1200	32.2900	14,677.2581
Energía Activa Fuera Punta (kWh)	6,863.0800	7,010.0200	146.9400	66,790.8423
Energía Reactiva (kVarh)	5,020.8800	5,124.2800	103.4000	46,999.9530
Potencia Hora Punta (kW)	0.5100	0.4800	0.4800	218.1816
Potencia Fuera Punta (kW)	0.5600	0.5500	0.5500	249.9998

Factor Calificación : 0.4697 Fac.Medic. 454.5450

Año 2019

Año 2019

Concepto	Consumo	Precio Unitario	Total
Cargo Fijo		10.8200	10.82
Cargo por Reposición y Mantenimiento			22.52
Energía Activa (S/ 0.2293 x 81468 Kwh)	81468.1004	0.2293	18680.64
Energía Reactiva	22559.5229	0.0432	974.57
Pot. Uso Redes Distrib.FP	259.0907	14.5100	3759.41
Pot. Activa Generación FP	249.9998	33.4100	8352.49
Alumbrado Público (Alicuota : S/ 0.3012)			802.40
Interés Compensatorio	1.0000	247.4709	247.47
Regul.coosto por reposición y mantenimiento	1.0000	0.2200	0.22
SUB TOTAL			32650.54
Imp. Gral. a las Ventas			5877.10
Interés Moratorio	1.0000	32.1728	32.17
Saldo por redondeo	1.0000	-0.0500	-0.05
Diferencia de redondeo		0.0100	0.01
Aporte Ley Nro. 28749	0.0084	81468.1004	684.33
TOTAL RECIBO DE NOVIEMBRE-2019			39244.10
Deuda Anterior (1 Mes.)			32678.40

Total a Pagar incluye Aporte FOSE(Ley N°27510) S/ 1165.64

Importe 2 Últimos Meses Facturados	
Set - 2019 S/ 29362.80	Oct - 2019 S/ 38124.40

HISTORICO DE CONSUMOS Y DEMANDAS											
Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct
98114	64405	58054	54377	58758	57264	71718	68126	65758	63359	53245	75927
13018	12482	9186	8665	9819	10727	14891	13916	13332	11732	10305	14788
206.0807	245.8988	206.0807	222.7321	216.1816	236.3634	268.1816	248.9998	263.6381	236.3634	216.1816	254.5452
206.5463	185.0544	113.6263	116.1817	108.0008	181.8180	204.5463	213.6382	198.9998	186.2633	159.0908	231.8180

Emisión	06/12/2019	Vencimiento	23/12/2019	TOTAL	S/*****71,922.50
----------------	-------------------	--------------------	-------------------	--------------	-------------------------

Su AMT es : A2026 - LS101 de SE de Potencia : LAMBAYEQUE SUR

Son : TREINTA Y NUEVE MIL DOSCIENTOS CUARENTA Y CUATRO Y 10/100 SOLES

(*) El importe en letras hace referencia al total del recibo del mes de Noviembre-2019 Comprobante emitido según RS-007-99 SUNAT Cap. I, Art. 4, Inciso 6.1.d.

Si realiza el pago vía transferencia bancaria debe enviar un correo a: pagosensa@distriluz.com.pe Revise el estado de cuenta de su recibo en: <http://www.distriluz.com.pe/ConsultaRecibos/ConsultaRecibo.asp> x?empresa=2

UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ - CENTR LAMBAYEQUE Av JUAN XXIII 0391 0000

Fecha Corte:24/12/2019

Si paga hasta la fecha de vencimiento evitará el corte, gastos y molestias innecesarias.

Ensa R.U.C. 20103117560

Facturación: **Noviembre-2019**

Suministro: **27512385**

Dirección: **CENTR LAMBAYEQUE Av JUAN XXIII**

Ruta: **1324-10222-1550**

Emisión: **06/12/2019**

Vencimiento: **23/12/2019**

Recibo N° **258-90233318**

Lambayeque/Lambayeque

TOTAL A PAGAR S/ ***71,922.50**

Ficha técnica del producto

Especificaciones



PLCM221 - 9 entradas digitales - 7 salidas rele - Ethernet

TM221CE16R

Principal

Gama	Modicon M221
Tipo de producto o componente	Controlador lógico
[Us] Tensión nominal de alimentación	100...240 V AC
De pie conducto	9, entrada digital conforme a IEC 61131-2 tipo 1
Número de entrada analógica	2 a 0...10 V
Salida discreta	Relé normalmente abierto
Número de salidas discretas	7 relé
Tensión de salida	5...125 V DC 5...260 V AC
Montado en la pared del conducto	2 A

Complementos

2 Caja mural + 3 conductos	16
Numero de E/S del módulo de expansión	4 para salida transistor 4 para salida del relé
Límites de tensión de alimentación	85...264 V
Frecuencia de red	50/60 Hz
Corriente de entrada	40 A
Maximum power consumption in VA	49 VA a 100...240 V módulo de expansión con número máximo de E/S 33 VA a 100...240 V sin módulo de expansión E/S
Corriente de salida fuente de alimentación	0,325 A 5 V para bus de expansión 0,12 A 24 V para bus de expansión
Entrada lógica	Receptor o suministro (positivo/negativo)
Voltaje entrada	24 V
Tipo de voltaje entrada discreto	DC
Resolución de entrada analógica	10 bits
Clip-en las cubiertas	10 mV
Tiempo conversión	1 ms por canal + 1 controlador del ciclo de tiempo entrada analógica

Descargo de responsabilidad: Esta documentación no ha sido diseñada como reemplazo, ni se debe utilizar para determinar la idoneidad o la confiabilidad de estos productos para aplicaciones e especificaciones de usuarios.

Product data sheet

Specifications



Touch panel screen, Harmony STO & STU, 3"5 Color

HMISTU655

Main

Range of product	Harmony STO & STU
Product or component type	Touch panel screen
Software designation	Vijeo Designer
Operating system	Harmony
Processor name	CPU ARM9

Complementary

Display size	3.5 inch
Display type	QVGA TFT colour touchscreen
Display colour	65536 colours
Display resolution	320 x 240 pixels QVGA
Touch panel	Analogue
Backlight lifespan	60000 hours
Brightness	16 levels
Character font	Chinese (simplified Chinese) Japanese (ANIK, Kanji) ASCII Korean Taiwanese (traditional Chinese)
[Us] rated supply voltage	24 V DC
Supply	External source
Supply voltage limits	20.4...28.8 V
Inrush current	30 A
Power consumption in W	6.6 W
Number of pages	Limited by internal memory capacity
Processor frequency	333 MHz
Memory description	Application memory 16 MB Back up of data 64 kB
Integrated connection type	1 USB 2.0 type mini B 1 USB 2.0 type A COM1 serial link - female RJ45 - RS232C/RS485 (rate: <= 115.2 kbits/s) power supply - removable screw terminal block 1 Ethernet - RJ45
Realtime clock	Access to the PLC real-time clock

Disclaimer: This documentation is not intended as a substitute for and is not to be used for determining suitability or reliability of these products for specific user applications

Hoja de características del producto

Especificaciones



Kwh meter modbus, 2tar, MID

A9MEM2155

Principal

Gama	Acti 9
Family	Acti 9 iEM2100
Nombre corto del dispositivo	iEM2155
Tipo de producto o componente	Medidor de energía

Complementario

Número de polos	1P + N
Tipo de medición	Energía activa f reactiva Potencia activa f reactiva Corriente Tensión
Tipo de medição	Energía activa, reactiva f aparente activa (firmado, de cuatro cuadrantes)
Aplicación del dispositivo	Contador parcial Facturación sub Multi-tarifa
Clase de precisión	Clase 1 energía activa acorde a IEC 62053-21 Clase B energía activa acorde a EN 60470-3 Clase 2 energía reactiva acorde a IEC 62053-23
Input type	entrada directa
Rated current	63 A
Tensión nominal	230 V +/- 20 %
Frecuencia de red	60 Hz 60 Hz
Frecuencia	45...66 Hz
Tipo de tecnología	Electrónico
Tipo de pantalla	Pantalla LCD
Velocidad de muestreo	32 muestras/ciclo
Corriente de medición	0...63 A
Dígitos del display	8
Capacidad máxima de medida	999999.99 kWh
Tariff input	Tarifa - tipo de cable: 2)
Communication port protocol	Modbus RTU en 1.2, 2.4, 4.8, 9.6, 19.2 and 38.4 kbauds ((T)) Par/Imper o ninguna - 3 cables, aislamiento 4000 V
Soporte del puerto de comunicación	Terminales de tornillo, estado 1 RS485

Aviso Legal: Esta documentación no pretende sustituir ni la adecuación o la fiabilidad de estos productos para aplicaciones específicas de los usuarios.

Ficha técnica del producto

Especificaciones



Interruptor horario programable digital 1 canal - semanal

CCT15854

Principal

Range of product	Acti 9
Nombre del producto	Acti 9 iID
Nombre corto del dispositivo	IHP
Tipo de producto o componente	Interruptor digital temporizado programable
Aplicación de dispositivo	Edificios
Tipo de batería	Litio
Número de canales	1
Available equipment	Kit de programación Llave de memoria
Idioma	Portugués Inglés Francés Italiano Alemán Español
Color	Blanco RAL 9003)

Complementos

Intensidad de conmutación máxima	16 A - 250 V AC 1 4 A - 250 V AC 0,6
[Ue] tensión de funcionamiento nominal	230 V AC - 15...10 % a 50/60 Hz
Precisión	+/- 0.5 s/day a 25 °C
Duración de ciclo	24 horas + 7 días
Número máximo de conmutaciones	66
Duración mínima del intervalo	1 min
Miembros transversales	Contador de horas de funcionamiento Cambio automático entre horario de invierno / horario de verano
Tipo de pantalla	LCD
Duración de la batería	10 <i>fr</i>
Tiempo de backup	Tiempo 10 años <i>f</i> programa de ahorro
Tipo de ajuste	Código PIN Ausencia de función de vacaciones
Conexiones - terminales	2 x 0,5...2,5 mm² terminales sin tornillos

De cargo de responsabilidad: Esta documentación no ha sido diseñada como reemplazo, ni se debe utilizar para determinar la idoneidad o la confiabilidad de estos productos para aplicaciones e especificaciones de usuarios

Ficha técnica del producto

Especificaciones



Discrete input module, Modicon TM3, 32 inputs (HE10) 24 VDC

TM3DI32K

Principal

Gama de producto	Modicon TM3
Tipo de producto o componente	Módulo de entrada discreta
Compatibilidad de gama	Modicon M241 Modicon M261 Modicon M221 Modicon M340
De pie conducto	32 para entrada acorde a IEC 61131-2 tipo 1
Entrada lógica	Receptor o suministro (positivo/negativo)
Tensión de entrada digital	24 V
Corriente de entrada discreta	5 mA para entrada

Complementario

Número de E/S digitales	32
Consumo de corriente	5 mA en 5 V CC vía conector de bus - tipo de cable: do estado desligado) 0 mA en 24 V CC vía conector de bus - tipo de cable: en estado on) 0 mA en 24 V CC vía conector de bus - tipo de cable: do estado desligado) 65 mA en 5 V CC vía conector de bus - tipo de cable: en estado on)
Tipo de voltaje entrada discreto	CC
Estado de tensión 1 garantizado	15...28.8 V para entrada
Corriente estado 1 garantizada	>= 2.5 mA - tipo de cable: entrada)
Estado de tensión 0 garantizado	0...5 V para entrada
Corriente estado 0 granatizada	<= 1 mA - tipo de cable: entrada)
Tapa de conexiones trasero	4.4 kOhm
Tiempo respuesta	4 ms - tipo de cable: turn-on) 4 ms - tipo de cable: turn-off)
Señalizaciones en local	Estado entrada, estado 1 1 LED por canal - tipo de cable: verde)
Consecutivo, seguido, continuo, adosado	conector HE-10 para entradas
Maximum cable distance between devices	Cable sin apantallar, estado 1 <30 m para entrada normal
Aislamiento	Entre la entrada y la lógica interna en 500 V CA Sin aislamiento entre las entradas
Marcado	CE
Soporte de montaje	Tipo de tapón TH35-16 carril acorde a IEC 60716 Tipo de tapón TH35-7.5 carril acorde a IEC 60716 placa o panel con juego de fijación

De cargo de responsabilidad: Esta documentación no ha sido diseñada como reemplazo, ni se debe utilizar para determinar la idoneidad o la confiabilidad de estos productos para aplicaciones e especificas de usuarios

Ficha técnica del producto

Especificaciones



ConneXium Unmanaged Switch - 8 ports for copper

TCSESU083FN0

Principal

Gama de producto	ConneXium
Tipo de producto o componente	Conmutador no gestionado TCP/IP Ethernet
Concepto	Transparent Ready
Protocolo del puerto de comunicación	Ethernet TCP/IP
Puerto Ethernet	10/100BASE-TX - 8 cable cobre
Número máximo de conmutadores en cascada	Ilimitado

Complementario

Tipo de conexión integrada	RJ45 blindado cable cobre
Medio de soporte de transmisión	Cable pare trenzado blindado CAT 6E para cable cobre
Maximum cable distance between devices	100 m cable cobre
[Us] Tensión de alimentación	12...24 V
Límites de tensión de alimentación	9.6...32 V SELV CC
Consumo de potencia en W	4.1 W
Consecutivo, seguido, continuo, adosado	Conector extraíble 3 vías alimentación
Tipo de montaje	Carril DIN simétrico de 35 mm
Marcado	CE UL RCM ((T))
Señalizaciones en local	Fuente de alimentación, estado 1 1 LED - tipo de cable: verde) Velocidad de datos (ETH LINK), estado 1 1 LED por canal - tipo de cable: amarillo) Status de ligação, estado 1 1 LED por canal - tipo de cable: verde)
Sistema cables Ethernet	Conn. TF
Anchura	36 mm
Altura	138 mm
Profundidad	121 mm
Peso del producto	0.246 kg

De acordo com a responsabilidade: esta documentação não deve ser utilizada para determinar a idoneidade ou a confiabilidade de estes produtos para aplicações e especificações de usuários

Ficha técnica del producto

Especificaciones



Interruptor termomagnético Riel iK60N-2P-25A-6kA-Curva C

A9K24225

Principal

Aplicación del dispositivo	Distribución
Gama	Acti 9
Nombre del producto	Acti 9 iKQ
Tipo de producto o componente	Interruptor automático en miniatura
Nombre corto del dispositivo	IK60N
Número de polos	2P
Número de polos protegidos	2
Corriente nominal (In)	25 A en 30 °C
Tipo de red	CA
Tecnología de unidad de disparo	Térmico-magnético
Código de curva	C
Poder de corte	6000 A Icn en 230 V CA 50/60 Hz acorde a EN/IEC 60898-1
Apto para seccionamiento	Sí acorde a EN/IEC 60898-1
Normas	EN/IEC 60898-1

Complementario

Frecuencia de red	50/60 Hz
Límite de enlace magnético	6...10 x In
[Ics] poder de corte en servicio	6000 A 100 % acorde a EN/IEC 60898-1 - 230 V CA 50/60 Hz
Clase de limitación	3 acorde a EN/IEC 60898-1
[Ui] tensión asignada de aislamiento	440 V CA 50/60 Hz acorde a EN/IEC 60898-1
[Uimp] Tensión asignada de resistencia a los choques	4 kV acorde a EN/IEC 60898-1
Indicador de posición del contacto	NA
Tipo de control	Maneta
Señalizaciones en local	Indicación encendido/apagado
Tipo de montaje	Ajustable en clip
Tipo de montaje	Carril DIN

Descargo de responsabilidad: Esta documentación no ha sido diseñada como reemplazo, ni se debe utilizar para determinar la idoneidad o la confiabilidad de estos productos para aplicaciones específicas de usuarios.

Ficha técnica del producto

Especificaciones



Contacto Auxiliar Acti 9iSD 10C AC-DC

A9A26927

Principal

Range of product	Acti 9
Tipo de producto o componente	Contacto de señalización de defecto
Nombre corto del dispositivo	ISD
Composición de contactos de señalización	1 C/A
Corriente nominal (In)	1 A, estado 1 130 V DC 1,6 A, estado 1 60 V DC 2 A, estado 1 48 V DC 6 A, estado 1 24 V DC 3 A, estado 1 415 V CA - 60/60 Hz 6 A, estado 1 240 V CA - 60/60 Hz
Pasos de 9 mm	1

Complementario

Compatibilidad de gama	Acti 9 iC60 RCBO Acti 9 iCH Terminal único Acti 9 iC60 Acti 9 iID40 Acti 9 C120 Acti 9 RCCB-ID Acti 9 iDPN N Arc Acti 9 ID C40 Acti 9 iC40 Acti 9 iT60
[Ui] tensión asignada de aislamiento	600 V
[Uimp] Tensión asignada de resistencia a los choques	4 kV
Señalizaciones en local	Indicador mecánico
Tipo de montaje	Ajustable en clip
Tipo de montaje	Carril DIN
Altura	86 mm
Anchura	9 mm
Profundidad	73 mm
Peso del producto	33 g
Color	Blanco
Conexiones - terminales	Borne de tornillo 2 cable(s) 2,5 mm ² - rígido Borne de tornillo 2 cable(s) 1,6 mm ² - flexible con terminal Borne de tornillo 1 cable(s) 0,6...2,5 mm ² - Flexible Borne de tornillo 1 cable(s) 1...4 mm ² - rígido

Descargo de responsabilidad: Esta documentación no ha sido diseñada como reemplazo, ni se debe utilizar para determinar la idoneidad o la confiabilidad de estos productos para aplicaciones e especificaciones de usuarios.

Hoja de características del producto

Especificaciones



Acti9 iID - Residual Current Circuit Breaker - 2P - 25A - 30mA - B-SI type

A9Z61225

Principal

Gama	Acti9
Nombre del producto	Acti9 iID40
Tipo de producto o componente	Interruptor diferencial (RCCB)
Nombre corto del dispositivo	iID
Aplicación del dispositivo	Photovoltaic (*) Unidad de velocidad 3P Elevar
Número de polos	2P
Posición de neutro	Izquierda
[In] Corriente nominal	25 A
Tipo de red	AC
Sensibilidad de fuga a tierra	30 mA
Retardo de la protección contra fugas a tierra	Instantáneo
Clase de protección contra fugas a tierra	Tipo B-SI (super inmunizado)
Etiquetas de calidad	VDE NF IMQ KEMA

Complementario

Ubicación del dispositivo en el sistema	Salida Entrada de grupo
Frecuencia de red	50 Hz
[Ue] Tensión nominal de empleo	230 V AC 50 Hz
Poder de conexión y de corte	I _{dm} 1600 A I _m 1600 A
Corriente condicional de cortocircuito	10 kA
[Ui] Tensión nominal de aislamiento	250 V
[Uimp] Resistencia a picos de tensión	6 kV
Indicador de posición del contacto	Sí

Aviso Legal: Esta documentación no pretende sustituir ni determinar la adecuación o la fiabilidad de estos productos para aplicaciones específicas de los usuarios.

Ficha técnica del producto

Especificaciones



Regulated Power Supply, 100-240V AC, 24V 5 A, single phase, Optimized

ABLS1A24050

Principal

Gama de producto	Modicon Premium
Tipo de producto o componente	Alimentación
Tipo fuente de alimentación	Modo de encendido regulado
Variant option	Optimized
Material del envoltente	Aluminio
Nominal input voltage	100...240 V AC monofásica 100...240 V AC 2 fases 140...340 V CC
Barras de separación	86...264 V CA 120...376 V DC
Potencia nominal en W	120 W
Tensión de salida	24 V CC
Corriente de salida de alimentación	5 A

Complementario

Nominal network frequency	50...60 Hz
Network system compatibility	TN TT IT
1 contacto de puerta	1 mA 240 V AC
Tipo de protección de entrada	Fusible integrado (no intercambiable) 4 A External protection (recommended) 20 A Curve C External protection (recommended) 13 A Curve C
Corriente de entrada	30.0 A en 115 V 60.0 A en 230 V
Pasos de 18 mm	0.65 at 115 V AC 0.45 at 230 V AC
La ranura para destornillador	86 % en 115 V AC 88 % en 230 V AC
Output voltage adjustment	22...28 V
Disipación de potencia en W	26 W
Consumo de corriente	< 2.6 A 115 V AC < 1.4 A 230 V AC < 1.3 A 140 V DC
Turn-on time	< 1 s
Glándula kit de placa	> 20 ms 115 V CA

De acuerdo de responsabilidad: Esta documentación no ha sido diseñada como reemplazo, ni se debe utilizar para determinar la idoneidad o la confiabilidad de estos productos para aplicaciones e especificaciones de usuarios.

DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL PARA LA RED ELÉCTRICA DEL EDIFICIO DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA-UNPRG

INFORME DE ORIGINALIDAD

12%

INDICE DE SIMILITUD

11%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

4%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

repositorio.unprg.edu.pe

Fuente de Internet

4%

2

hdl.handle.net

Fuente de Internet

3%

3

repositorio.ucv.edu.pe

Fuente de Internet

1%

4

Submitted to Universidad Cesar Vallejo

Trabajo del estudiante

1%

5

Submitted to Universidad Nacional de Colombia

Trabajo del estudiante

<1%

6

www.researchgate.net

Fuente de Internet

<1%

7

techweb.stryker.com

Fuente de Internet

<1%

8

Submitted to Universidad Nacional Abierta y a Distancia, UNAD, UNAD

<1%

Mg. Ing. Romero Cortez Oscar Uchelly

DNI: 41812294

Asesor



Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por **Turnitin**. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega:	Danny Abel Ecurra Carlos
Título del ejercicio:	DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL PARA L...
Título de la entrega:	DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL PARA L...
Nombre del archivo:	INFORME FINAL_corregido_Ecurra.pdf
Tamaño del archivo:	4.06M
Total páginas:	88
Total de palabras:	8,632
Total de caracteres:	54,849
Fecha de entrega:	08-mar.-2023 08:56a. m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega...	2032091598

UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
ELECTRÓNICA



TESIS
"DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL
PARA LA RED ELÉCTRICA DEL EDIFICIO DE
INGENIERÍA ELECTRÓNICA-UNPRG"
PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO
ELECTRÓNICO

ELABORADA POR:

Bach. Ecurra Carlos Danny Abel

ASESOR:

Mg. Ing. Romero Cortez Oscar Uccelly

LAMBAYEQUE 2022

Mg. Ing. Romero Cortez Oscar Uccelly
DNI: 41812294
Asesor