

SISTEMA DE CONTROL DE VARIABLES ANALÓGICAS PARA LA SEGURIDAD DE SUMINISTRO ELÉCTRICO EN UN LABORATORIO MÓVIL

Morán Solano María Guadalupe, González Sánchez Víctor Aldair, Gómez Jordán Claudia, †Vilchis Pineda Alejandro Evaristo
 Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma del Estado de México
 Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, ININ
 Departamento de Electrónica
 Cerro de Coatepec S/N, Colonia Universidad, Toluca, México
 Carretera México Toluca S/N, Ocoyoacac, Estado de México
 7225532117, 7223807945, 7223910786
 mgmorans@uaemex.mx, vgonzalez007@alumno.uaemex.mx, claudia_gomezjordan@yahoo.com.mx

RESUMEN.

En México existen algunas empresas que tienen laboratorios móviles que dan servicio para medir variables meteorológicas, pero no tienen sistemas de control con la seguridad de suministro eléctrico para proteger al laboratorio móvil. El ININ tiene un nuevo laboratorio móvil para dar un servicio de muestreo y medición de variables meteorológicas y se quiere controlar variables analógicas de corriente eléctrica y voltaje para la seguridad en el suministro eléctrico del laboratorio móvil y del operador. El laboratorio móvil contiene varios instrumentos de medición alimentados por generadores eléctricos los cuales entregan diferentes niveles de corriente eléctrica y voltaje, estas variaciones pueden dañar los instrumentos que son alimentados de generadores eléctricos. El suministro de energía eléctrica con el que cuenta el laboratorio móvil es trifásico. En base a esto, se propone realizar un sistema de control de variables analógicas para la seguridad de suministro eléctrico en un nuevo laboratorio móvil. Palabras Clave: sistema de control, laboratorio móvil, variables analógicas.

ABSTRACT.

In Mexico there are some companies that have mobile laboratories that provide service to measure meteorological variables, but they do not have control system with security of electricity supply to protect the mobile laboratory. The ININ has a new mobile laboratory to provide a sampling and measurement service for meteorological variables and wants to control analogue variables of electric current and voltage for the security of the electricity supply of the mobile laboratory and the operator. The mobile laboratory contains several measuring instruments powered by electric generators which deliver different levels of electrical current and voltage, these variations can damage the instruments that are powered by electric generators. The electricity supply of the mobile laboratory is three-phase. Based on this, it is proposed to create an analog variable control system for the security of electricity supply a new mobile laboratory. Keywords: control system, mobile laboratory, analog variables

1. INTRODUCCIÓN

Una de las empresas de México SIMETPRO proporciona servicios relacionados con la atmósfera, tierra y agua. Ofrece estaciones meteorológicas, instalación y mantenimiento de instrumentos meteorológicos, sensores hidrológicos, etc., [1]. SGS es una multinacional líder en ensayos, inspección y certificación en el petróleo, gas y productos químicos. Tienen un laboratorio analítico portátil de Presión-Volumen-Temperatura

(PVT) y de pruebas químicas diseñado para operar en cualquier tipo de entorno. El objetivo del laboratorio móvil es ofrecer instalaciones para estudios PVT, química de producción, servicios de muestreo y la transferencia de fluidos de alta presión y temperatura. [2]

En [3], utilizaron una estación meteorológica marca Acurite Professional Weather Wenter para medir (temperatura, humedad relativa, velocidad y dirección del viento). Además, midieron concentración de dióxido de carbono y material particulado, ya que están asociados a propiedades tóxicas para la salud. No realizaron el control de estas variables.

Por otro lado, en [4] desarrollaron e implementaron un sistema de monitoreo remoto de señales en tierra para el análisis de variables meteorológicas. Utilizaron como controlador una tarjeta Arduino Uno y sólo visualizaron los valores de las variables obtenidas a través del monitor serial del entorno de desarrollo de Arduino (IDE) y realizaron una interfaz gráfica de visualización de los datos con las variables meteorológicas humedad relativa y temperatura ambiente.

En cambio, en [5] utilizaron la HMI para presentar de forma idéntica la realidad de los procesos permitiendo a los operadores una interrelación de los equipos físicos de la planta con los equipos virtuales de las interfaces gráficas de usuario GUI. Programaron a través de la HMI, realizaron acciones de control y protección de los equipos de sistema. Monitorearon y leyeron información de las variables mediante el módulo de entradas analógicas que el PLC maneja y en base a los valores obtenidos se reflejaron en la HMI y así tomaron acciones en el monitoreo y control.

Otros autores en [6] presentaron el diseño e implementación de un prototipo basado en Arduino Uno (controlador) y Wifi Shield para monitorear inalámbricamente las señales eléctricas de voltaje 110/220 V. Además, en conjunto con el entorno de desarrollo Android Studio y lenguaje de programación Java realizaron la visualización gráfica de formas sinusoidales de voltaje de baja tensión.

Por el contrario, en [7] el sistema de monitoreo realizado permite sólo ver en una HMI el valor del consumo eléctrico, el valor de la temperatura en el interior y exterior del laboratorio móvil, además, le permite a una persona encargada encender y apagar los dispositivos de forma remota.

No obstante, en [8], el sistema de monitoreo y control eléctrico para suministro de energía en un laboratorio móvil, se realizó para proteger los equipos de medición y control, así como al suministro de energía y reducir accidentes. Se llevó a cabo la monitorización de las variables en base a la visualización de datos y la activación de alarmas que indicaban el funcionamiento.

Es importante resaltar que el monitoreo de variables meteorológicas es básico en un laboratorio móvil, pero llevar a cabo el control de las mismas y de variables analógicas, conlleva a obtener mejores mediciones y análisis, que servirán para tener resultados confiables.

Con base a lo anterior, el propósito de este trabajo es realizar un sistema de control de variables analógicas en un nuevo laboratorio móvil del ININ de forma automática y garantizar la seguridad del suministro eléctrico.

2. LABORATORIO MÓVIL

2.1. Infraestructura del nuevo modelo

Existen estaciones de monitoreo fijas de variables meteorológicas que en su constitución lo que cambia con un laboratorio móvil es su infraestructura. La estación de monitoreo utiliza una estructura fija, un edificio, que sólo monitorea las variables de ese lugar. En cambio, el laboratorio móvil tiene un remolque el cual lleva al laboratorio a diferentes lugares para hacer las mediciones de variables.

La infraestructura del nuevo Laboratorio Móvil de Análisis Ambientales del ININ [9] consta principalmente de un remolque como el que se muestra en la Figura 1.



Figura 1. Infraestructura del nuevo laboratorio móvil [9].

El laboratorio móvil (remolque) tiene en el techo un par de paneles solares, que suministran energía a un cargador de baterías, las baterías suministran energía a un inversor de voltaje. El inversor de voltaje proporciona energía a un UPS (Uninterruptable Power Supply- sistema de alimenta).

El arreglo de suministro con panel solar permite operar al Controlador Lógico Programable (PLC) aún cuando no se tenga ningún suministro eléctrico [8].

Los equipos que integran el laboratorio móvil para calibrar son muy sensibles.

En la Figura 2 se muestra el interior del nuevo laboratorio móvil, se encuentra el equipo de medición de variables, una pantalla, un escritorio y un estante. Sobre el estante a la izquierda se observa el controlador UniStream con la Interfaz Hombre-Máquina (HMI) donde se visualizará el control de las variables analógicas.



Figura 2. Interior del nuevo Laboratorio Móvil [9].

2.2. Funcionamiento

El objetivo del nuevo laboratorio móvil es dar el servicio de metrología eléctrica en sitio.

El laboratorio móvil utiliza un suministro eléctrico trifásico. Se balancea la carga en el remolque para que el consumo por fase sea parecido, de 110 VAC en cada fase medidos con respecto al neutro.

Tiene un aire acondicionado que siempre está operando. Si el suministro de Comisión Federal de Electricidad (CFE) falla o no hay toma de corriente de CFE cercana, entra en funcionamiento el motogenerador ubicado a varios metros de distancia.

La información se puede desplegar en tiempo real al laboratorio de metrología eléctrica del ININ.

Existe una etapa de acondicionamiento a la línea eléctrica, esta se ubica entre el suministro principal y los equipos utilizados para la calibración. Este trabajo se implementará entre el suministro eléctrico y la etapa de acondicionamiento a la línea eléctrica.

Los equipos utilizados para la calibración viajarán en mesas con suspensión independiente a la del remolque. Los equipos que se utilizarán para calibración cuando se llega al sitio de interés se deberán energizar, estabilizar térmicamente y eléctricamente (el proceso durará de un par de horas o hasta 24 horas).

Una vez que llega el remolque a sitio donde se realizarán las calibraciones, se deberá conectar preferentemente a la red de CFE, solo en caso de que no sea posible se conectará a un motogenerador trifásico con capacidad suficiente para energizar los equipos que se utilizan para la calibración, así como de equipos secundarios.

El remolque en su parte superior tiene paneles solares, estos paneles solares se conectarán a un cargador de voltaje, el cargador de voltaje almacenará la carga en una batería de gel ciclo profundo. La batería se conectará a un inversor de 110 VAC, en el contacto del inversor se conectará un UPS, a las salidas del UPS se conectarán la fuente de alimentación del PLC y luces auxiliares. Una vez que se tenga energizado el remolque, el sistema de control de este trabajo ayudará a que no se energice un contactor trifásico que suministrará energía al remolque. Se verificarán el voltaje trifásico automáticamente y si está bien el PLC activará la bobina del contactor automáticamente, así quedará energizado el remolque automáticamente.

Siempre monitoreará cada fase del voltaje trifásico, la corriente eléctrica por fase y la temperatura al interior del remolque, si en cualquier momento existiera una falla, elevará la temperatura del interior del remolque (significará que el aire acondicionado dejó de enfriar), si después de un par de horas en el interior del remolque no alcanzara la temperatura de trabajo, probablemente será que el aire acondicionado no está generando suficiente calor y deberá avisar al operador para que revise, un consumo alto de corriente indicará también una falla en el aire acondicionado, en cualquiera de los casos anteriores el PLC cortará el suministro a la bobina del contactor y quedará desenergizado todo el equipo. Con este sistema de control se previene un daño mayor al equipo de calibración principalmente durante el periodo de estabilidad de los equipos de calibración, el operador deberá identificar y reportará éste tipo de falla.

3. SISTEMA DE CONTROL DE VARIABLES ANALÓGICAS

3.1. Visualización

Para la visualización de las variables analógicas se eligió el UniStream, uno de los modelos todo en uno que consta de una HMI con tamaño de pantalla de 10.4", con 2 entradas Ethernet, 1 entrada mini USB, 2 entradas USB, una microSD. Mismo que se utilizó en [7] y [8]. Se utilizó este modelo que tienen en el ININ. Se realizaron diferentes pantallas para visualizar las variables, el tipo de variable y su comportamiento del valor obtenido en las barras led.

Se creó una HMI como pantalla principal igual a la que se muestra en la Figura 3. El usuario seleccionará la variable que desee visualizar su valor, ya sea voltaje VAC o corriente eléctrica IAC de las tres fases.

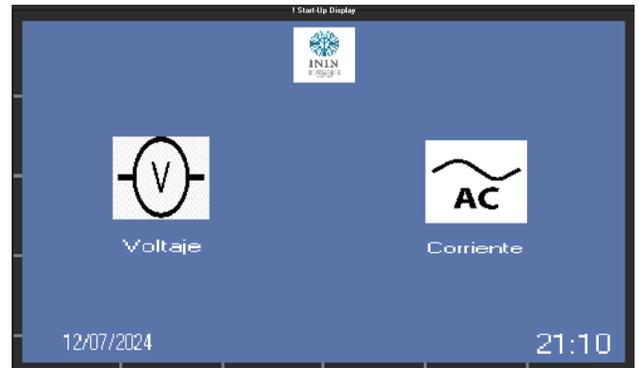


Figura 3. Interfaz del usuario para elegir la variable a visualizar.

Si el usuario elige la variable de voltaje, se mostrará la pantalla que aparece en la Figura 4. Esta pantalla muestra la opción de seleccionar la variable analógica de voltaje AC en cada línea que se desea medir su valor de manera individualmente.

Además, permite elegir la variable temperatura, que se medirá en el interior del laboratorio móvil. Para la variable temperatura se realizará la pantalla en base a requisitos solicitados, variando el indicador del valor de la temperatura en tiempo real.

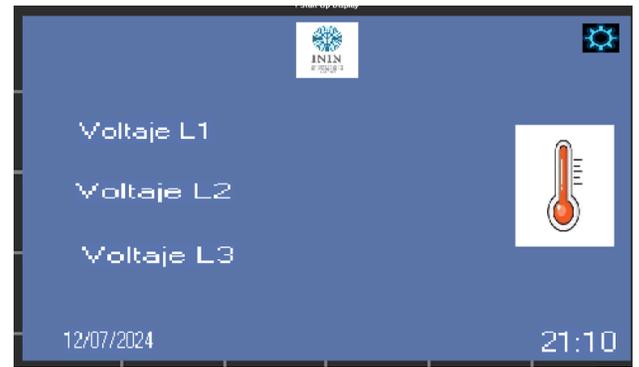


Figura 4. Interfaz de variable analógica voltaje.

En la Figura 5, se muestran indicadores de barras de colores que reflejan el valor medido del voltaje VAC y la corriente eléctrica IAC que se han programado para el control de estas variables. Si es color verde claro, indica que el VAC se encuentra dentro de los valores para el funcionamiento correcto. Si es color rojo, indica que se ha sobrepasado de los valores programados provocando que se abran los contactores automáticamente.

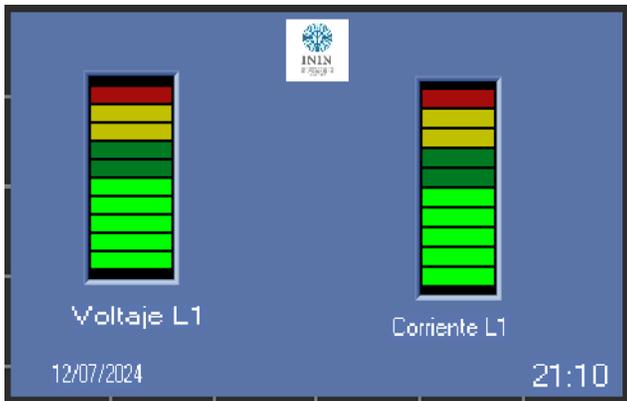


Figura 5. Interfaz de los valores de variable analógica voltaje.

3.2. Control

Para la variable temperatura se realizó el control utilizando la plataforma Arduino, que es fácil de utilizar y las mediciones son en tiempo real. La Figura 6 muestra al sensor de temperatura DHT11 conectado al Arduino y que se programará la pantalla con los valores solicitados para que el usuario visualice cuando sobre pase estos valores, se mande una señal de salida analógica al controlador y este a su vez, mande una señal para la activación de 2 aires acondicionados y enfriar el laboratorio móvil, con el objetivo de mantener la temperatura interior en valores óptimos.

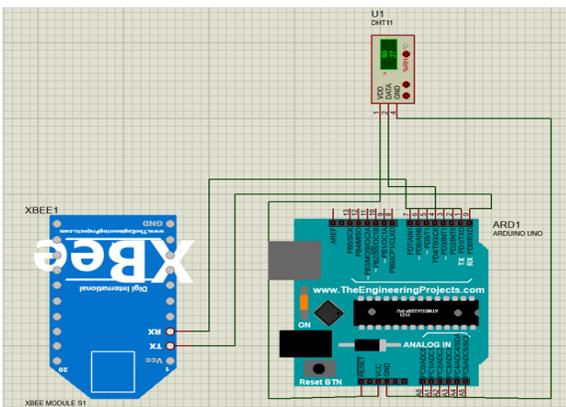


Figura 6. Circuito de control del Sensor de Temperatura DHT11 con Arduino.

El control de las variables analógicas se lleva a cabo con un PLC, controlador UniStream modular (USP-104x10), [10] mismo que se utilizó en [7] y [8]. Se utilizó este modelo que tienen en el ININ. Es un PLC que tiene un CPU, módulo de entradas analógicas I/O UIA-0800N y módulo de salidas digitales O UID-0808R.

En [7] se seleccionaron los transductores de las variables analógicas de VAC y de IAC, y se propuso un monitoreo de las variables. El sensor de voltaje es el ZMPT101B y el sensor de corriente es el SCT-013.

En [8] se caracterizaron estos sensores y con los datos obtenidos se pusieron en una tabla y una gráfica para ver su comportamiento.

Se realizó una propuesta de acondicionamiento de la señal para conectarlos al controlador.

También, se realizaron pantallas de visualización de los datos de VAC e IAC, pero no se realizó el control de las variables.

También, se explicó el funcionamiento del suministro de energía eléctrica al laboratorio móvil y cómo debería funcionar de acuerdo a unos valores propuestos. Este sistema de monitoreo se pretendía aplicar al laboratorio móvil propuesto.

En cambio, en este trabajo se propone realizar el sistema de control de las variables analógicas para un nuevo laboratorio móvil y para su seguridad de suministro eléctrico.

Este sistema de control consta de los siguientes pasos:

1.- Variables analógicas a controlar: Las variables analógicas a medir y controlar son: voltaje VAC trifásico y corriente eléctrica IAC trifásica. Para cada variable se utiliza un sensor diferente. Se usa el sensor de voltaje ZMPT101B [12] para medir el voltaje AC, es un módulo transformador de voltaje alterno, permite medir voltaje alterno en cada una de las fases del suministro trifásico hasta 250 VAC.

Se usa el sensor de corriente SCT-013 [13] para medir la corriente eléctrica AC, es un transformador de corriente de núcleo partido, utilizado para medición de corriente, monitorización y protección de motores AC. Este sensor mide hasta 30A sin tener contacto con la línea.

2.- Interconexión del sistema de acondicionamiento: Esta etapa es importante, ya que las señales de salida de los sensores son analógicas y de valores pequeños. Primero se caracterizaron los sensores para ver la respuesta de su salida. Y para el sensor de voltaje ZMPT101B se utilizaron filtros, rectificadores de precisión, amplificadores de instrumentación y tarjeta Arduino, para obtener una señal estándar de voltaje de 1-5 VDC [8].

Para el sensor de corriente SCT-013 la señal de salida es pre amplificada debido a los valores pequeños de voltajes de salida de AC que proporciona el sensor. Para obtener una señal de voltaje de DC, se diseñó un nuevo circuito de acondicionamiento diferente al propuesto en [8] como se muestra en la Figura 7.

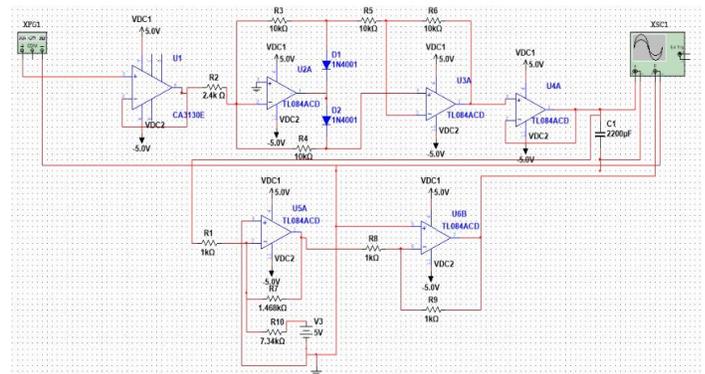


Figura 7. Circuito de acondicionamiento del sensor de corriente eléctrica SCT-013.

3.- Controlador UniStream PLC-HMI. Se utilizó el controlador UniStream de Unitronics que tiene el controlador y la HMI en el mismo dispositivo [10], se utilizó este modelo que tienen en el ININ.

Las señales acondicionadas de los sensores de VAC e IAC que son valores estándar de 1-5 VDC, se interconectarán al módulo de entradas analógicas I/O UIA-0800N de entradas analógicas del controlador. Pero el controlador necesita del software de Unitronics [11] para programar unos bloques y que reconozca la señal analógica que entra al PLC y, además, sean convertidas en datos digitales. Esta programación es hecha en Ladder como se muestra en la Figura 8.

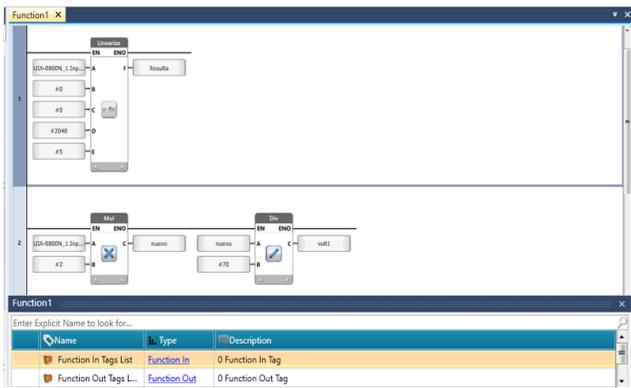


Figura 8. Programación de bloques de las variables analógicas.

Parte del programa de control de las señales analógicas se muestra en la Figura 9 y también es programado en Ladder. Por el momento sólo se tiene en simulación.

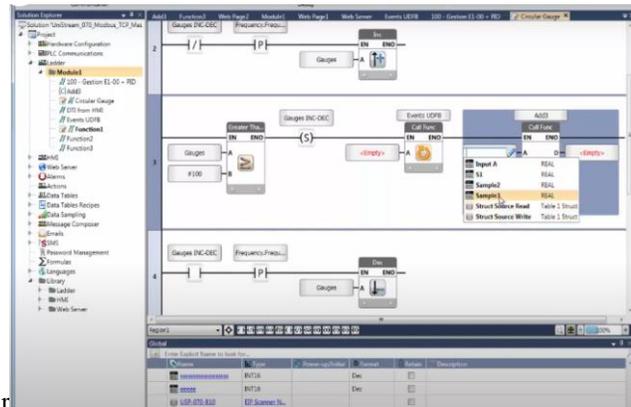


Figura 9. Parte del programa de control de las variables analógicas.

Con este programa de control y de los datos que recibirán los sensores de las variables analógicas, el controlador a través del módulo de salidas digitales UID-0808R, controlará a través de relés, la activación y desactivación de los 2 aires acondicionados y la activación y desactivación de la bobina del contactor trifásico.

4.- Comunicación: El módulo XBee mostrado en la Figura 6, permite la comunicación con el exterior del Arduino, este módulo es provisional ya que aún no se define si poner modem para que el sistema de control avise al operador del laboratorio cuando exista una falla en el interior del laboratorio móvil.

4. SEGURIDAD DE SUMINISTRO ELÉCTRICO EN UN LABORATORIO MÓVIL

Una de las características importantes del sistema de control, es la seguridad en el suministro eléctrico en el nuevo laboratorio móvil. El control de las variables analógicas de VAC e IAC se llevará a cabo en el nuevo modelo de laboratorio móvil del ININ como se muestra en la propuesta del diagrama bloques de la Figura 10.

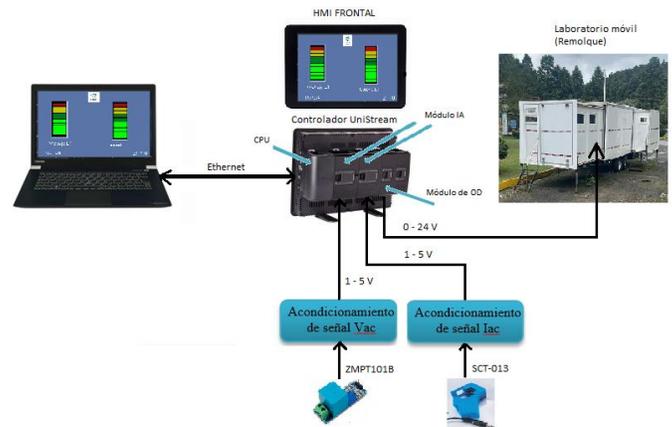


Figura 10. Interconexión del sistema de control de variables analógicas [Diseño propio].

Antes de verificar el funcionamiento del sistema de control de las variables analógicas, se harán pruebas independientes de cada sensor y se realizarán pequeños ajustes electrónicos para que den valores semejantes a los multímetros calibrados. Ya que este desarrollo debe cumplir con una calibración en VAC, IAC y temperatura.

La computadora y el controlador estarán en el interior del laboratorio móvil. Los sensores se conectarán en las líneas de corriente eléctrica que medirán de manera directa el voltaje AC y la corriente eléctrica AC que serán controlados a través de los valores que mida y se comparan con los valores que se pondrán. Así, el controlador mandará una señal de salida digital a los relevadores para abrir los contactores eléctricos y cortar el paso de energía eléctrica al nuevo laboratorio móvil y activará los 2 aires acondicionados para proteger a los instrumentos de medición. Además, asegurará que las conexiones sean de manera correcta y trabajará bajo una temperatura adecuada protegiendo a los equipos y al personal para que se encuentren seguros.

La Figura 11 muestra la parte interna del nuevo laboratorio móvil y la forma que se colocará e interconectará del controlador y la computadora a través de Ethernet (color verde). La interconexión de los sensores, los acondicionadores de señales y la conexión al módulo de entradas analógicas del PLC se muestran en (color

amarillo). Del módulo de salida digital se conectarán a los relevadores y de ahí a los 2 aires acondicionados y a las líneas y contactores.

Después, se realizarán pruebas en tiempo real para comprobar el funcionamiento del sistema de control, la instalación, cableado y mediciones.



Figura 11. Interconexión del sistema de control y los sensores que detectarán las variables analógicas.

5. CONCLUSIONES

Este trabajo forma parte de un proyecto del ININ, en el que solicitan a un becario el diseño del sistema de control de variables VAC e IAC y temperatura. De ahí la falta de algunas pantallas para visualización de algunas variables.

La implementación de este sistema de control será por parte del ININ, por lo que se entregará un manual de funcionamiento, diagramas eléctricos y programación.

El diseño del sistema de control es adecuado en base a la solicitud del ININ.

Se tendrá el sistema de control de variables analógicas en valores estándar de voltaje y corriente eléctrica del suministro principal eléctrico para proteger el equipo de metrología eléctrica del nuevo modelo de laboratorio móvil y al personal que lo utilizará.

La seguridad en el suministro eléctrico se llevará a cabo en el corte de energía eléctrica que será de forma automática, en base a los valores programados y si existiera alguna falla.

Permitirá apoyar a los operadores en la interpretación de los valores y la pronta solución de los problemas en el nuevo modelo de Laboratorio Móvil.

Requerirán de personal capacitado en estas tecnologías para su implementación y mantenimiento del sistema de control, pero

sobre todo para desarrollar nuevos algoritmos según las necesidades del lugar y de las mediciones a realizar en campo.

Las mediciones y el monitoreo de las variables analógicas serán en sitio y en tiempo real.

Será el primer Laboratorio Móvil en México que contará con este sistema de control y que se propondrá para que se apliquen a los otros modelos de Laboratorios Móviles del ININ.

6. REFERENCIAS

- [1] SIMETPRO, “Sistemas Meteorológicos Profesionales”, [en línea], disponible: <https://www.simetpro.com.mx/simetpro/>, sitio visitado Julio 2024.
- [2] SGS, “Líder mundial en inspección, verificación, ensayos y certificación”, [en línea], disponible: <https://www.sgs.com/es-mx/>, sitio visitado Julio 2024.
- [3] K. Lara, Z. Gómez, A. Zamorategui, “Monitoreo de contaminantes atmosféricos (PM 2.5, PM10 y CO2) y variables meteorológicas (temperatura, humedad relativa, velocidad y dirección del viento en la ciudad de Guanajuato)”, Jóvenes en la Ciencia, Revista de Divulgación Científica, Vol. 3, No. 2, 2017, pp. 247-352.
- [4] J. Mesa, J. Rosales, M. Maury. “Sistema de monitoreo de señales en tierra usando la Estación Terrena Satelital UPTC, INGE SUC”, Revista indexada, Vol. 15, No. 1, 2019, pp. 36-44.
- [5] J. Quezada, J. Bautista, E. Flores, V. Quezada. “Diseño e implementación de un sistema de control y monitoreo basado en HMI-PLC para un pozo de agua potable, Ingeniería Investigación y Tecnología”, Revista indexada, Vol. XV, No. 1, 2014, pp. 41-50.
- [6] J. Novillo, D. Hernández, B. Mazon, K. Correa. “Monitoreo inalámbrico de señales eléctricas de voltaje 110/220V a través de Arduino” Alternativas, Revista indexada, Vol. 19, No. 1, 2018, pp. 55-62.
- [7] J. Moreno, C. Gómez, M. Morán, S. Toral, A. Vilchis, “Sistema de monitoreo y control de variables remotas a través de internet”, Congreso Internacional en Ingeniería Electrónica, Memorias, ELECTRO. Chihuahua, México, 2021, pp. 143 – 149.
- [8] V. González, M. Morán, C. Gómez, A. Vilchis, “Sistema de monitoreo y control eléctrico para suministro de energía en un laboratorio móvil”, Congreso Internacional en Ingeniería Electrónica, Memorias, ELECTRO. Chihuahua, México, 2023, pp. 143-148.
- [9] ININ, “Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares”, [en línea], disponible: <https://www.inin.gob.mx/simetpro/>, sitio visitado Julio 2024.
- [10] Hardware Unitronics, [en línea] disponible: <https://www.unitronicsplc.com/programmable-controllers-unistream-series/>, sitio visitado Julio 2024.
- [11] Software Unitronics, [en línea] disponible: <https://www.unitronicsplc.com/software-unilogic-for-programmable-controllers/>, sitio visitado Julio 2024.
- [12] “Sensor de voltaje AC ZMPT101B”, [en línea] disponible: <https://naylampmechatronics.com/sensores-corriente-voltaje/393-transformador-de-voltaje-ac-zmpt101b.html>, sitio visitado Julio 2024.
- [13] “Sensor de corriente SCT013”, [en línea] disponible: https://www.mcielectronics.cl/website_MCI/static/documents/Datasheet_SC T013.pdf, sitio visitado Julio 2024.