



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**

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

### **INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

#### **PROPUESTA TECNOLÓGICA**

#### **IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIÓN MEDIANTE PROTOCOLO MODBUS RTU PARA LA OBTENCIÓN DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS DE UNA ESTACIÓN FOTOVOLTAICA DE 3KW**

Proyecto de Titulación presentado previo a la obtención del título de Ingenieros  
Electromecánicos.

#### **Autores:**

Quinga Loya Danilo Iván

Torres Torres Steven Froilán

#### **Tutor Académico:**

Ing. M.Sc. Cruz Panchi Luis Rolando

**LATACUNGA-ECUADOR**

**Marzo 2022**



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi



Ingeniería  
Electromecánica

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros **Quinga Loya Danilo Iván; Torres Torres Steven Froilán**, declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: **“Implementación de un sistema de comunicación mediante protocolo MODBUS RTU para la obtención de parámetros eléctricos de una estación fotovoltaica de 3kW”** siendo el Ing. M.Sc Cruz Panchi Luis Rolando tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

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

---

Quinga Loya Ivan Danilo

C.C:172567122-4

---

Torres Torres Steven Froilán

C.C: 100439013-2



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi



Ingeniería  
Electromecánica

## AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título: **“Implementación de un sistema de comunicación mediante protocolo MODBUS RTU para la obtención de parámetros eléctricos de una estación fotovoltaica de 3kW”**, de **Quinga Loya Danilo Iván; Torres Torres Steven Froilán**, de la carrera Ingeniería en Electromecánica, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, marzo 2022

El Tutor

---

Ing. MsC. Luis Rolando Cruz Panchi

C.I: 0502595176



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi



Ingeniería  
Electromecánica

## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, el o los postulantes: **Quinga Loya Iván Danilo; Torres Torres Steven Froilán**, con el título de Proyecto de titulación: **“Implementación de un sistema de comunicación mediante protocolo MODBUS RTU para la obtención de parámetros eléctricos de una estación fotovoltaica de 3kW”** han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

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

Latacunga, marzo 2022

Para constancia firman:

---

**Lector 1 (Presidente)**

Ing. M.Sc. Byron Paúl Corrales Bastidas  
CC: 050234776-8

---

**Lector 2**

Ing. M.Sc. Cristian Fabian Gallardo Molina  
CC: 050284769-2

---

**Lector 3**

Ing. M.Sc. Edwin Homero Moreano Martínez  
CC: 050260750-0



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi



Ingeniería  
Electromecánica

## AVAL DE IMPLEMENTACIÓN

Con el presente documento, se pone en constancia que los estudiantes; **Quinga Loya Iván Danilo; Torres Torres Steven Froilán**, de la Carrera de Ingeniería en Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi, han desarrollado el Proyecto Tecnológico denominado: **“Implementación de un sistema de comunicación mediante protocolo MODBUS RTU para la obtención de parámetros eléctricos de una estación fotovoltaica de 3kW”** y realizaron la entrega del módulo para el Laboratorio de Energías Renovables cumpliendo así los objetivos propuestos al inicio del desarrollo del proyecto.

Sin otro particular autorizo para que usen el presente documento para cualquier fin legal pertinente de la Universidad.

Latacunga, marzo 2022

---

**DIRECTOR DE LA CARRERA**  
**INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

Ing. M.Sc. Cristian Fabián Gallardo Molina  
C.C: 050284769-2



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi



Ingeniería  
Electromecánica

## AGRADECIMIENTO

*Agradezco a la Universidad Técnica de Cotopaxi por darme gratas vivencias como el haber podido conocer a personas que han sembrado en mi la semilla de ser cada día mejor.*

*A los docentes que estuvieron durante toda mi formación académica y que compartieron conmigo sus conocimientos técnicos, teóricos y humanísticos.*

*A mi hija por entender que, durante mi formación universitaria, fue necesario sacrificar situaciones y momentos a su lado.*

*A mi familia que han estado conmigo a lo largo de mi vida en las situaciones buenas y malas.*

*Al equipo de trabajo que estuvo inmerso durante todo el desarrollo de este proyecto.*

*Iván*



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi



Ingeniería  
Electromecánica

## DEDICATORIA

*A mi hija Alejandra Isabella que desde su llegada a llenado mi vida de amor y felicidad, siendo ella para mí la fuente de mi inspiración.*

*A mis padres, hermanos y hermanas que gracias a las vivencias que hemos pasado juntos aprendimos a defender nuestros ideales y a esforzarnos para cumplir nuestras metas, pero sobre todo aprendimos a ser buenos seres humanos.*

*Iván*



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi



Ingeniería  
Electromecánica

## AGRADECIMIENTO

*En primer lugar, a Dios por brindarme el regalo de la vida y permitirme tener la bendición de mis padres Paterson y Sandra, que, con su ejemplo de lucha y superación, siempre han estado brindándome su incondicional ayuda y consejos en los momentos difíciles, por ello, hoy este logro es posible. A mi hermano que con su ejemplo y consejos han aportado positivamente en el transcurso de mi vida. A todas las personas que durante este largo periodo de aprendizaje han dejado huella en mí. Además, agradezco a los profesores que han sabido transmitir sus conocimientos y que han contribuido en mi formación académica y personal.*

Steven





Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi



Ingeniería  
Electromecánica

## DEDICATORIA

*A mis padres que con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer a las adversidades porque Dios está conmigo siempre. A mis hermanos por su cariño y apoyo incondicional durante todo este proceso, a toda mi familia porque con sus consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas.*

Steven



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi



Ingeniería  
Electromecánica

## **UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**

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

#### **CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

**TÍTULO: “IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIÓN MEDIANTE PROTOCOLO MODBUS RTU PARA LA OBTENCIÓN DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS DE UNA ESTACIÓN FOTOVOLTAICA DE 3KW”.**

**Autores:** Quinga Loya Danilo Iván  
Torres Torres Steven Froilán

### **RESUMEN**

El sistema fotovoltaico instalado en el Laboratorio de Energías Renovables de la Universidad Técnica de Cotopaxi no cuenta con un sistema de adquisición de datos que ayude a definir la producción de energía eléctrica, por tal motivo se desarrolla un sistema para la adquisición de datos mediante protocolo MODBUS RTU. Para ello se realiza el análisis de información acerca de; la pirámide de automatización, redes industriales, redes de comunicación, topologías de una red de comunicación, el modelo OSI (ISO7498), el protocolo de comunicación MODBUS RTU, interfaz RS485 y sistemas SCADA, dicha recopilación de información permite continuar con la etapa correspondiente al diseño del proyecto, lo cual se empieza con la distribución de los conjuntos de paneles solares en el campo de producción, posteriormente se evalúa las características técnicas de cada conjunto de paneles solares, logrando obtener la potencia total instalada del sistema fotovoltaico, con ello se realiza la selección de los instrumentos que conforman el sistema de comunicación, los planos de conexión, el montaje de los equipos, configuraciones de hardware y software. En la implementación del sistema, se verifica la transmisión de datos en tiempo real mediante software, logrando compartir las variables del sistema fotovoltaico al SCADA, finalmente se determina el rango de error de 0,1% entre los datos del sistema implementado con los datos de un equipo patrón certificado (Fluke 375FC).

**Palabras clave:** estación fotovoltaica, redes de comunicación, SCADA



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi



Ingeniería  
Electromecánica

## TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

### FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES

### ELECTROMECHANICAL ENGINEERING CAREER

**TITLE: "DEVELOPMENT OF A SCADA SYSTEM FOR SUPERVISION AND ACQUISITION OF ELECTRICAL PARAMETERS OF PHOTOVOLTAIC PANELS".**

**Authors:** Quinga Loya Danilo Iván  
Torres Torres Steven Froilán

### ABSTRACT

The photovoltaic system installed in the Renewable Energy Laboratory of the Technical University of Cotopaxi does not have a data acquisition system that helps to define the production of electric energy, for this reason a system for the acquisition of data through MODBUS RTU protocol is developed. For this purpose, the analysis of information about; the automation pyramid, industrial networks, communication networks, topologies of a communication network, the OSI model (ISO7498), the MODBUS RTU communication protocol, RS485 interface and SCADA systems, this information gathering allows to continue with the stage corresponding to the project design, which begins with the distribution of the solar panel arrays in the production field, Afterwards, the technical characteristics of each set of solar panels are evaluated, obtaining the total installed power of the photovoltaic system. With this, the selection of the instruments that make up the communication system, the connection plans, the assembly of the equipment, hardware and software configurations are carried out. In the implementation of the system, the transmission of data in real time is verified by means of software, managing to share the variables of the photovoltaic system to the SCADA, finally the error range of 0.1% is determined between the data of the implemented system with the data of a certified standard equipment (Fluke 375FC).

**Keywords:** photovoltaic station, communication networks, SCADA.



## INDICE GENERAL

|                                                           |      |
|-----------------------------------------------------------|------|
| DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....                              | vi   |
| AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN .....           | vii  |
| APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN.....                | viii |
| AVAL DE IMPLEMENTACIÓN.....                               | ix   |
| AGRADECIMIENTO .....                                      | x    |
| DEDICATORIA .....                                         | xi   |
| AGRADECIMIENTO .....                                      | xii  |
| DEDICATORIA .....                                         | xiii |
| RESUMEN .....                                             | xiv  |
| ABSTRACT .....                                            | xv   |
| 1 INFORMACIÓN GENERAL .....                               | 1    |
| 2 INTRODUCCIÓN .....                                      | 2    |
| 2.1 EL PROBLEMA.....                                      | 2    |
| 2.1.1 Situación Problémica.....                           | 2    |
| 2.1.2 Matriz causa efecto .....                           | 3    |
| 2.1.3 Formulación del Problema.....                       | 4    |
| 2.2 OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN.....                         | 4    |
| 2.3 BENEFICIARIOS .....                                   | 4    |
| 2.3.1 Beneficiarios Directos .....                        | 4    |
| 2.3.2 Beneficiarios Indirectos.....                       | 4    |
| 2.4 JUSTIFICACIÓN .....                                   | 4    |
| 2.5 HIPÓTESIS .....                                       | 5    |
| 2.6 OBJETIVOS .....                                       | 5    |
| 2.6.1 Objetivos General.....                              | 5    |
| 2.6.2 Objetivos Específicos .....                         | 5    |
| 2.7 SISTEMA DE TAREAS .....                               | 5    |
| 3 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....                             | 7    |
| 3.1 ANTECEDENTES .....                                    | 7    |
| 3.2 PIRÁMIDE DE AUTOMATIZACIÓN .....                      | 9    |
| 3.2.1 Nivel Actuador – Sensor .....                       | 10   |
| 3.2.1.1 AS-i interfaz (AS-i) .....                        | 11   |
| 3.2.1.2 DeviceNet .....                                   | 11   |
| 3.2.1.3 HART (Highway Addressable Remote Transducer)..... | 12   |
| 3.2.2 Nivel De Campo .....                                | 12   |



|         |                                                         |    |
|---------|---------------------------------------------------------|----|
| 3.2.2.1 | Profibus .....                                          | 12 |
| 3.2.3   | Nivel De Célula O Control .....                         | 13 |
| 3.2.3.1 | Profibus FMS (Fieldbus Message Specification) .....     | 13 |
| 3.2.3.2 | ControlNet .....                                        | 13 |
| 3.2.4   | Nivel De Planta Y Gestión .....                         | 13 |
| 3.3     | REDES INDUSTRIALES .....                                | 14 |
| 3.3.1   | Red de comunicación.....                                | 14 |
| 3.3.2   | Topología de red.....                                   | 15 |
| 3.4     | MODELO OSI.....                                         | 16 |
| 3.5     | PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN MODBUS .....                  | 17 |
| 3.5.1   | Modo de transmisión MODBUS RTU .....                    | 18 |
| 3.5.1.1 | La Petición .....                                       | 18 |
| 3.5.1.2 | La Respuesta .....                                      | 19 |
| 3.5.1.3 | Dirección.....                                          | 19 |
| 3.5.1.4 | Código de función.....                                  | 19 |
| 3.5.1.5 | Datos .....                                             | 19 |
| 3.5.1.6 | CRC .....                                               | 19 |
| 3.5.2   | Modelo de datos de MODBUS.....                          | 19 |
| 3.5.3   | MODBUS RTU y el modelo OSI.....                         | 21 |
| 3.6     | Interfaz RS485 .....                                    | 21 |
| 3.6.1   | Topología de conexiones .....                           | 22 |
| 3.6.1.1 | Conexión punto a punto (full-duplex) .....              | 22 |
| 3.6.1.2 | Red de dos hilos multi-punto (half-duplex) .....        | 22 |
| 3.6.2   | Bucle de Corriente .....                                | 23 |
| 3.6.3   | Características eléctricas del estándar RS-485 .....    | 23 |
| 3.7     | SCADA.....                                              | 24 |
| 3.7.1   | Características de un sistema SCADA .....               | 25 |
| 3.7.2   | Implantación de un sistema SCADA funcional.....         | 26 |
| 3.7.3   | Componentes de hardware.....                            | 26 |
| 3.7.3.1 | Ordenador Central o MTU (Master Terminal Unit) .....    | 27 |
| 3.7.3.2 | Ordenadores Remotos o RTUs (Remote Terminal Unit) ..... | 27 |
| 3.8     | HMI.....                                                | 28 |
| 3.9     | LabVIEW .....                                           | 28 |
| 3.10    | OPC servers .....                                       | 29 |
| 4       | MATERIALES Y MÉTODOS .....                              | 30 |



|                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                       |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|----|
| 4.1                                                                                                                                                                                                                                                                                | Métodos de investigación .....                                        | 30 |
| 4.1.1                                                                                                                                                                                                                                                                              | Método científico empírico.....                                       | 30 |
| 4.1.2                                                                                                                                                                                                                                                                              | Método científico inductivo.....                                      | 30 |
| Este método de investigación ha permitido determinar el diagrama de flujo del sistema de comunicación a implementar, donde se determina que el sistema estará conformado en el lugar específico para la adquisición de datos y la conversión análogo digital del transductor. .... |                                                                       | 30 |
| 4.2                                                                                                                                                                                                                                                                                | Técnicas de instrumentos para recolectar información.....             | 30 |
| 4.3                                                                                                                                                                                                                                                                                | Equipos .....                                                         | 31 |
| 4.3.1                                                                                                                                                                                                                                                                              | Paneles solares.....                                                  | 31 |
| 4.3.2                                                                                                                                                                                                                                                                              | Computadora de escritorio.....                                        | 32 |
| 4.3.3                                                                                                                                                                                                                                                                              | Pinza amperimétrica Fluke 375 FC .....                                | 32 |
| 4.3.4                                                                                                                                                                                                                                                                              | Módulo TRH16-RS485-25A .....                                          | 33 |
| 4.3.5                                                                                                                                                                                                                                                                              | Medidores de corriente continua M/TR25AX4.....                        | 34 |
| 4.3.6                                                                                                                                                                                                                                                                              | Sensor de temperatura MBT 5250.....                                   | 35 |
| 4.4                                                                                                                                                                                                                                                                                | METODOLOGÍA.....                                                      | 36 |
| 4.4.1                                                                                                                                                                                                                                                                              | Consideraciones del diseño .....                                      | 36 |
| 4.4.1.1                                                                                                                                                                                                                                                                            | Situación actual.....                                                 | 36 |
| 4.4.1.2                                                                                                                                                                                                                                                                            | Analogía de intercambio de datos.....                                 | 36 |
| 4.4.2                                                                                                                                                                                                                                                                              | Requerimientos del sistema .....                                      | 37 |
| 4.4.3                                                                                                                                                                                                                                                                              | Selección del módulo .....                                            | 38 |
| 4.4.4                                                                                                                                                                                                                                                                              | Diseño.....                                                           | 38 |
| 4.4.4.1                                                                                                                                                                                                                                                                            | Diseño de la instalación.....                                         | 38 |
| 4.4.4.2                                                                                                                                                                                                                                                                            | Selección de protección termomagnética .....                          | 39 |
| 4.4.5                                                                                                                                                                                                                                                                              | Montaje.....                                                          | 39 |
| 4.4.6                                                                                                                                                                                                                                                                              | Conexión del TRH16-RS485-25A.....                                     | 40 |
| 4.4.7                                                                                                                                                                                                                                                                              | Conexión de campo .....                                               | 41 |
| 4.4.8                                                                                                                                                                                                                                                                              | Configuraciones del analizador TRH16-RS485.....                       | 41 |
| 4.4.8.1                                                                                                                                                                                                                                                                            | Configuración del número periférico.....                              | 41 |
| 4.4.8.2                                                                                                                                                                                                                                                                            | Configuración de la velocidad de comunicación .....                   | 42 |
| 4.4.8.3                                                                                                                                                                                                                                                                            | Configuración de equipos esclavos y sub-esclavos. ....                | 42 |
| 4.4.8.4                                                                                                                                                                                                                                                                            | Configuración de entrada analógica y sonda de temperatura .....       | 43 |
| 4.4.9                                                                                                                                                                                                                                                                              | Configuración de comunicación MODBUS RTU dentro del servidor OPC..... | 43 |
| 4.4.9.1                                                                                                                                                                                                                                                                            | Configuración de Tags dentro del servidor OPC.....                    | 44 |
| 4.4.10                                                                                                                                                                                                                                                                             | Prueba de comunicación .....                                          | 45 |
| 4.4.11                                                                                                                                                                                                                                                                             | Interfaz.....                                                         | 46 |



|         |                                                                                          |    |
|---------|------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.4.12  | Prueba de comunicación en red con dos equipos TRH-16 y un equipo de seguidor solar. .... | 46 |
| 5       | ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS .....                                             | 47 |
| 5.1     | Transmisión de datos .....                                                               | 47 |
| 5.2     | Resultado del comportamiento de V-I mediante la curvas características .....             | 47 |
| 5.3     | Validación del funcionamiento en el sistema de comunicación .....                        | 48 |
| 5.4     | Presupuesto .....                                                                        | 54 |
| 5.4.1   | Materiales .....                                                                         | 54 |
| 5.4.2   | Evaluación de producción .....                                                           | 54 |
| 5.4.3   | Análisis de impactos .....                                                               | 56 |
| 5.4.3.1 | Impacto Tecnológico .....                                                                | 56 |
| 5.4.3.2 | Impacto Económico .....                                                                  | 56 |
| 5.4.3.3 | Impacto Social .....                                                                     | 56 |
| 5.4.3.4 | Impacto Ambiental .....                                                                  | 56 |
| 6       | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....                                                     | 57 |
| 6.1     | Conclusiones .....                                                                       | 57 |
| 6.2     | Recomendaciones .....                                                                    | 58 |
| 7       | BIBLIOGRAFIA.....                                                                        | 59 |
| 8       | ANEXOS.....                                                                              | 61 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|                   |                                                                                  |    |
|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabla 2.1</b>  | Sistema de tareas por objetivos .....                                            | 5  |
| <b>Tabla 3.1</b>  | Bloques de modelo de datos de MODBUS. [17].....                                  | 20 |
| <b>Tabla 3.2</b>  | Códigos de función más comunes. [17].....                                        | 20 |
| <b>Tabla 3.3</b>  | Características eléctricas y prestaciones de la norma RS-485 [16]. ....          | 24 |
| <b>Tabla 4.1.</b> | Características del panel fotovoltaico SP 636-140. ....                          | 31 |
| <b>Tabla 4.2</b>  | Características del panel fotovoltaico YL235P-29b.....                           | 31 |
| <b>Tabla 4.3</b>  | Características mínimas para el sistema de computo .....                         | 32 |
| <b>Tabla 4.4</b>  | Especificaciones técnicas para la medición de Corriente Continua (CC) [25] ..... | 33 |
| <b>Tabla 4.5</b>  | Alimentación del equipo.....                                                     | 34 |
| <b>Tabla 4.6</b>  | Condiciones de trabajo del equipo.....                                           | 35 |
| <b>Tabla 4.7</b>  | Parámetros eléctricos del sistema fotovoltaico de 3kW .....                      | 36 |
| <b>Tabla 4.8</b>  | Característica de la red de comunicación. ....                                   | 37 |



|                   |                                                                                     |    |
|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabla 4.9</b>  | Conductores de la instalación. ....                                                 | 39 |
| <b>Tabla 4.10</b> | Consideraciones para la selección de la protección magneto térmica. ....            | 39 |
| <b>Tabla 4.11</b> | Descripción de los bornes del módulo TRH-16 .....                                   | 40 |
| <b>Tabla 4.12</b> | Conversión de decimal a hexadecimal .....                                           | 41 |
| <b>Tabla 4.13</b> | Configuración de la velocidad de transmisión, a través de los selectores 1 y 2 .... | 42 |
| <b>Tabla 4.14</b> | Posición para el selector número cuatro .....                                       | 43 |
| <b>Tabla 4.15</b> | Direcciones MODBUS del equipo esclavo convencional .....                            | 44 |
| <b>Tabla 5.1</b>  | Cálculo del error de medición para voltaje y corriente, lunes .....                 | 49 |
| <b>Tabla 5.2</b>  | Cálculo del error de medición para voltaje y corriente, martes .....                | 50 |
| <b>Tabla 5.3</b>  | Cálculo del error de medición para voltaje y corriente, miércoles .....             | 51 |
| <b>Tabla 5.4</b>  | Cálculo del error de medición para voltaje y corriente, jueves .....                | 52 |
| <b>Tabla 5.5</b>  | Cálculo del error de medición para voltaje y corriente, viernes .....               | 53 |
| <b>Tabla 5.6</b>  | Listado de materiales empleados en el desarrollo del proyecto .....                 | 54 |

## INDICE DE FIGURAS

|                    |                                                                                                             |    |
|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 2.1</b>  | Diagrama causa-efecto .....                                                                                 | 3  |
| <b>Figura 3.1</b>  | Pirámide de automatización. [12] .....                                                                      | 10 |
| <b>Figura 3.2</b>  | Componentes de una red AS-i [12] .....                                                                      | 10 |
| <b>Figura 3.3</b>  | Red industrial DeviceNet. [12] .....                                                                        | 11 |
| <b>Figura 3.4</b>  | Representación de los bits 1-0 y la variación de frecuencias [12]. ....                                     | 12 |
| <b>Figura 3.5</b>  | Interacción de Profibus DP y DA en una red. [12] .....                                                      | 13 |
| <b>Figura 3.6</b>  | Topologías de red. [14] .....                                                                               | 15 |
| <b>Figura 3.7</b>  | Siete capas del modelo OSI [15]. ....                                                                       | 16 |
| <b>Figura 3.8</b>  | Estructura de la comunicación MODBUS. [14] .....                                                            | 17 |
| <b>Figura 3.9</b>  | Ciclo petición- respuesta del maestro-esclavo. [11] .....                                                   | 18 |
| <b>Figura 3.10</b> | Tres niveles que ocupa el protocolo MODBUS. ....                                                            | 21 |
| <b>Figura 3.11</b> | Red de cuatro hilos multi-elemento [19]. ....                                                               | 22 |
| <b>Figura 3.12</b> | Red de dos hilos multi-elemento. ....                                                                       | 23 |
| <b>Figura 3.13</b> | a) efecto del ruido sobre un cable de red directo, b) efecto del ruido sobre un cable de red trenzado. .... | 23 |
| <b>Figura 3.14</b> | Estructura básica de un sistema SCADA a nivel hardware. [21]. ....                                          | 27 |





|                                                                                                  |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 3.15</b> Funciones básicas de una RTU en sistemas SCADA. ....                          | 28 |
| <b>Figura 3.16</b> Dispositivos A TCP/IP y un servidor NI OPC Server como host [24]. ....        | 29 |
| <b>Figura 4.1</b> Pinza amperimétrica Fluke 375 FC. ....                                         | 32 |
| <b>Figura 4.2</b> Medidor de tensión y corriente continua TRH16. ....                            | 34 |
| <b>Figura 4.3</b> M/TR-25 [26]. ....                                                             | 35 |
| <b>Figura 4.4</b> PT100 MBT-5250. ....                                                           | 35 |
| <b>Figura 4.5</b> Diagrama de flujo de datos. ....                                               | 36 |
| <b>Figura 4.6</b> Medidor de tensión y corriente continua TRH16. ....                            | 38 |
| <b>Figura 4.7</b> Montaje del módulo MTR25AX4. ....                                              | 40 |
| <b>Figura 4.8</b> Montaje sensor de temperatura PT-100. ....                                     | 40 |
| <b>Figura 4.9</b> Configuración de los dos selectores rotativos en el número 15 en decimal. .... | 42 |
| <b>Figura 4.10</b> Ventana principal simulador Quick-Client. ....                                | 46 |
| <b>Figura 5.1</b> Recepción de datos en OPC Quick Client. ....                                   | 47 |
| <b>Figura 5.2</b> Curva característica corriente de paneles. ....                                | 47 |
| <b>Figura 5.3</b> Curva característica voltaje de paneles. ....                                  | 48 |
| <b>Figura 5.4</b> Voltaje en Fluke 375 FC en tiempo 14:30:25 (79,5 V DC). ....                   | 48 |
| <b>Figura 5.5</b> Tensión en Fluke 375 FC y TRH16. ....                                          | 49 |
| <b>Figura 5.6</b> Corriente en Fluke 375 FC y TRH16. ....                                        | 49 |
| <b>Figura 5.7</b> Tensión en Fluke 375 FC y TRH16. ....                                          | 50 |
| <b>Figura 5.8</b> Corriente en Fluke 375 FC y TRH16. ....                                        | 50 |
| <b>Figura 5.9</b> Tensión en Fluke 375 FC y TRH16. ....                                          | 51 |
| <b>Figura 5.10</b> Corriente en Fluke 375 FC y TRH16. ....                                       | 51 |
| <b>Figura 5.11</b> Tensión en Fluke 375 FC y TRH16. ....                                         | 52 |
| <b>Figura 5.12</b> Corriente en Fluke 375 FC y TRH16. ....                                       | 52 |
| <b>Figura 5.13</b> Corriente en Fluke 375 FC y TRH16. ....                                       | 53 |
| <b>Figura 5.14</b> Corriente en Fluke 375 FC y TRH16. ....                                       | 53 |
| <b>Figura 5.15</b> Pliego tarifario según la región [27]. ....                                   | 55 |

## INDICE DE ECUACIONES

|                           |    |
|---------------------------|----|
| <b>Ecuación 5.1</b> ..... | 49 |
| <b>Ecuación 5.2</b> ..... | 55 |

# **1 INFORMACIÓN GENERAL**

## **Título:**

Implementación de un sistema de comunicación mediante protocolo MODBUS RTU para la obtención de parámetros eléctricos de una estación fotovoltaica de 3kW

**Fecha de inicio:** 25 de octubre del 2021

**Fecha de finalización:** 14 de febrero del 2021

## **Lugar de ejecución:**

Universidad Técnica de Cotopaxi

## **Facultad que auspicia:**

Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas (CIYA)

## **Carrera que auspicia:**

Ingeniería en Electromecánica

## **Equipo de Trabajo:**

Ing. M.Sc Cruz Panchi Luis Rolando

Quinga Loya Danilo Iván

Torres Torres Steven Froilán

## **Área de Conocimiento:**

07 Ingeniería, Industria y Construcción / 071 Ingeniería y Profesiones Afines / 0714 Electrónica y Automatización.

## **Línea de investigación:**

Energías alternativas y renovables, procesos industriales.

## **Sub-líneas de investigación de la Carrera: o**

Automatización, control y protecciones de sistemas electromecánicos.

## **2 INTRODUCCIÓN**

### **2.1 EL PROBLEMA**

Uno de los mayores problemas de la energía solar fotovoltaica es la intermitencia de la materia prima por lo que es necesario implementar estrategias de supervisión, que deben cumplir con las restricciones impuestas por los sistemas de demanda, generación y almacenamiento. [1]

Los sistemas fotovoltaicos exigen el empleo de dispositivos de medición y plataformas informáticas, que permitan la realización de un seguimiento en tiempo real de su funcionamiento, los sistemas de monitoreo permiten agilizar las labores de operación y mantenimiento de los componentes que integran el sistema de generación fotovoltaica. [2]

Hoy en día es necesario el monitoreo y la supervisión, es decir, enviar y recibir información entre una estación de monitoreo y los puntos de producción (controladores - actuadores - sensores). Por tanto, surge la necesidad de contar con equipos de comunicación que interpreten información con protocolos del nivel de campo para enviar la información al nivel de gestión. [3]

El principio de funcionamiento del protocolo MODBUS se basa en la topología Maestro-Eslavo, donde la comunicación es controlada solo por el maestro mediante la emisión y recepción de mensajes a solicitud. La comunicación MODBUS RTU, nace de la aplicación de esta en comunicaciones con estaciones remotas, de allí nace su nombre (Remote Terminal Unit). Este tipo de comunicación presenta diversas ventajas, como es su fácil implementación debido a la gran cantidad de información existente, donde es más eficiente ya que ocupa por menor tiempo el medio en transmisión y recepción de datos [4].

#### **2.1.1 Situación Problemática**

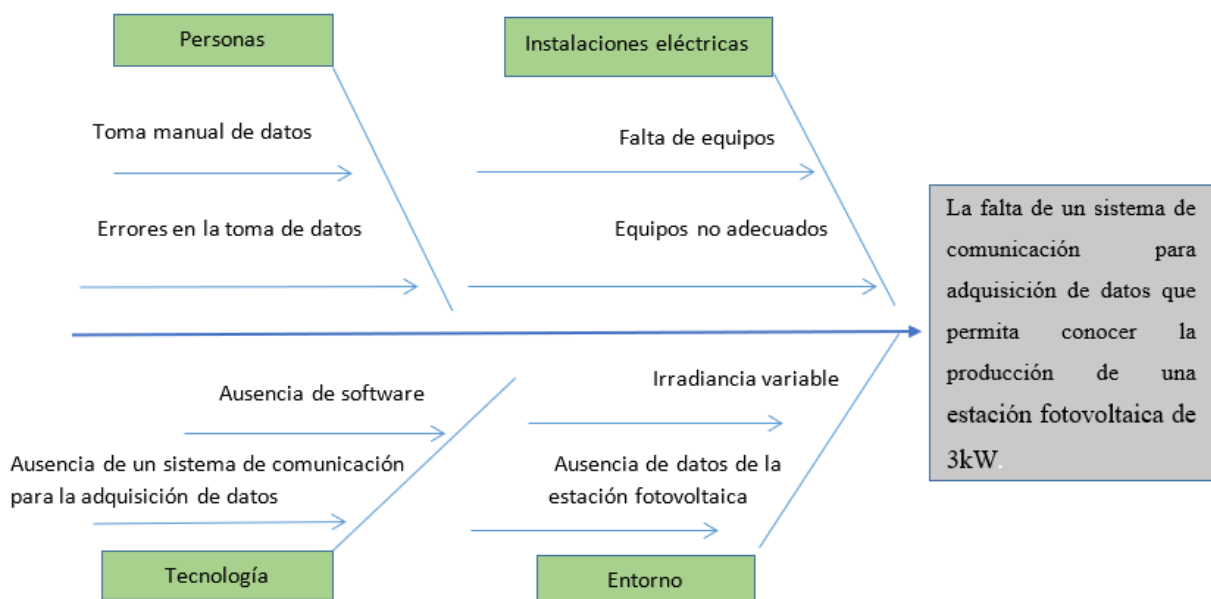
En la actualidad las industrias están tomando conocimiento de la importancia que tiene el monitoreo de la calidad de energía eléctrica, se están haciendo soluciones para subestaciones eléctricas lo cual implica una ingeniería en el desarrollo de que equipos se van a emplear para la adquisición de datos, esto ya que en el mercado existen gamas de monitores de energía los cuales están basados en características de lecturas como la precisión, la generación de formas de onda, memoria interna para almacenamiento de lecturas o añadiendo un puerto de comunicación Ethernet; en base al equipo se puede determinar el protocolo de comunicación, siendo generalmente el protocolo MODBUS el más empleado en la industria y en este caso para la adquisición de datos en subestaciones eléctricas, también se procede con el software el

cual servirá como interfaz hombre-máquina y permitirá visualizar las lecturas en tiempo real del sistema implementado, realizar reportes o levantar el perfil de carga eléctrico. [5]

Hoy en día en algunas instalaciones fotovoltaicas no se cuenta con una correcta forma de llevar el monitoreo de la energía en planta, por lo general se dispone de una persona la cual diariamente levanta información de los medidores de energía y no hay tendencias de lo evaluado, la deficiencia de este procedimiento puede llevar a errores en la toma de datos y en muchos de los casos no es percibido. [6]

La implementación de una red de datos industrial aporta con muchas ventajas al proceso de producción de energía eléctrica. Dentro de las ventajas que nos presentan las redes industriales tenemos mayor rapidez en la adquisición de datos, flexibilidad en las operaciones industriales y ahorro en proceso de mantenimiento. [7] En base a esto se plantea la implementación de un sistema de comunicación el cual facilitara la visualización de datos, los mismos que permiten definir la capacidad de producción de energía eléctrica en la estación fotovoltaica, misma que se usa para la conversión de energía eléctrica de continua a alterna., hay que reconocer que la información del proceso se necesita en el momento en que los cambios se producen, es decir se requiere en tiempo real, debido a la necesidad de optimizar y facilitar las operaciones de planta.

### 2.1.2 Matriz causa efecto



**Figura 2.1** Diagrama causa-efecto

### **2.1.3 Formulación del Problema**

La falta de un sistema de comunicación para adquisición de datos que permita conocer la producción de una estación fotovoltaica de 3kW.

## **2.2 OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN**

### **Objeto de estudio**

El sistema fotovoltaico.

### **Campo de acción**

Sistemas de Comunicación.

## **2.3 BENEFICIARIOS**

### **2.3.1 Beneficiarios Directos**

Los postulantes de la propuesta tecnológica.

### **2.3.2 Beneficiarios Indirectos**

Los estudiantes de la Carrera de Ingeniería en Electromecánica

## **2.4 JUSTIFICACIÓN**

El presente proyecto tecnológico se justifica debido a la carencia de supervisión de los parámetros eléctricos que emite una estación fotovoltaica. El avance tecnológico a nivel industrial nos ofrece factibilidad y viabilidad para un cambio tecnológico en la forma anticuada de administrar un sistema, ya que permite tener acceso permanente a la información de producción en tiempo real del sistema. Actualmente existe un sistema de comunicación basado en Arduino el cual no es adecuado para trabajar por un tiempo prolongado en la medición de las variables eléctricas de la estación fotovoltaica, pero ha aportado significativamente en la iniciativa para el desarrollo de un sistema de comunicación a nivel industrial; aquel método de medición tradicional es el que se desea remplazar, para recopilar mayor cantidad de información de manera instantánea y con una mayor capacidad. Se opta por utilizar para ello equipos electrónicos de medición robustos para el sistema fotovoltaico, tomando en consideración el protocolo MODBUS RTU. La implementación de una red de datos industrial aporta con muchas ventajas al proceso de producción de energía eléctrica fotovoltaica. Dentro de las ventajas que nos ofrecen las redes industriales tenemos mayor rapidez en la adquisición de datos, flexibilidad en las operaciones industriales y ahorro en el proceso de mantenimiento, además, se diseñará un software capaz de receptor y conservar dicha información en un histórico de datos a través de un archivo Txt o Excel, facilitando la

visualización de los datos de producción diaria que tiene la estación fotovoltaica. Se prevén que la implementación del proyecto beneficie en primera instancia a los postulantes de la propuesta tecnológica y posteriormente a los estudiantes de la carrera de ingeniería electromecánica, aprovechando de esta forma un recurso inagotable que es la radiación del sol para el beneficio del ser humano y dejando de lado la contaminación ambiental producida por los métodos de producción de energía eléctrica tradicionales.

## 2.5 HIPÓTESIS

La implementación del sistema de comunicación permitirá disponer de datos de producción de energía del sistema fotovoltaico de 3kW.

## 2.6 OBJETIVOS

### 2.6.1 Objetivos General

Implementar un sistema de adquisición de datos en una estación fotovoltaica de 3kW mediante protocolo de comunicación MODBUS RTU para la obtención de los parámetros de producción.

### 2.6.2 Objetivos Específicos

1. Investigar sobre los diferentes sistemas y protocolos de comunicación para determinar los instrumentos de campo necesarios e integrarlos al sistema de adquisición de datos.
2. Diseñar el sistema de comunicación de datos con los instrumentos de campo seleccionados y la capacidad de producción del sistema fotovoltaico.
3. Implementar una interfaz gráfica que permita la visualización y recolección de datos de los parámetros de producción.
4. Comparar los datos obtenidos entre el sistema de comunicación y un instrumento patrón para la validación del funcionamiento.

## 2.7 SISTEMA DE TAREAS

**Tabla 2.1** Sistema de tareas por objetivos

| Objetivos específicos                                                      | Actividades                                                                 | Resultados esperados                            | Técnicas, Medios e Instrumentos |
|----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|---------------------------------|
| Investigar sobre los diferentes sistemas y protocolos de comunicación para | Análisis de información sobre redes y protocolos de comunicación industrial | Conocimientos teóricos de redes de comunicación | Fuentes bibliográficas.         |

|                                                                                                                                                |                                                                 |                                                                                                 |                                                       |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| determinar los instrumentos de campo e integrarlos al sistema de adquisición de datos.                                                         | Análisis de manuales y especificaciones técnicas.               | Definir conexión y elementos que conformaran los circuitos                                      | Tablas de especificaciones y manuales de fabricantes. |
| Diseñar el sistema de comunicación de datos con los instrumentos de campo seleccionados y la capacidad de producción del sistema fotovoltaico. | Adecuación del lugar                                            | Ambiente ideal para la instalación                                                              | Herramientas y maquinas                               |
|                                                                                                                                                | Dimensionamiento de elementos.                                  | Selección de materiales y equipos                                                               | Catálogos de fabricantes.                             |
|                                                                                                                                                | Elaboración de planos.                                          | Elaborar planos de conexiones.                                                                  | Software CADESIMU, AutoCAD.                           |
|                                                                                                                                                | Montaje de equipos y elementos                                  | Instalaciones técnicas                                                                          | Manual de fabricantes.                                |
|                                                                                                                                                | Conexión eléctrico.                                             | Alimentación de energía a los diferentes elementos                                              | Manual de fabricante, especificaciones técnicas.      |
|                                                                                                                                                | Configuración de equipos                                        | Ajustar de equipos según la necesidad                                                           | Manual de fabricante.                                 |
|                                                                                                                                                | Configuración de software.                                      | Ingreso de variables a un ambiente virtual.                                                     | Servidor OPC.                                         |
|                                                                                                                                                | Desarrollo de software                                          | Ambiente virtual adecuado para la toma de datos                                                 | LabVIEW.                                              |
| Implementar una interfaz gráfica que permita la visualización y recolección de datos de los parámetros de producción.                          | Ejecución de pruebas de funcionamiento mediante el servidor OPC | Variación de las variables                                                                      | Simulador Quick Client del servidor OPC.              |
|                                                                                                                                                | Verificación de recepción de datos en el sistema SCADA.         | Visualización de datos de los parámetros eléctricos en la interfaz y el histórico del software. | LabVIEW                                               |

|                                                                                                                              |                                                            |                                                    |             |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-------------|
| Comparar los datos obtenidos entre el sistema de comunicación y un instrumento patrón para la validación del funcionamiento. | Comparación de datos con un equipo de medición certificado | Definir el margen de error de medición del sistema | FLUKE 375FC |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-------------|

### 3 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

#### 3.1 ANTECEDENTES

Rubén Darío Morales [8] desarrollo la tesis “Implementación de una red MODBUS RTU inalámbrico en FPGA con aplicación en automatización de procesos” en este proyecto se realiza la implementación de una red MODBUS RTU en una FPGA como plataforma de comunicación inalámbrica experimental probada en entornos industriales típicos donde se puede encontrar una alta contaminación por interferencias eléctricas así como lugares con alta sensibilidad a señales de tipo electromagnético. Probado y probado para determinar los beneficios de usar esta topología (hardware y software) en los entornos hostiles que normalmente se encuentran en una industria. El sistema está construido sobre una topología maestro-esclavo, el participante de la red esclava incluye una placa lógica reconfigurable FPGA, preconfigurada para operar bajo demanda, el maestro es un PLC o una PC con un software principal MODBUS RTU, la placa FPGA y el maestro tienen comunicación por radio con espectro ensanchado por salto de frecuencia (FHSS) y bloqueo por desplazamiento de frecuencia (FSK). Dichos sistemas se instalan, configuran y prueban en un entorno industrial, donde se puede establecer este tipo de ejecución y rendimiento de la red para usos específicos de la industria.

Franklin Felix Saravia Juárez [3] desarrolló una investigación científica con el fin de establecer una comunicación servidor-servidor utilizando una red Ethernet Wifi 802.11 entre la computadora (Cliente) y el módulo NodeMCU (Servidor), utilizando MODBUS TCP/IP como protocolo de comunicación, tiene un diseño basado en maestro/esclavo que permite dispositivos industriales como PLC, PCs, drivers de motor y otro tipo de dispositivos a enlazar. La trama MODBUS TCP/IP al servidor NodeMCU se utiliza para enviar a uno de los nodos esclavos conectados al bus de campo mediante un sistema de transmisión diferencial RS485. Esta comunicación de bus se basa en el protocolo MODBUS RTU primitivo que incluye un identificador de esclavo y una trama de PDU para realizar algunas de las funciones de MODBUS para operar en E/S discretas o similares.



Andía Díaz y Danny Albert [5] desarrollaron el tema de tesis “Sistema de monitoreo a través de protocolo MODBUS para la eficiencia energética de planta Arequipa – Corporación Lindley S.A.” en el cual se describe los resultados de un sistema de monitoreo de variables eléctricas a través de la programación de un software basado en protocolo de red industrial, el cual se dirige directamente a la subestación de potencia de la central Arequipa Corporación Lindley, además hacia el análisis de fallas, evaluación del perfil de carga de potencia y gestión energética de la planta. Se ha demostrado una serie de ventajas al utilizar un sistema de monitoreo en una red de protocolo de comunicación MODBUS que utiliza la tecnología SCADA como interfaz para mostrar las lecturas, considerando los estándares internacionales para los rangos permisibles, incluyendo la instalación de componentes y el diseño de la red MODBUS; dentro del marco teórico, hay claridad sobre la tecnología utilizada en el entorno industrial para recolectar y mostrar datos; El marco problemático muestra una serie de factores que inciden en el proceso de toma de datos en la subestación, el cual ha sido reemplazado por la toma automática de datos debido que el proceso es manual y no se incluye el ruido causado por los equipos eléctricos del sistema, por lo que no se pueden tomar decisiones inmediatas ante posibles fallos.

Procil Sanchez y Mijael Alexander [9] desarrollaron el tema denominado “Diseño e Implementación de un Sistema de monitoreo energético para red de aire comprimido en una planta industrial” en este proyecto se diseñó e implementó un sistema de monitoreo de energía para la red de aire comprimido de una industria de recubrimientos con el fin de determinar la relación costo/caudal que representa la generación de aire comprimido para la empresa. Para ello, el sistema incluye una pantalla HMI con función de registro, transmisor de flujo de aire, sensor de presión, pinza amperimétrica y un módulo remoto que utiliza el protocolo de comunicación industrial MODBUS RTU para recopilar información de la red de aire comprimido, luego la información es registrada como analizada. Luego de implementar el sistema y analizar la información registrada, se determina la relación costo/caudal de la planta, se implementan políticas de ahorro energético en la sala de compresores y áreas de producción, logrando un ahorro económico del 25% en energía eléctrica. A su vez, se proporciona información cuantitativa para tomar decisiones informadas durante la futura expansión de la planta.

Ricardo Defas y Andrés Guzmán [10] desarrollaron el tema de tesis denominado “Implementación de un sistema de monitoreo y control de actuadores eléctricos AUMA utilizando protocolos de comunicación industrial MODBUS RTU y MODBUS TCP/IP”

donde propusieron el diseño e implementación de un sistema de monitoreo de actuadores eléctricos para la empresa AUMA Andina y Centroamérica para monitorear todas las variables de control provenientes de una red de actuadores eléctricos diseñada con una interfaz de comunicación MODBUS RTU. Los enlaces de comunicación se establecen mediante buses de campo a través de los cuales se controlan los procesos relacionados con la automatización de actuadores eléctricos. El principal dispositivo utilizado para administrar todos los enlaces de comunicación es el controlador Siemens SIMATIC S7-1200, que incluye tarjetas de comunicación CM 1241 para la interfaz MODBUS, donde el intercambio de datos se realiza mediante el estándar RS485. La programación de procesos y configuración de protocolos industriales se realiza a través de las herramientas y librerías del software TIA Portal V13, y como herramienta de visualización de resultados del proceso de control se utiliza la pantalla Red Lion G306A (HMI), programada mediante Crimson 3.0 software. Todo lo anterior se integra en un cuadro de control de baja potencia diseñado según las normas IEC 61439-1 e IEC 61439-2, que incluye todos los elementos de maniobra y protección necesarios para un proceso de control.

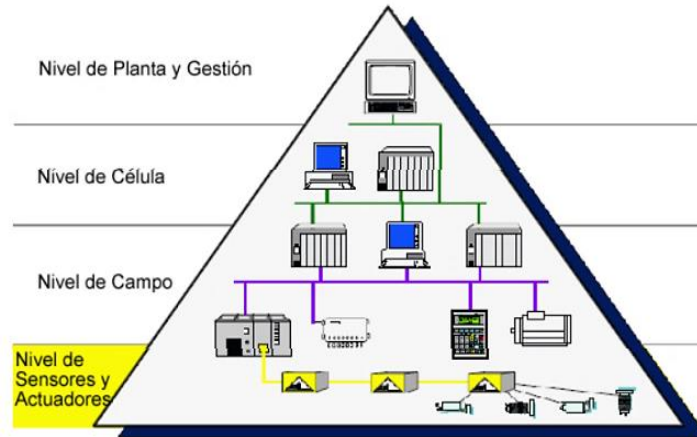
Yevang Nhiavue [11] desarrollo la “Implementación de la comunicación con la serie de actuadores Exlar TLMXX utilizando MODBUS RTU” el cual demostró como resultado una clase de programación que abarca los métodos necesarios para comunicarse con el dispositivo utilizando el protocolo MODBUS RTU. Puede mejorar la señal de control y proporcionar configuración en línea, la última de las cuales no estaría disponible sin el software profesional del fabricante. Se crea una interfaz para probar la eficacia de la clase proporcionada, así como para modelarla utilizando las reglas de la ingeniería de software. Está desarrollado en Framework Qt 5.2, tiene la ventaja de ser multiplataforma y software libre, por lo que puede ser utilizado en posteriores aplicaciones comerciales en nuestro país. A nivel general en el mundo, el campo de las redes industriales ha sido muy explotado mayoritariamente por los ingenieros de sistemas, por ello este estudio se realiza un análisis con fin de introducirnos al tema de redes industriales, así como conocer la situación actual del uso de MODBUS como protocolo de comunicación, para sacarle el máximo provecho.

### **3.2 PIRÁMIDE DE AUTOMATIZACIÓN**

La pirámide de automatización CIM por sus siglas en inglés es: “Computer Integrated Manufacturing”, que significa manufactura integrada por computadora, nació de la necesidad de integrar los procesos productivos (diseño, ingeniería y producción) con otros sistemas de gestión de una empresa. CIM intenta resumir gráficamente la estructura de los sistemas de

comunicación en un entorno de producción y se divide en niveles según el tráfico y el tipo de información que se intercambia. En otras palabras, detalla en qué parte del proceso de una empresa está involucrado cada protocolo de comunicación [12].

En la figura 3.1. se observa la pirámide de automatización.

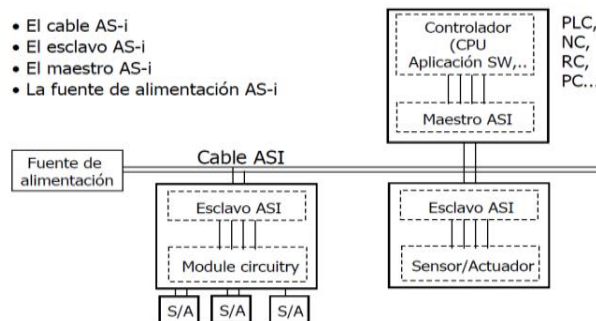


**Figura 3.1** Pirámide de automatización. [12]

### 3.2.1 Nivel Actuator – Sensor

Este es el nivel más bajo de la pirámide, algunos de los estándares de comunicación que se encuentran aquí son: ASi, DeviceNet, HART, también se les conoce como red de control o bus de campo y encuentran la forma de comunicar dispositivos como sensores, transformadores, actuadores, transductores, etc., entre sí. El bus de datos resuelve los problemas de comunicación en los niveles inferiores de la pirámide. Algunas de sus ventajas son ahorros significativos en costos de cableado, instalación, mantenimiento, y además una mayor eficiencia del sistema [12].

En la figura 3.2 se indica un ejemplo de los componentes que integran una red AS-i.



**Figura 3.2** Componentes de una red AS-i [12]

### 3.2.1.1 AS-i interfaz (AS-i)

En los años 90 con el aumento de los sistemas de automatización en las industrias, aumentaba además su complejidad y por ende el costo de cableado, una asociación de 11 empresas entre estas Siemens AG creó el protocolo AS-i reemplazando así al sistema de mazo de cables reduciendo el costo y la complejidad en la instalación de cableado [12].

- **Maestro AS-i**

Es aquel que permite la comunicación con el autómata programable suministrando información de la red, además se encarga de supervisar la red y emitir los parámetros de configuración. El maestro AS-i se encarga de realizar todas sus tareas de forma automática.

- **Esclavos AS-i SAS**

Nos permite establecer una conexión entre el sistema de transmisión y los dispositivos de E/S, generando una conexión con la unidad principal o maestro.

El cable estándar para redes AS-i es un cable plano, sin embargo, se puede utilizar cualquier cable de dos hilos de 2 x 1,5 mm<sup>2</sup>, que se encarga de enviar la información a toda la red y dar alimentación a los dispositivos que se conectan al sensor. Por lo general, use un cable de alimentación auxiliar plano negro para 24V CC y un cable plano rojo para 240V CA [12].

### 3.2.1.2 DeviceNet

Implementado por Rockwell Automation en 1994, es un bus de campo rentable que reduce el costo de cableado de componentes y mejora sus funciones de diagnóstico. Está orientado a la automatización de nivel bajo y medio, basado en el sistema CAN creado por Bosch en 1986. DeviceNet permite 3 modelos de conexión: maestro/esclavo, par y productor/consumidor, donde se aprovecha mejor el ancho de banda en el último modelo de conexión mencionado, dando como resultado que cualquier nodo de la red, pueda enviar información y ser recibida por otros nodos simultáneamente.

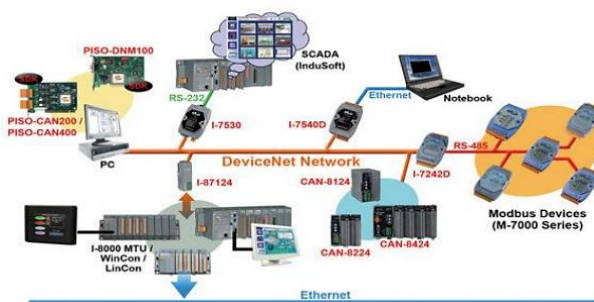
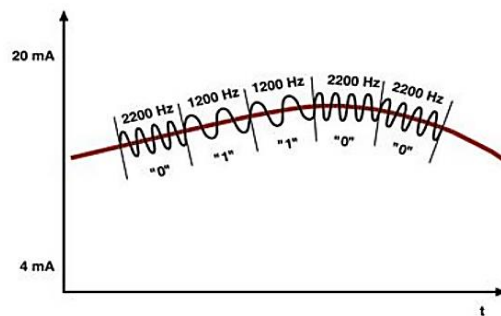


Figura 3.3 Red industrial DeviceNet. [12]

### 3.2.1.3 HART (Highway Addressable Remote Transducer)

Implementado a fines de la década de 1980, HART utiliza el estándar de modulación por cambio de frecuencia y es uno de los principales estándares de la industria para interactuar con dispositivos de campo. Su señal utiliza 2 frecuencias 1200 y 2200HZ representando los Bits 1 y 0 respectivamente, estas frecuencias se superponen a la señal de corriente analógica de 4-20 mA de esta forma se operan las señales analógica y digital como se muestra en la figura 3.4.



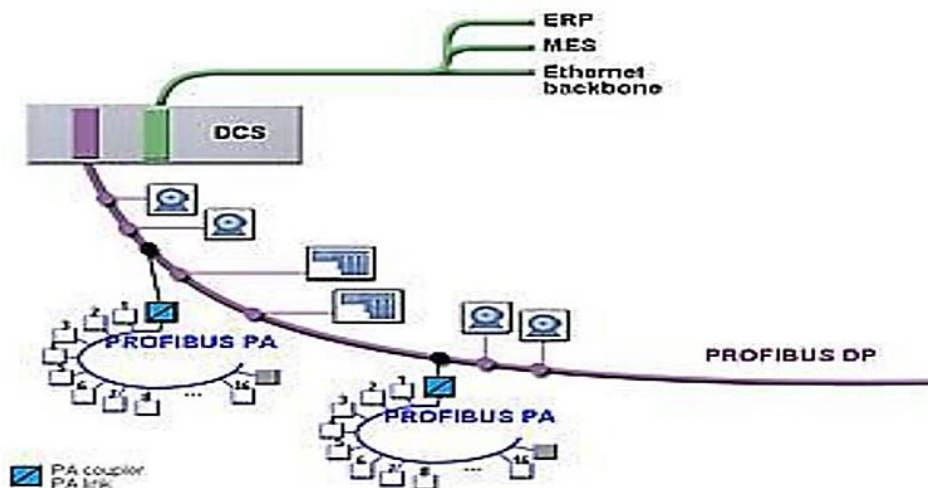
**Figura 3.4** Representación de los bits 1-0 y la variación de frecuencias [12].

## 3.2.2 Nivel De Campo

Los elementos de mando y control son capaces de gestionar sensores y actuadores de nivel 0 como PLC de gama media y baja, sistemas de control digital, transporte automático, dispositivos basados en microprocesadores como robots, paneles de control, proporcionando información sobre acciones en el nivel 0 y estado en el nivel 2. Los dispositivos de este nivel, así como los niveles inferiores, tienen una entidad suficiente para realizar el trabajo de producción por sí mismos, además tienen buenas características para conectarse al nivel superior, generalmente a través de bus de campo [13].

### 3.2.2.1 Profibus

En 1987, un grupo de empresas alemanas desarrollaron un proyecto para crear un medio que permitiera la conexión entre dispositivos de diferentes fabricantes, así nació Profibus, para el año 1990 ya existió la posibilidad que entidades grupales hagan parte de este consorcio. Profibus proporciona soluciones para aplicaciones discretas y automatización de procesos. La figura 3.5 muestra la interacción entre Profibus DA y DP con un ejemplo de una red de comunicación Profibus.



**Figura 3.5** Interacción de Profibus DP y DA en una red. [12]

### 3.2.3 Nivel De Célula O Control

Este nivel envía comandos de ejecución al nivel 1 y recibe situaciones de estado de ese nivel, también recibe programas de producción y mantenimiento del nivel 3, reportando a ese nivel los problemas que han ocurrido en la planta de producción. Las tareas creadas en el nivel superior de un área o planta se dividen en un conjunto más simple de actividades que se enrutan sincrónicamente a procesos de nivel inferior (almacenamiento y transporte, producción, etc., producción, ensamblaje, control de calidad) [13].

#### 3.2.3.1 Profibus FMS (Fieldbus Message Specification)

Diseñado para comunicación en el nivel de control entre dispositivos inteligentes como HMI, PLCs, PCS, etc., es una comunicación de propósito general y su función es monitorear, transmitir datos en masa, comunicación multimaestro y submaestro (maestro-escalvo). Forma parte de la familia Profibus

#### 3.2.3.2 ControlNet

Esta es una red de alta velocidad en tiempo real, introducida por Allen Bradley en 1995, es adecuada para aplicaciones discretas y de control, tiene la ventaja sobre otras redes que permite solo un maestro en la red. ControlNET utiliza un modelo productor/consumidor para mejorar la utilización de la red [12].

### 3.2.4 Nivel De Planta Y Gestión

Aquí se localizan los dispositivos de control existentes; que es posible monitorearlos si existe un sistema capaz de comunicar estos elementos, conformado por computadoras, o un sistema visual como monitores industriales, que visualice los procesos de la planta, a través de un

SCADA (Supervisory Control and Data Collection), donde es posible que se muestren avisos, errores o cambios de cualquier proceso en curso [13].

### **3.3 REDES INDUSTRIALES**

La red industrial nació para enlazar todos los dispositivos que conlleva una empresa, dedicados a controlar máquinas o partes de un proceso cerrado. Todos los diversos dispositivos que se presentan en la industria, incluyendo PCs (computadoras personales), PLC (controladores lógicos programables), dispositivos de campo, entre otros, están conectados en una red industrial, aumentando el desempeño de cada familia.

Desde un punto de vista institucional, tener una red de comunicación industrial es clave para el estudio de cómo interactúan diferentes dispositivos e instrumentos donde están especializados para controlar máquinas o una parte autónoma de los procesos, como una PC, PLCs, dispositivos de campo, sensores, actuadores, etc. A nivel general en el mundo estas redes proporcionan muchas ventajas como son:

- Monitoreo de todo el proceso productivo.
- Toma de datos del proceso de forma instantánea.
- Mejora del rendimiento en todo el proceso industrial.
- Posibilidad de compartición de información entre el sector de proceso y departamentos de administración.
- Control a distancia, evitando la presencia física en la fábrica. [11]

#### **3.3.1 Red de comunicación**

Este es el nivel de gestión de la información que los dispositivos de campo envían a la red informática desde el sistema. El tipo de BUS utilizado en las comunicaciones puede variar mucho según las necesidades del sistema y el software elegido para implementar el sistema SCADA, ya que no todos los softwares (ni los dispositivos de campo como PLC) pueden funcionar con todos los tipos de BUS. Hoy, gracias a la estandarización de las comunicaciones con los dispositivos de campo, se puede implementar un sistema SCADA en prácticamente cualquier tipo de bus. Podemos encontrar SCADAs en formatos estándar como RS232, RS422 y RS485, desde los cuales, mediante protocolo TCP/IP, podemos conectar el sistema a un bus en una configuración DMS existente; pasando por buses industriales, hasta formas más modernas de comunicación como Bluetooth (Radio Bus), Microondas, Satelital, Cable.

Además del tipo BUS, también existen interfaces de comunicación especiales para la comunicación en sistemas SCADA, como módems para estos sistemas que soportan protocolos de comunicación SCADA y facilitan el despliegue de aplicaciones. Otra característica de la comunicación del sistema SCADA es que la mayoría de ellas se realizan a través de comunicación WAN, es decir, se pueden ubicar geográficamente diferentes terminales RTU.

### 3.3.2 Topología de red

La topología de red es la estructura de comunicación. Hay una topología física y una topología lógica, que define la topología física de la red, y esta última son las reglas con respecto a la topología de la red [14].

La figura 3.6 muestra las diferentes topologías de red existentes.

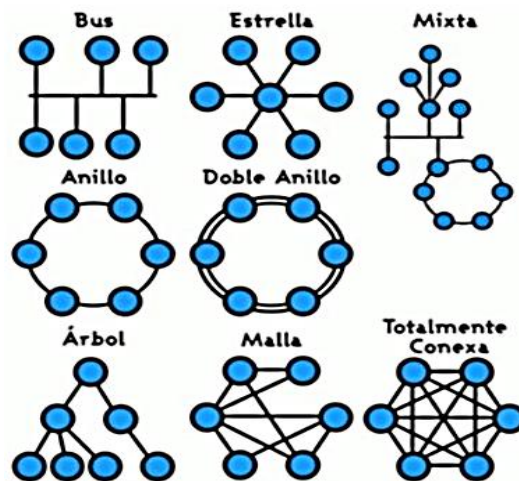


Figura 3.6 Topologías de red. [14]

- **Interconexión total.** Llamado también como conexión punto a punto, es decir una conexión total cuando los nodos se conectan de forma directa.
- **Interconexión Parcial.** Consiste cuando los nodos del sistema no se conectan por medio del enlace punto a punto.
- **Interconexión en estrella.** Se caracteriza ya que permite controlar la transferencia de información a consecuencia de que cada nodo se conecta a un nodo central.
- **Interconexión en bus.** El BUS se encarga de emitir y recibir datos al cual todos los elementos están conectados, ósea toda la información hacia todos los nodos es transmitida por el bus. Esta conexión es la más practicada en las industrias ya que permite la comunicación cruzada, regulación de datos y cubrir una gran extensión.



- **Interconexión en anillo.** No hay nodo que sea el principal ya que la información se transmite de dispositivo a dispositivo hasta llegar a su destino.
- **Interconexión en árbol.** Es la unión de diferentes estructuras en un bus, con varias ramas de conexión entre sí. [14]

### 3.4 MODELO OSI

OSI (ISO 7 98) es un estándar internacional para la interconexión de sistemas abiertos, utiliza una arquitectura en capas para dividir los problemas de conectividad en partes controlables, también para una compatibilidad total ISO 7498 inició la tarea de definir estándares para cada una de sus clases y se desarrollaron nuevos estándares basados en este modelo. El enfoque en capas garantiza la modularidad y la facilidad con la que los programas de red se pueden mejorar gradualmente sin requerir cambios importantes. La modularidad permite que el hardware y el software de un proveedor funcionen con los productos de otro proveedor, admitiendo los mismos estándares en cada capa.

OSI es el sistema de 7 niveles o capas que busca definir los sistemas de transmisión, métodos de acceso a la red, y todo lo relacionado con cómo lograr un intercambio efectivo de información entre dos o más interlocutores [4]. En la figura 3.7 se muestran las siete capas que componen el modelo OSI.

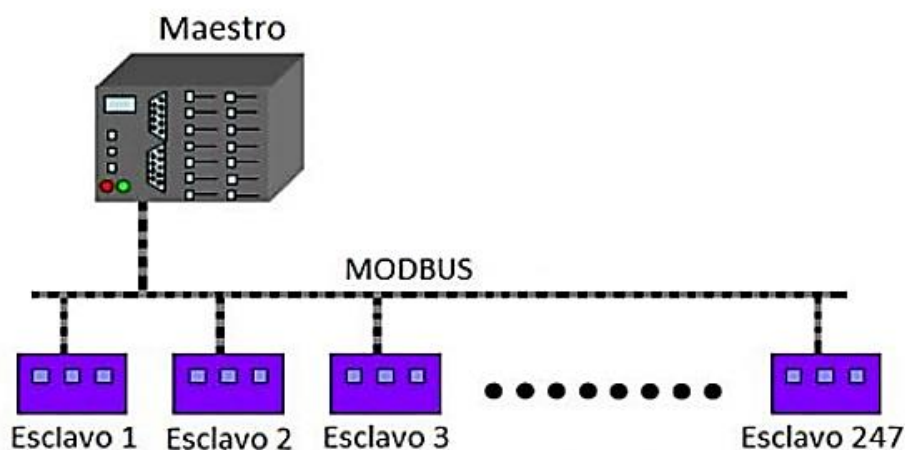


**Figura 3.7** Siete capas del modelo OSI [15].

### 3.5 PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN MODBUS

El protocolo MODBUS se desarrolló originalmente para conectar controladores programables entre sí, pero con el tiempo obtuvo una amplia aceptación y se convirtió en el "lenguaje" común utilizado por muchos controladores y dispositivos de monitoreo.

Este protocolo define la estructura de mensajes que los dispositivos conectados reconocen y utilizan, independientemente del tipo de red con la que se comunican. Detalla el proceso que usa un dispositivo para pedir acceso desde otro dispositivo, cómo responde a las solicitudes de otros dispositivos y por tal cómo se detectan y notifican los errores. Además, define un formato común para el diseño y el contenido de los campos de mensajes. [16]



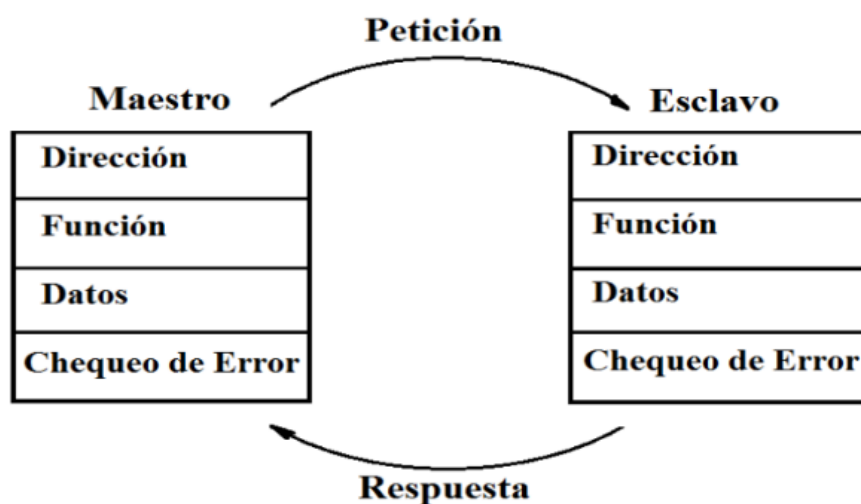
**Figura 3.8** Estructura de la comunicación MODBUS. [14]

Al comunicarse a través de una red MODBUS, el protocolo define cada dispositivo con su respectiva dirección, identifica un mensaje que se le envía, determina el tipo de acción a realizar y extrae cualquier dato o información que se incluya en el aviso. Si se necesita retroinformación, el sistema construye un mensaje de respuesta y lo envía utilizando el protocolo MODBUS. Los dispositivos conectados que utilizan el protocolo MODBUS para la comunicación suelen tener una interfaz RS485 como medio físico, para lograr una conectividad multipunto o multinodo, aunque en algunos casos los dispositivos pueden establecer comunicación según el protocolo MODBUS; usando la interfaz RS232 como medio físico. Las características de cada uno de estos estándares (RS232 y RS485) se definen en que los dispositivos se comunican utilizando una técnica maestro-esclavo, donde solo un dispositivo (el maestro) puede iniciar una transacción (llamada solicitud). Otros dispositivos (esclavos) se reúnen al proporcionar a los maestros de datos que se requieren o realizan las acciones requeridas en la petición. El equipo principal típico (maestro) incluye por lo general procesadores centrales, paneles de programación, PC y PLC. Algunos esclavos típicos son

PLC (controlador lógico programable), controladores, actuadores, analizadores y tarjetas de recolección de datos. Los maestros pueden comunicarse con esclavos separados o pueden crear un mensaje en modo de transmisión para todos los esclavos. El esclavo devuelve un mensaje (llamado respuesta) para solicitar que se envíe por separado. No se devolverán las respuestas a las solicitudes en modo de difusión enviadas por la unidad maestra. El protocolo MODBUS corrige el formato de la solicitud maestra al incluir la dirección del dispositivo esclavo (0 en el caso de emisión), un código de función que identifica la acción solicitada, los datos que se enviarán y la verificación de errores. El mensaje de respuesta del servidor (esclavo) también está determinado por el protocolo MODBUS, contiene campos que confirman la acción realizada, los datos que se devolverán y un campo de comprobación de errores. Si el mensaje recibido por el esclavo es falso, o si el esclavo no puede efectuar la acción solicitada, genera un mensaje de error y lo envía como respuesta [11].

### 3.5.1 Modo de transmisión MODBUS RTU

En la transmisión RTU, el maestro inicia la comunicación, el maestro envía una solicitud al esclavo y el esclavo responde al maestro. RTU permite un solo maestro y un máximo de 247 esclavos. La estructura utilizada en este protocolo de los mensajes primario y secundario es la misma: dirección, código de función, datos y suma de verificación.



**Figura 3.9** Ciclo petición- respuesta del maestro-esclavo. [11]

#### 3.5.1.1 La Petición

El código de función en la solicitud le indica al dispositivo esclavo, el mensaje a enviar, el tipo de acción a tomar. Los bytes de datos contienen cualquier información adicional que el servidor necesita para ejecutar una función. Por ejemplo, el código de función 05 le solicita al esclavo que lea los registros de lectura y escritura (Holding Registers) y responde emitiendo

los valores contenidos en estos registros al esclavo. El campo de datos debe contener información que indique qué registro comenzar a leer y cuánto leer. El campo de verificación de errores genera un método para que el esclavo verifique la integridad del cuerpo del mensaje recibido.

#### **3.5.1.2 La Respuesta**

Si el esclavo genera una respuesta normal, el código de función contenido en la respuesta es una copia del código de función emitido en la petición. Los bytes de datos contienen los datos solicitados por el maestro en la petición, y que han sido almacenados por el esclavo, tales como valores de registros o estados de registros. Si existe un error, el código de función dentro de la respuesta es diferente al código de función emitido en la petición, para indicar que la respuesta es una respuesta de error y los bytes de datos contienen un código que describe el error. [11].

#### **3.5.1.3 Dirección**

El maestro envía un byte con la dirección del esclavo, al enviar una respuesta, el esclavo envía un mensaje con su propia dirección, para que el maestro sepa qué esclavo está enviando la respuesta [14].

#### **3.5.1.4 Código de función**

El código de función se compone de un solo byte, y en este campo, el maestro especifica lo que le pide al esclavo que haga (leer, escribir, etc.).

#### **3.5.1.5 Datos**

Este es un campo de tamaño variable, el formato y contenido de este campo depende de la función utilizada. Este campo se describe junto con la descripción de la función.

#### **3.5.1.6 CRC**

Este campo está destinado a comprobar los errores de transmisión. Este campo consta de dos bytes, donde se transmite primero el byte menos significativo (CRC-), seguido del byte más significativo (CRC+) [14].

### **3.5.2 Modelo de datos de MODBUS**

MODBUS gestiona el acceso a los datos de forma sencilla y flexible. MODBUS admite de forma nativa dos tipos de datos: booleanos y un entero sin signo de 16 bits.

En un sistema SCADA, es común que los dispositivos integrados tengan determinados valores definidos como entradas, como la ganancia o los parámetros PID, mientras que otros valores son salidas, como la temperatura actual o la posición de la válvula. Para satisfacer esta

necesidad, los valores de los datos MODBUS se dividen en cuatro rangos (ver la tabla 3.1). Un esclavo puede definirse como 65,536 elementos en cada rango. [17]

**Tabla 3.1** Bloques de modelo de datos de MODBUS. [17]

| Bloque de memoria      | Tipo de datos     | Acceso de Maestro | Acceso de Esclavo |
|------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Bobinas                | Booleano          | Lectura/Escritura | Lectura/Escritura |
| Entradas Discretas     | Booleano          | Solo lectura      | Lectura/Escritura |
| Registros de Retención | Palabra sin Signo | Lectura/Escritura | Lectura/Escritura |
| Registros de Entrada   | Palabra sin Signo | Solo Lectura      | Lectura/Escritura |

En muchos casos, los sensores y otros dispositivos emiten datos en tipos booleanos simples y enteros sin signo. Por lo general, los dispositivos esclavos convierten estos tipos de datos más grandes en registros. Por ejemplo, un sensor de presión puede dividir un valor de coma flotante de 32 bits entre dos registros de 16 bits.

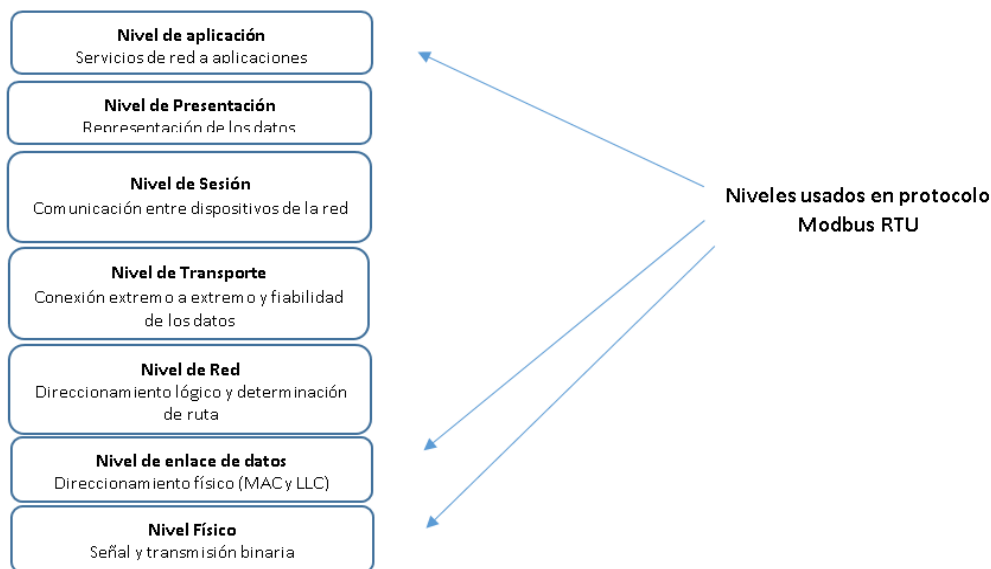
MODBUS expone estos valores de forma conceptual, lo que significa que es posible que en realidad no existan en la memoria. Por ejemplo, un dispositivo esclavo podría definirse de modo que los registros de retención y de entrada compartan la misma memoria si ese comportamiento tiene sentido para el esclavo. En la mayoría de los casos, el esclavo almacena cada tipo de datos admitido en una memoria separada y limita la cantidad de elementos de datos a los que puede acceder un maestro. Esta flexibilidad es opcional debido a la forma en que se muestran los datos a través del comportamiento bien definido de los códigos de función MODBUS que se muestran en la tabla 3.2 [17].

**Tabla 3.2** Códigos de función más comunes. [17]

|             |                |                                                 |                               | Code                  | (hex)             | Section |     |      |
|-------------|----------------|-------------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------|-------------------|---------|-----|------|
| Data Access | Bit Access     | Physical Discrete Inputs                        | Read Discrete Inputs          | 2                     | 2                 | 6.2     |     |      |
|             |                | Internal Bits or Physical Coils                 | Read Colis                    | 1                     | 1                 | 6.1     |     |      |
|             |                |                                                 | Write Single Coil             | 5                     | 5                 | 6.5     |     |      |
|             |                |                                                 | Write Multiple Coils          | 15                    | 0F                | 6.11    |     |      |
|             | 16 bits Access | Physical Input Registers                        | Read Input Register           | 4                     | 4                 | 6.4     |     |      |
|             |                | Internal Registers Or Physical Output Registers | Read Holding Registers        | 3                     | 3                 | 6.3     |     |      |
|             |                |                                                 | Write Single Registers        | 6                     | 6                 | 6.6     |     |      |
|             |                |                                                 | Write Multiple Registers      | 16                    | 10                | 6.12    |     |      |
|             |                |                                                 | Read/Write Multiple Registers | 23                    | 17                | 6.17    |     |      |
|             |                |                                                 | Write Mask Register           | 22                    | 16                | 6.16    |     |      |
|             |                |                                                 | Read FIFO Queue               | 24                    | 18                | 6.18    |     |      |
|             |                |                                                 | File Record Access            |                       | Read File Record  | 20      | 14  | 6.14 |
|             |                |                                                 |                               |                       | Write File Record | 21      | 15  | 6.15 |
|             |                |                                                 |                               | Read Exception Status | 7                 | 7       | 6.7 |      |
|             |                |                                                 |                               | Diagostic             | 8                 | 8       | 6.8 |      |

### 3.5.3 MODBUS RTU y el modelo OSI

El modelo OSI propone una estructura muy amplia la cual es adoptada por cada red en diferentes formas (ciertos niveles son adoptados y otros no) como ejemplo se puede citar al protocolo MODBUS RTU donde se usan solo tres de los siete niveles propuestos de OSI. En la figura 3.10 se muestran las capas que usa el protocolo de comunicación MODBUS RTU. [4]



**Figura 3.10** Tres niveles que ocupa el protocolo MODBUS.

### 3.6 Interfaz RS485

RS-485 describe una interfaz de comunicación con transmisión diferencial de datos, por lo que es ideal para transmisiones a altas velocidades, largas distancias, ambientes ruidosos y con gran interferencia electromagnética. Esta interfaz de comunicación es capaz de interconectar 32 unidades de cargas, sin embargo, este número puede aumentar, debido a los dispositivos que consumen fracciones de la unidad de carga.

El estándar RS485, como medio físico por el cual se emiten y reciben las señales de datos, con velocidades desde 9,600 bps (bits por segundo) hasta 10Mbps. Sus características principales son: Emplea una topología de red de bus con manejo diferencial balanceado, que requiere de terminadores en los dispositivos conectados en los extremos del bus, para asegurar acoplamiento y desacoplamiento de estaciones durante operación normal, sin afectar el resto, los terminadores son resistivos de  $104\Omega$  teóricos en los extremos, utilizando el valor comercial que se ha instalado con éxito de  $120\Omega$  cada uno. [18]

### 3.6.1 Topología de conexiones

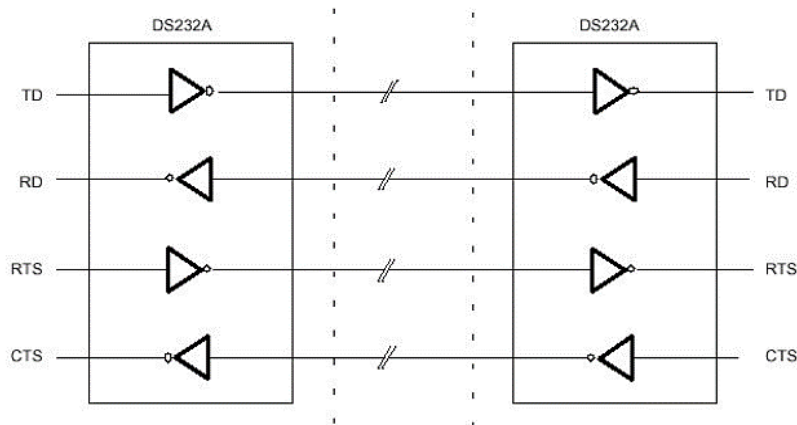
El estándar RS485 dicta que cada uno de sus nodos está vinculado a la línea de transmisión formando una cadena llamada topología Bus. Cada elemento o nodo de la red (conductor, receptor) está vinculado a la línea por un cable de enlace corto.

Por sus características físicas, este tipo de topología es la más sencilla que se puede implementar. Las interfaces con topología de bus pueden diseñarse para comunicación dual simultánea (fullduplex) o dual asíncrono (halfduplex). [19]

#### 3.6.1.1 Conexión punto a punto (full-duplex)

La comunicación simultánea dual (fullduplex) requiere el uso de 2 pares de cables (cuatro hilos) para comunicarse. La transmisión y la recepción deben estar separadas por hilos independientes, conectando el transmisor de un elemento al receptor del otro elemento y viceversa. [19]

La figura 3.11 muestra un ejemplo de una interfaz punto a punto (fullduplex).



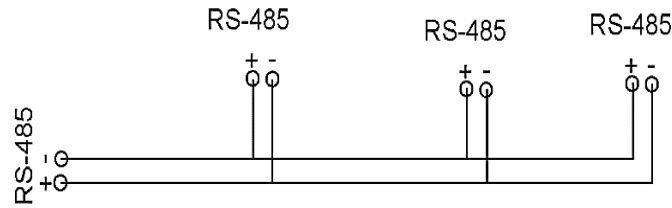
**Figura 3.11** Red de cuatro hilos multi-elemento [19].

#### 3.6.1.2 Red de dos hilos multi-punto (half-duplex)

Se puede establecer una red de dos hilos, lo que simplifica enormemente las conexiones en el bus de comunicación. La red RS485 de 2 hilos sólo puede comunicarse de forma asíncrona. En otras palabras, no simultánea (half-dúplex), lo que da como resultado una comunicación de pregunta-respuesta.

La ventaja de estas redes es que se puede establecer una estructura multimaestro (multi-master), es decir, cada nodo tiene la capacidad de comunicarse con cualquier otro nodo. [19]

La figura 3.12 muestra un ejemplo de una conexión multipunto (half-dúplex).



**Figura 3.12** Red de dos hilos multi-elemento.

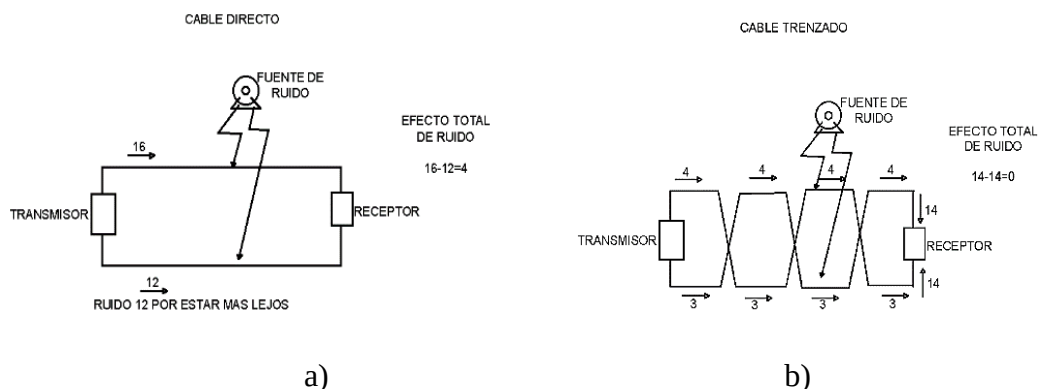
### 3.6.2 Bucle de Corriente

Las principales características de funcionamiento del bucle interno son:

1. La presencia o ausencia de corriente está asociada a un “1 lógico” o “0 lógico”.
2. El valor actual (1) es de 4 o 20 mA según el tipo de dispositivo.
3. Se pueden utilizar diferentes tipos de circuitos de acoplamiento para conectar entre ellos (acopladores ópticos y relés, entre otros).
4. En un bucle y dependiendo de su función, un extremo genera corriente y el otro la detecta con la aplicación específica que lo requiere.
5. La cantidad de terminales (receptores) que se pueden conectar en un lazo depende de la potencia disponible en el terminal activo (emisor), para mantener una corriente mínima de 4 mA.
6. La distancia máxima de transmisión es de 1200 m. [19]

### 3.6.3 Características eléctricas del estándar RS-485

El estándar define conexiones con cable de par de cobre trenzado esto debido a la eliminación de interferencia por ruido que se genera con este tipo de cable, se ejemplifica en la figura 3.13.



**Figura 3.13** a) efecto del ruido sobre un cable de red directo, b) efecto del ruido sobre un cable de red trenzado.



En la comunicación del estándar RS485, el transmisor opera un "1" lógico a un voltaje de -1,5 a -5 V. El nivel lógico "0" a la entrada del receptor va de +0,2 a +12 Voltios y el voltaje máximo aplicado a la línea de salida es de -7 a +12 voltios. El rango de transmisión viene dado por la relación entre la cantidad de datos a transmitir y el tiempo de la señal en la portadora, que viene determinada por la tasa de baudios, de donde obtenemos que la longitud máxima del cable es de 1200 m y se obtiene un máximo de 10 Mbps a una distancia de 12 m. [20]

En la tabla 3.3 se presenta las características eléctricas y de desempeño de las conexiones en serie.

**Tabla 3.3** Características eléctricas y prestaciones de la norma RS-485 [16].

|                                   | <b>Concepto</b>                              |        | <b>EIA RS-485</b>               |
|-----------------------------------|----------------------------------------------|--------|---------------------------------|
| <b>Características eléctricas</b> | “1”Logico en la salida (Emisor)              |        | -1,5/-5(Volt.)                  |
|                                   | “1”Logico en la entrada (Emisor)             |        | -0,2/-7(Volt.)                  |
|                                   | “0”Logico en la salida (Receptor)            |        | 1,5/5(Volt.)                    |
|                                   | “0”Logico en la entrada (Receptor)           |        | 0,2/12(Volt.)                   |
|                                   | Tercer estado en la salida                   |        | Si                              |
|                                   | Conexión entre emisor y receptor             |        | Diferencial (Emisor y Receptor) |
|                                   | Máxima tensión aplicada a la línea de salida |        | -7/12(Volt.)                    |
| <b>Prestaciones</b>               | Numero de emisores y receptores en una línea |        | 32 Emisores                     |
|                                   |                                              |        | 32 Receptores                   |
|                                   | Velocidad / distancia                        | Máxima | 10Mbps/12m                      |
|                                   |                                              | Media  | 1Mbps/120m                      |
|                                   |                                              | Mínima | 100Kbps/1200 m                  |

### 3.7 SCADA

SCADA (Control de Supervisión y Recopilación de Datos), es una aplicación o conjunto de aplicaciones de software diseñadas específicamente para ejecutarse en una computadora de control de producción, que tiene acceso a la planta mediante comunicación digital con los equipos y actuadores, y una interfaz gráfica de usuario de alto nivel (pantalla táctil, mouse o puntero, resaltador, etc.). El sistema permite la comunicación con dispositivos de campo (controladores autónomos, controladores programables, sistemas de dosificación, etc.), para el control automático de procesos desde la pantalla de la computadora, que es de forma

configurable por el usuario y se puede cambiar fácilmente. Además, pone a disposición de los diferentes usuarios toda la información generada durante la producción. Los sistemas SCADA se utilizan en el control de tuberías, sistemas de transmisión de energía, campos de petróleo y gas, redes de distribución de gas natural, subterráneos, generación de energía (convencional y nuclear). No todos los sistemas SCADA se limitan a procesos industriales, sino que su uso también se ha extendido a instalaciones experimentales como las de fusión nuclear, donde la capacidad de procesar cantidades de E/S de gran tamaño, recolectar y monitorear tales datos; haciéndolos sistemas ideales en procesos que contienen una gran cantidad de variables [21].

### **3.7.1 Características de un sistema SCADA**

SCADA es una herramienta que monitorea la función de control. De hecho, los controles se identifican, a través de dispositivos de hardware y herramientas (PLC, controladores lógicos, gabinetes de control ...) con algoritmos de lógica de control que se aplican en la fábrica. Otros sistemas de supervisión y control pueden requerir o aprovechar el hecho de que establecemos un nuevo sistema de automatización de fábrica para modificar u optimizar los sistemas de control anteriores. Como resultado, al monitoreo del control de la fábrica podemos actuar y cambiar las variables de control en tiempo real, cuál es el número de acciones que se requiere, pruebas superiores en algunos casos, con el fin de encontrar problemas en la automatización y poder solucionarlo o solucionarlo al habilitar la acción en el proceso monitoreado. SCADA Systems proporciona una interfaz gráfica HMI, pero no todos los sistemas de automatización de HMI son SCADA. La diferencia radica en la función de supervisión que a continuación se redacta con algunas características [21]:

- Recolección y almacenamiento de datos, para procesar y almacenar la información recibida, de manera continua y confiable.
- Graficar y representar dinámicamente las variables del proceso y monitorearlas con alarmas.
- Tomar acciones de control para modificar el desarrollo del proceso, trabajando en conjuntos, por supuesto, ajustes autónomos básicos (puntos de ajuste, alarmas, menús, etc.) directamente en el proceso a través de salidas conectadas.
- Arquitectura abierta y flexible con escalabilidad y adaptabilidad.
- Capacidad de conexión con otras aplicaciones y bases de datos, localmente o distribuidas en la red de comunicación.
- Monitoreo, para observar desde un monitor el avance de las variables de control.

- Comunicarse con dispositivos de campo y otras PC.
- Base de datos, gestión de datos con tiempo de acceso reducido. Usualmente usa ODBC.
- Presentar, representar datos gráficamente. Interfaz de Operador o HMI (Human Machine Interfaz).
- Uso de los datos adquiridos para la gestión de la calidad, el control estadístico, la gestión de la producción y la gestión administrativa y financiera.
- Alerta al operador de cambios detectados durante la instalación, tanto cambios no considerados normales (alarma) como cambios producidos en el día a día de la instalación (avería) a demandar). Estos cambios se almacenan en el sistema para su posterior análisis.

### **3.7.2 Implantación de un sistema SCADA funcional.**

**Etapa 1:** Diseño de la arquitectura del sistema. Esto incluye todas las consideraciones importantes relacionadas con los sistemas de comunicación corporativos (tipo de FieldBUS, distancia, número de E/S, protocolos del sistema y controladores...). También estarán involucrados tipos de equipos que no están en la fábrica pero que serán necesarios para monitorear los parámetros deseados.

**Fase 2:** Instalar en la planta las RTU, comunicaciones, equipos HMI y hardware en general necesarios. Contar un software SCADA que coincida con la arquitectura y los sistemas de la planta.

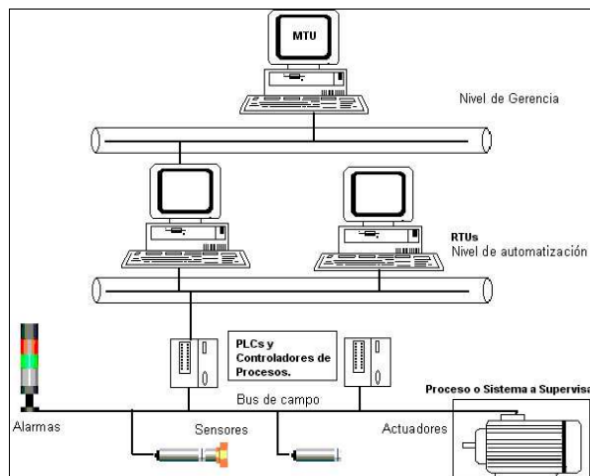
**Etapa 3:** Instalación de equipos de comunicación y sistema informático.

**Etapa 4:** Programación, tanto del dispositivo de comunicación como del HMI y del software SCADA.

**Etapa 5:** Prueba o depuración del sistema, donde se resuelven problemas de programación en comunicaciones como el software SCADA. [21]

### **3.7.3 Componentes de hardware**

Un sistema SCADA, como aplicación de software industrial particular, necesita ciertos componentes de hardware inherentes a su sistema, para procesar y administrar la información obtenida.



**Figura 3.14** Estructura básica de un sistema SCADA a nivel hardware. [21]

### 3.7.3.1 Ordenador Central o MTU (Master Terminal Unit)

Es aquel encargado de supervisar y recoger información del resto de las subestaciones, ya sean otros ordenadores conectados (en sistemas complejos) a los dispositivos de campo o directamente a los citados. Esta computadora suele ser una PC, que admite HMI. El sistema SCADA más simple es un sistema que consta de una sola computadora, que es la MTU que monitorea toda la estación.

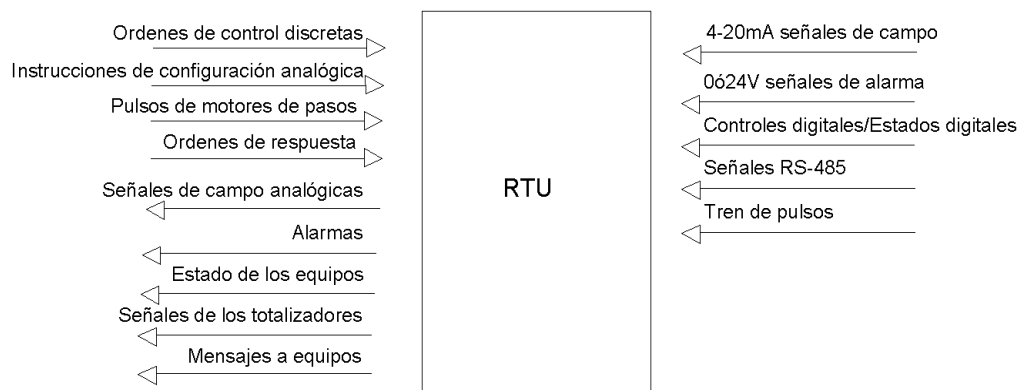
Las funciones principales de la MTU son:

- Interrogar periódicamente a las RTU y transmitirles comandos; generalmente siguen un esquema maestro-esclavo.
- Actúa como una interfaz para el operador, incluida la presentación de información variable en tiempo real, la gestión de alarmas y la recopilación y presentación de información histórica.
- Puede ejecutar software especializado que realiza funciones específicas relacionadas con el proceso monitoreado por SCADA. Por ejemplo, software que detecta fugas en oleoductos.

### 3.7.3.2 Ordenadores Remotos o RTUs (Remote Terminal Unit)

Estas computadoras están ubicadas en los nodos estratégicos del sistema que administran y controlan las subestaciones del sistema, reciben señales de los sensores de campo y controlan los elementos de que ejecutan el software de aplicación SCADA. Se encuentran en un nivel intermedio de automatización, a un nivel superior se encuentra MTU y en un nivel inferior diversas herramientas de campo, que son herramientas que realizan la automatización física del sistema, controlan y recopilan datos.

Estas computadoras no son necesariamente PCs, ya que la necesidad de soportar HMI no es tan grande a este nivel, por lo que suelen ser computadoras industriales tipo gabinete de control, que, aunque muy complejas, pueden tener características de subestación intermedia en forma de HMI. La tendencia actual es dar a los PLC (dependiendo de la entrada/salida gestionada) la capacidad de actuar como RTU gracias a un mayor grado de integración y CPU con más potencia informática. Esta solución reduce costos en sistemas con subestaciones menos complejas, reemplazando computadoras industriales mucho más costosas [21].



**Figura 3.15** Funciones básicas de una RTU en sistemas SCADA.

### 3.8 HMI

La interfaz hombre-máquina (HMI) es la interfaz entre el proceso y el operador, es la principal herramienta utilizada por los operadores y gerentes de línea para coordinar y controlar los procesos industriales y de fabricación. Las HMI convierten variables de proceso complejas en información procesable y útil, la función de la HMI es mostrar información operativa en tiempo real. Proporcionan diagramas de procesos visuales que agregan significado y contexto a la salud del motor y las válvulas, los niveles de lodo y otros parámetros del proceso. Suministran información operativa y permiten el control conjuntamente con la optimización ajustando los objetivos de producción y proceso [22].

### 3.9 LabVIEW

Es una herramienta de programación gráfica o programación por bloques, inicialmente, el programa estaba orientado a aplicaciones que controlan equipos electrónicos utilizados en el desarrollo de sistemas de instrumentación, conocidos como instrumentación virtual. Por este motivo, los programas creados en LabVIEW se guardarán en archivos denominados VI (Virtual Instrument) y con la misma extensión. De manera similar, también se nombran sus dos ventanas principales: una herramienta en realidad tendrá un panel frontal donde se ubicará

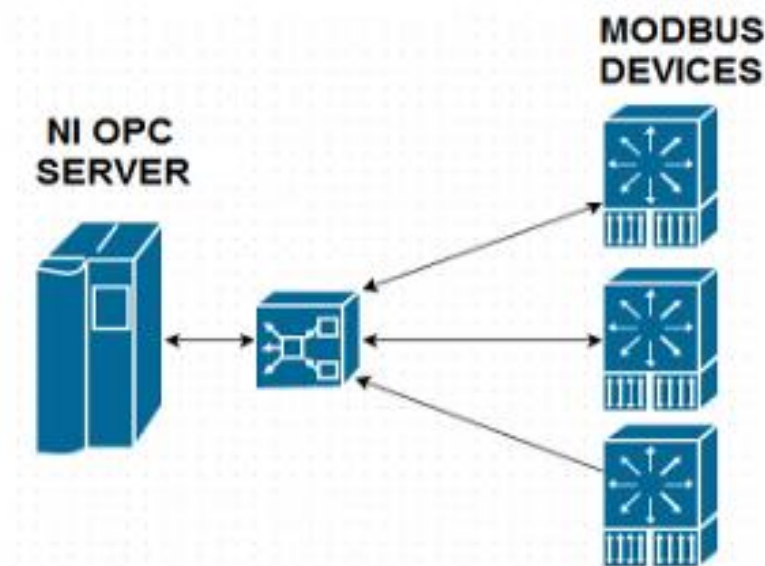
botones, pantallas, etc. su. Y los circuitos por dentro. En LabVIEW, estas secciones se denominan panel frontal y diagrama de bloques, respectivamente.

Frente: esta es la parte que verá el usuario, generalmente tiene un fondo gris.

Diagrama de bloques: Aquí es donde la programación se realiza en el lenguaje G y generalmente tiene un fondo blanco. [23]

### 3.10 OPC servers

El servidor NI OPC es una aplicación de servidor OPC independiente rica en características que puede formar la base de un sistema SCADA. Como todos los servidores OPC antes del lanzamiento de OPC UA, NI OPC Server es un programa solo para Windows y, como tal, es más adecuado para usar como un sistema de monitoreo que como un sistema de control de alta velocidad para dispositivos auxiliares (esclavos). El servidor NI OPC proporciona un conjunto completo de controladores que permiten la comunicación no solo con dispositivos MODBUS, sino también con dispositivos que utilizan una variedad de protocolos estándar o específicos del proveedor, como OPC UA.



**Figura 3.16** Dispositivos MODBUS TCP/IP y un servidor NI OPC Server como host [24].

Como muchos servidores OPC, el servidor NI OPC tiene herramientas para manejar grandes tipos de datos, configuración de dispositivos, programación de consultas y más para eliminar algunos de los detalles de bajo nivel de MODBUS. Una vez que los datos están en la aplicación, se pueden transferir mediante OPC u OPC UA a la grabadora, la interfaz hombre-máquina (HMI) y otras aplicaciones de Windows [24].

## 4 MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1 Métodos de investigación

En el desarrollo del presente proyecto se aplicó los métodos de investigación científica: inductivo y empírico, esto por las facilidades de desarrollo, a continuación, se detalla cada uno:

#### 4.1.1 Método científico empírico

Este método de investigación ha permitido mediante la observación del funcionamiento de la estación fotovoltaica determinar los equipos a implementarse para la adquisición de datos, además con la medición se determina la capacidad de los medidores de corriente, voltaje y temperatura, y con la experimentación se validará las pruebas de comunicación del sistema implementado.

#### 4.1.2 Método científico inductivo

Este método de investigación ha permitido determinar el diagrama de flujo del sistema de comunicación a implementar, donde se determina que el sistema estará conformado en el lugar específico para la adquisición de datos y la conversión análogo digital del transductor.

### 4.2 Técnicas de instrumentos para recolectar información

#### Técnicas

- **Observación:** permite considerar la situación del sistema antes, durante y después de la aplicación del presente proyecto, además permite el análisis de los parámetros eléctricos en la estación fotovoltaica.
- **Medición:** esta técnica ayuda a definir el rango de error que se presenta en el sistema de comunicación con referencia en un equipo de medición patrón para su correcto diagnóstico.
- **Programación:** para el desarrollo del sistema SCADA se aplica la técnica de programación en lenguaje G en el software LabVIEW.

#### Instrumentos

- **Software:** el software LabVIEW nos facilita la visualización de todos los parámetros eléctricos del sistema fotovoltaico.
- **Multímetro:** con este instrumento de medida se realizan las mediciones de los parámetros eléctricos y de esta manera se realiza una comparación con datos obtenidos por el sistema de comunicación.

### 4.3 Equipos

#### 4.3.1 Paneles solares

En la tabla 4.1 y 4.2 se muestran las características de los paneles solares instalados.

**Tabla 4.1.** Características del panel fotovoltaico SP 636-140

|  | Policristalino Simax Suzhou |               |
|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|---------------|
|                                                                                    | Especificaciones eléctricas |               |
|                                                                                    | Modelo                      | SP636-140     |
|                                                                                    | Potencia máxima             | 140 W         |
|                                                                                    | Voltaje a potencia máxima   | 17.8 V        |
|                                                                                    | Corriente a potencia máxima | 7.87 A        |
|                                                                                    | Voltaje a circuito abierto  | 21.8 V        |
|                                                                                    | Voltaje de cortocircuito    | 8.56 V        |
|                                                                                    | Tolerancia de potencia      | ±3%           |
|                                                                                    | Voltaje máximo del sistema  | 1000 VDC      |
|                                                                                    | Temperatura de operación    | -40 C a +85 C |
|                                                                                    | Peso                        | 12 Kg         |
|                                                                                    | Aplicación clase            | A             |
|                                                                                    | Dimensiones (mm)            | 1476x676x35   |

**Tabla 4.2** Características del panel fotovoltaico YL235P-29b

|  | Poli cristalino YINGLI SOLAR  |            |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|------------|
|                                                                                     | Características técnicas      |            |
|                                                                                     | Especificaciones eléctricas   |            |
|                                                                                     | Modelo                        | YL235P-29b |
|                                                                                     | Potencia máxima               | 235 W      |
|                                                                                     | Eficiencia de Modulo          | 14.4%      |
|                                                                                     | Voltaje a potencia máxima     | 29.1 V     |
|                                                                                     | Corriente a potencia máxima   | 8.08 A     |
|                                                                                     | Voltaje a circuito abierto    | 37.4 V     |
|                                                                                     | Voltaje de cortocircuito      | 8.66 A     |
|                                                                                     | Tolerancia de potencia        | ±3%        |
|                                                                                     | Voltaje máximo del sistema    | 1000 V     |
|                                                                                     | Temperatura nominal de celdas | 46±2°C     |



### 4.3.2 Computadora de escritorio

Para la implementación del sistema de comunicación se empleó una PC Gamer I7 novena generación disco 1Tb, SDD 250 Gb, RAM 16, Tarjeta de video GTX 1060, siendo de gran ayuda su capacidad de alto rendimiento para la ejecución de softwares de programación y diseño, como tal se recomienda para la simulación del Proyecto las especificaciones mínimas establecidas en la siguiente tabla 4.3

**Tabla 4.3** Características mínimas para el sistema de computo

| ESPECIFICACIONES TÉCNICAS MÍNIMAS PARA EQUIPO DE COMPUTO |                                                     |
|----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| Motherboards                                             | Mínimo 2 puertos USB                                |
| Memoria RAM                                              | 2GB DDR2 800Mhz                                     |
| Almacenamiento interno (Disco duro)                      | 240 Gbs SSD o HDD                                   |
| Sistema operativo (SO)                                   | Windows 7 o 10 (32 o 64 Bits)                       |
| Procesador                                               | Intel Core i3 (2.33 Ghz, 4M, 1333 Mhz 32 o 64 Bits) |

### 4.3.3 Pinza amperimétrica Fluke 375 FC

Equipo usado en la etapa de validación de datos arrojados por el módulo de medición RTH16 específicamente para la comparación de voltaje y corriente, ya que estas variables tienen que ser lo más exacto posible con un margen de error considerable, para el posterior tratamiento de los datos. En la figura 4.1, se observa la pinza amperimétrica Fluke 375 FC.



**Figura 4.1** Pinza amperimétrica Fluke 375 FC

Debido a la demanda de corriente y voltaje producido por el sistema fotovoltaico en el proyecto implica hacer medidas de corriente alrededor de los 10 Amperios es por ello por lo que se opta por hacer uso de este equipo específico, según sus especificaciones técnicas puede medir corrientes de hasta 600 Amperios los cuales no podemos alcanzar a medir con un multímetro común. A continuación, en la tabla 4.4, se muestra las especificaciones técnicas para medición de corriente en CC de la pinza amperimétrica Fluke 375 FC

**Tabla 4.4** Especificaciones técnicas para la medición de Corriente Continua (CC) [25]

| <b>Pinza amperimétrica FLUKE 375FC</b> |              |                                              |
|----------------------------------------|--------------|----------------------------------------------|
| <b>Función</b>                         | <b>Rango</b> | <b>Resolución</b>                            |
| Corriente continua (cc)                | 600,0 A      | 0,1 A                                        |
| Tensión alterna (ca)                   | 1000,0 V     | 0,1 V ( $\leq 600,0$ V) 1 V ( $\leq 1000$ V) |
| Tensión continua(cc)                   | 1000,0 V     | 0,1 V ( $\leq 600,0$ V) 1 V ( $\leq 1000$ V) |
| Tensión en milivoltios continuos (mV)  | 500,0mV      | 0,1 mV                                       |

#### 4.3.4 Módulo TRH16-RS485-25A

El TRH16 es un analizador de tensión y corriente multi-canal de hasta dieciséis canales de corriente continua y un canal de tensión, de hasta 1500 Vcc.

El dispositivo tiene dos puertos de comunicación RS485. El primero de ellos se utiliza para conectar y transmitir información al maestro, a través del protocolo MODBUS RTU. El segundo puerto de comunicación permite una estructura de comunicación multimaestro, es decir, como esclavo. El dispositivo se puede conectar en modo esclavo con 16 dispositivos de similares características. Los parámetros de comunicación se pueden configurar mediante interruptores en el panel frontal de la unidad.

Además, el equipo está provisto de tren entradas digitales (lógicas), para la detección del estado se señales digitales, procedentes del entorno del equipo, y cuya información también está disponible vía comunicación RS-485. Al margen de las entradas digitales, el equipo dispone de una entrada analógica con rango de 0-20Ma y una entrada para sonda PT100 o PT1000 configurable.

La figura 4.2. muestra el analizador TRH16-RS485-25.



**Figura 4.2** Medidor de tensión y corriente continua TRH16

El dispositivo tiene dos entradas de alimentación; uno para corriente alterna y otro para corriente continua. En ninguna circunstancia los usuarios deben conectar ambas entradas de alimentación simultáneamente.

Para conectar a la red eléctrica, tener en cuenta lo indicado en la tabla 4.5

**Tabla 4.5** Alimentación del equipo

| ALIMENTACIÓN                                   | C.<br>ALTERNA | C.<br>CONTINUA |
|------------------------------------------------|---------------|----------------|
| Tensión nominal                                | 230 V ~       | 24 V           |
| Tolerancia de alimentación                     | ± 20%         | ± 10%          |
| Frecuencia                                     | 50 Hz         | -              |
| Consumo del equipo sin transformadores         | 2 VA          | 2 W            |
| Consumo del equipo con 16 sensores (en vacío)  | 14 VA         | 8 W            |
| Consumo del equipo con 16 sensores (corriente) | 24 VA         | 14 W           |
| Pico de arranque                               | 3.5 A (3 ms)  | 15 A (1 ms)    |

#### 4.3.5 Medidores de corriente continua M/TR25AX4

La toma de medida de corriente se realiza a través de dieciséis transformadores de efecto Hall (transformadores para medida de corriente continua), tipo primario 25A. El dispositivo convierte una señal máxima de 25 A en la fuente primaria en una señal de proceso de tipo 0... 20 mA. Cada módulo contiene 4 transformadores para medir la corriente.

En la figura 4.3 muestra el módulo M/TR25AX4



**Figura 4.3** M/TR-25 [26]

**Tabla 4.6** Condiciones de trabajo del equipo

| CONDICIONES DE TRABAJO    |                              |
|---------------------------|------------------------------|
| Temperatura de trabajo    | -10 ... 65 °C                |
| Humedad relativa          | 5 ... 95 HR sin condensación |
| Altitud máxima de trabajo | 2 000 metros                 |
| Protección                | IP 20                        |

#### 4.3.6 Sensor de temperatura MBT 5250

El sensor de temperatura MBT 5250 tiene un rango de medida de temperatura que va desde -50 a 200°C la señal que envía este sensor es de 0-20mA, dos contactos para su conexión. En la figura 4.4 se muestra su estructura física.



**Figura 4.4** PT100 MBT-5250

## 4.4 METODOLOGÍA

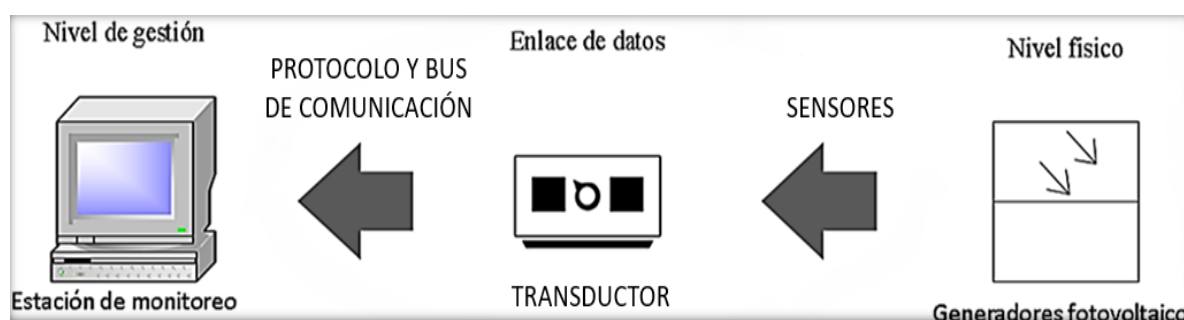
### 4.4.1 Consideraciones del diseño

#### 4.4.1.1 Situación actual

El sistema fotovoltaico cuenta con un cuarto para monitoreo, cuatro conjuntos de paneles solares fijos, un conjunto de paneles solares móviles que están conformados por un mecanismo y un controlador para el seguimiento del sol, dichos conjuntos están conformados por 18 paneles solares, las características de los paneles solares se detallan en la sección 4.3.1 de este documento. En el plano número tres, titulado distribución del lugar y conexión de conjuntos, se puede verificar diferentes características del lugar.

#### 4.4.1.2 Analogía de intercambio de datos

Mediante el análisis de la pirámide de automatización y tomando en consideración las capas que propone el modelo OSI (ISO7498) expuestos en el capítulo tres de este documento se determina el siguiente diagrama de flujo donde se analiza el proceso de transmisión de datos, figura 4.5.



**Figura 4.5** Diagrama de flujo de datos.

Con la finalidad de contextualizar los parámetros eléctricos a medir del sistema fotovoltaico se analizan las características de los 18 paneles solares instalados mismos que serán detallados en la tabla 4.7.

**Tabla 4.7** Parámetros eléctricos del sistema fotovoltaico de 3kW

| Modelo                      | YL235P-29b | SP636-140 | TOTAL  |
|-----------------------------|------------|-----------|--------|
| Cantidad                    | 6          | 12        | 18     |
| Potencia máxima             | 235 W      | 140 W     | 3090W  |
| Voltaje a potencia máxima   | 29.1 V     | 17.8 V    | 388,2V |
| Corriente a potencia máxima | 8.08 A     | 7.87 A    | 8.08 A |

|                                      |        |               |       |
|--------------------------------------|--------|---------------|-------|
| <b>Voltaje máximo del sistema</b>    | 1000 V | 1000 V        | 1000V |
| <b>Temperatura nominal de celdas</b> | 46±2°C | -40 C a +85 C | 85°C  |

#### 4.4.2 Requerimientos del sistema

A continuación, se detalla el cálculo y diseño para cada parámetro a medir.

- **Tensión**

El sistema fotovoltaico está conformado por 18 paneles solares que conectados en serie generan una tensión de 388,2V y para el dimensionamiento del equipo referenciamos un factor de seguridad de 20% por lo tanto el cálculo de la tensión de trabajo será:

$$\text{Tensión de trabajo} = 388,2V + 77,64V = 465,84\text{Voltios}$$

Por lo tanto, se considera la tensión de trabajo como 500 Voltios DC.

- **Corriente**

La corriente de trabajo en este caso no superará los 8.08 Amperios como se muestra en la tabla 4.2 por lo que optamos por asumir la corriente de trabajo como 9 Amperios.

- **Temperatura**

En este caso se toma el dato de temperatura en condiciones extremas de trabajo que se visualiza en tabla 4.2 donde nos indica que la temperatura puede llegar a ser 85°C en el peor escenario.

- **Red de dos hilos multi-punto (half-duplex)**

Según el análisis de información del punto 3.6 se determina como mejor opción la implementación de una red de comunicación de dos hilos esto debido a las características que se detallan en la tabla 4.8. En el plano número dos se puede verificar la topología de la red de comunicación instalada.

**Tabla 4.8** Característica de la red de comunicación.

| <b>Características red de dos hilos multi-punto (half-duplex)</b> |                                       |
|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|
| <b>Distancia</b>                                                  | 15-1200m                              |
| <b>Cableado</b>                                                   | Cableado de dos hilos                 |
| <b>Velocidad de transmisión</b>                                   | 9600bits                              |
| <b>Tipo de transmisión</b>                                        | Asíncrona                             |
| <b>Cable</b>                                                      | Cable de comunicación de par trenzado |

#### 4.4.3 Selección del módulo

Analizando los apartados 3.5 y 3.6 donde se detallan los beneficios del protocolo de comunicación MODBUS RTU y la interface RS485 respectivamente, además considerando los apartados 4.4.1 y 4.4.2 donde se analizan las consideraciones y requerimientos del sistema, se procede a la selección del equipo THR16-RS485-25A de la marca CIRCUTOR, ya que el equipo cubre en su totalidad los requerimientos del sistema, además da la posibilidad de una expansión del sistema fotovoltaico ya que tiene una capacidad de medición de hasta 1500 Vcc con 16 canales para medición de Icc.



**Figura 4.6** Medidor de tensión y corriente continua TRH16

#### 4.4.4 Diseño

##### 4.4.4.1 Diseño de la instalación

- Dado el punto 4.4.1 se implementan dos equipos TRH16-RS485-25A, uno para el análisis de conjuntos fijos y otro para el análisis de conjuntos móviles. La conexión de los equipos se detalla en el plano número siete que se encuentra en los anexos.
- Para la selección del calibre del conductor que conforma el bus de comunicación se toma en consideración el punto 3.6.3 donde se especifica el beneficio que presenta el cable de par trenzado para las comunicaciones industriales. Verifique en anexos el plano número uno donde se muestra el detalle del efecto del ruido sobre el cable de par trenzado.
- En la tabla 4.9 se detalla los valores máximos a los que estarán sometidos los conductores en los diferentes puntos del sistema, según estos valores se selecciona el calibre del conductor.

En la selección del calibre del conductor se utilizan las tablas de conductores de los fabricantes INCABLE y GENERAL CABLE las cuales se encuentran en el anexo A y B en este documento.

**Tabla 4.9** Conductores de la instalación.

| Función                     | Voltaje(V) | Corriente(A) | Calibre del conductor | Corriente máxima de conductor (A) |
|-----------------------------|------------|--------------|-----------------------|-----------------------------------|
| Medición de voltaje         | 388,2      | 8.08         | AWG#12                | 30                                |
| Medidores de corriente (TC) |            | 0-20m        | AWG#24                | 0.57                              |
| Alimentación TRH16          | 220        | 3.5          | AWG#12                | 30                                |
| Conexión de paneles solares | 30         | 8.08         | AWG#12                | 30                                |
| Señal PT-100                |            | 0-20m        | AWG#24                | 0.57                              |
| Comunicación                |            | 0-20m        | UTP categoría 6       | 0.57                              |

#### 4.4.4.2 Selección de protección termomagnética

Para la selección de la protección termomagnética se toma en consideración el punto 3.2, donde se detalla el pico de arranque del equipo TRH16-RS485-25A, en la tabla 4.10 se especifica las consideraciones necesarias para ello.

**Tabla 4.10** Consideraciones para la selección de la protección magneto térmica.

| Alimentación | C. Alterna | Pico de arranque | Factor de seguridad 25% | Código de protección |
|--------------|------------|------------------|-------------------------|----------------------|
| C. Alterna   | 230V       | 3.5A(3ms)        | 4.37A                   | 5SL3206-7MB          |

Para la elección de la protección se usa el catálogo del fabricante SIEMENS la hoja de especificaciones de esta protección se encuentra como anexo C.

#### 4.4.5 Montaje

- Los equipos TRH16-RS485-25A se instalarán con una protección termomagnética la cual fue seleccionada en el punto 4.4.4.2, estos elementos irán empotrados en rieles DIN de 33mm, los elementos irán colocados al interior de un gabinete metálico de 400x300x200 IP41 que estará instalado dentro del cuarto de monitoreo. Verifique el plano número cinco donde se detallan las medidas para la distribución del tablero.
- Los módulos MTR25AX4 estarán empotrados a la soportería de los paneles solares como se muestra en la figura 4.7





**Figura 4.7** Montaje del módulo MTR25AX4

- Sensor de temperatura PT100 debe ser colocado sobre los paneles como se muestra en la figura 4.8



**Figura 4.8** Montaje sensor de temperatura PT-100

#### 4.4.6 Conexión del TRH16-RS485-25A

Para realizar las conexiones en el analizador TRH16-RS485-25A es necesario analizar el manual del fabricante por completo, en este punto se detalla los contactos o bornes que conforman el equipo.

En la tabla 4.11 se detalla la función de cada uno de los bornes.

**Tabla 4.11** Descripción de los bornes del módulo TRH-16

| Descripción |                     | Descripción |                   |
|-------------|---------------------|-------------|-------------------|
| 1           | Alimentación 230 V~ | 13          | Entrada digital 2 |
| 2           | Sin uso             | 14          | Entrada digital 3 |

|    |                                        |    |                                     |
|----|----------------------------------------|----|-------------------------------------|
| 3  | Alimentación 230 V~                    | 15 | Común entradas digitales            |
| 4  | Alimentación 24 V (positivo)           | 16 | Tensión continua (positivo)         |
| 5  | Sin uso                                | 17 | Sin uso                             |
| 6  | Alimentación 24 V (negativo)           | 18 | Tensión continua (negativo)         |
| 7  | Entrada sonda Pt100/Pt1000 (*)         | 19 | Puerto RS485 esclavo (A – positivo) |
| 8  | Entrada sonda Pt100/Pt1000 (*)         | 20 | (S – GND)                           |
| 9  | Entrada sonda Pt100/Pt1000 (*)         | 21 | Puerto RS485 esclavo (B – negativo) |
| 10 | Entrada analógica 0...20 mA (positivo) | 22 | Puerto RS485 master (A – positivo)  |
| 11 | Entrada analógica 0...20 mA (negativo) | 23 | Puerto RS485 master (S – GND)       |
| 12 | Entrada digital 1                      | 24 | Puerto RS485 master (B – negativo)  |

#### 4.4.7 Conexión de campo

##### 4.4.7.1. Conexión de los transformadores MTR25AX4

En el plano número seis se detallan las conexiones a los distintos puertos de medición de corriente y alimentación de los módulos MTR25AX4.

#### 4.4.8 Configuraciones del analizador TRH16-RS485.

En cuanto a la medida de tensión o corriente DC, cada equipo no requiere ningún tipo de configuración en particular, ya que la gama de configuraciones y ajustes internos se realizan en fábrica.

##### 4.4.8.1 Configuración del número periférico

La configuración del número de nodo se realiza en formato hexadecimal, en ningún caso se debe realizar la configuración en formato decimal.

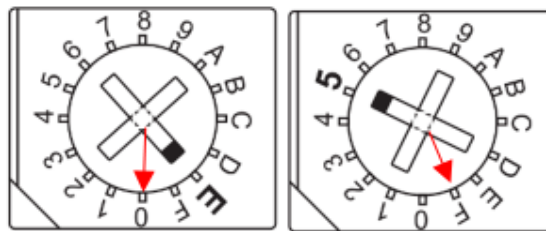
En este caso configuraremos el equipo número 1 con el número 10 en hexadecimal que será 0A y para el segundo equipo le asignaremos el número 15 en hexadecimal que será 0F. La tabla 4.12 da algunos ejemplos de conversiones de decimal a hexadecimal.

**Tabla 4.12** Conversión de decimal a hexadecimal

| Nodo Decimal | Nodo Hexadecimal | Nodo Decimal | Nodo Hexadecimal |
|--------------|------------------|--------------|------------------|
| 10           | 0A               | 80           | 50               |
| 15           | 0F               | 150          | 96               |
| 25           | 19               | 180          | B4               |
| 50           | 32               | 200          | C8               |
| 65           | 41               | 255          | FF               |

Los dos selectores de rotación ubicados en la parte frontal de la unidad se utilizan para configurar el número de dispositivo (nodo). El dispositivo se comunica en el protocolo MODBUS/RTU, el número de periférico o estación puede ir del 1 al 255 (FF en hexadecimal).

En el código de nodo hexadecimal, el primer dígito compete al selector izquierdo y el segundo dígito compete al selector derecho. Una vez que se configura el código de dispositivo, no es necesario restablecer el dispositivo. La figura 4.13 muestra dos interruptores giratorios.



**Figura 4.13** Configuración de los dos selectores rotativos en el número 15 en decimal.

#### 4.4.8.2 Configuración de la velocidad de comunicación

THR16-RS485-25A dispone de un módulo de cuatro selectores (MINI-DIPS), que conceden la configuración de la velocidad de transmisión, mediante los selectores 1 y 2. A ambos equipos se les seleccionará la misma velocidad de transmisión. En la tabla 4.13 se detallan las diferentes velocidades a las que se puede configurar el equipo.

**Tabla 4.13** Configuración de la velocidad de transmisión, a través de los selectores 1 y 2

| Velocidad de transmission | Selector 1 | Selector 2 |
|---------------------------|------------|------------|
| 9.600 / 8 / N / 1         | OFF        | OFF        |
| 19.200 / 8 / N / 1        | OFF        | ON         |
| 38.400 / 8 / N / 1        | ON         | OFF        |

En esta ocasión configuraremos el equipo a una velocidad de 9.600bits/s, 1 bit de stop, sin paridad y 8 bits de longitud (9600/8/N/1).

#### 4.4.8.3 Configuración de equipos esclavos y sub-esclavos.

A través del selector número 3 se puede escoger el tipo de topología de comunicación. El equipo puede configurarse como un esclavo convencional de una red de comunicación o puede ser configurado dentro de una red multi-esclavo.

El selector 3 debe estar configurado en estado de ON para los dos equipos TRH16, esto debido a que estarán en la misma red y además para el equipo de seguimiento solar ya que su nodo de comunicación será 01 no se realizará configuración alguna.

#### 4.4.8.4 Configuración de entrada analógica y sonda de temperatura

El módulo de medida dispone de una entrada analógica para la conexión de una sonda o sensor industrial, la entrada analógica se comporta de forma lineal, proporcionando la medida analógica en puntos de resolución (de 0 a 1024) vía comunicación.

Además, el equipo dispone de una entrada para la conexión de una sonda de temperatura tipo PT100 o PT1000, para la conexión de uno o más sensores se debe seleccionar adecuadamente el cuarto selector del panel frontal, en este proyecto se instalarán 2 dispositivos de temperatura PT100, donde obtendremos como respuesta la temperatura en °C.

La tabla 4.14 detalla el posicionamiento del cuarto selector.

**Tabla 4.14** Posición para el selector número cuatro

| Sonda de temperatura | Selector 4 |
|----------------------|------------|
| PT-100               | ON         |
| PT-1000              | OFF        |

#### 4.4.9 Configuración de comunicación MODBUS RTU dentro del servidor OPC

- En la ventana principal del servidor OPC seleccionamos la opción “click to add a Chanel” y se desplegará una ventana donde se debe ingresar el nombre del nuevo canal de comunicación. Esto se muestra en el anexo F (1 de 4).
- Seleccionamos la opción siguiente y en la ventana de nuevo canal nos dará la opción de generar un simulador avanzado damos “click” sobre la opción siguiente como se muestra en el anexo F (1 de 4).
- Se desplegará la ventana que se observa en el anexo F (2 de 4) y seleccionamos la opción siguiente.
- Se desplegará la ventana para configuración del manejo de los datos flotantes. Como se muestra en el anexo F (2 de 4) y seleccionamos la opción siguiente.
- Se despliega una ventana donde nos pide seleccionar la fuente de datos como se muestra en el anexo F (3 de 4) y seleccionamos la opción siguiente.
- Se despliega una ventana donde nos pide configurar el tiempo de espera para la fuente de datos y seleccionamos la opción siguiente. Esto se muestra en el anexo F (3 de 4).
- Se ha creado un nuevo canal de comunicación en el servidor OPC, como siguiente paso damos “click” izquierdo en la opción “click to add a device”. Y se despliega la ventana

“New device” y nos pide dar un nombre al nuevo dispositivo. Se muestra en el anexo F (4 de 4)

- En las ventanas siguientes nos pedirá configurar los parámetros para el nuevo dispositivo a todas las ventanas seleccionamos la opción “siguiente” ya que vamos a trabajar con los parámetros seleccionados por defecto. Una vez creado el nuevo dispositivo aparecerá una opción para crear una nueva etiqueta damos “click” izquierdo en esa opción y se desplegará una ventana para configurar la nueva variable a ingresar en el servidor como se muestra en el anexo F (4 de 4).

#### 4.4.9.1 Configuración de Tags dentro del servidor OPC

Para este apartado es necesario verificar las direcciones de las localidades a habilitar del equipo TRH16-RS485-25 A. En la tabla 4.15 se detalla las direcciones del mapa de memoria MODBUS/RTU implementada en el equipo.

**Tabla 4.15** Direcciones MODBUS del equipo esclavo convencional

| Descripción          | Abreviación | Símbolo | Dirección | Unidad  |
|----------------------|-------------|---------|-----------|---------|
| Corriente entrada 1  | M1-MLC1     | I 1     | 0000      | A x 100 |
| Corriente entrada 2  | M1-MLC2     | I 2     | 0001      | A x 100 |
| Corriente entrada 3  | M1-MLC3     | I 3     | 0002      | A x 100 |
| Corriente entrada 4  | M1-MLC4     | I 4     | 0003      | A x 100 |
| Corriente entrada 5  | M1-MLC5     | I 5     | 0004      | A x 100 |
| Corriente entrada 6  | M1-MLC6     | I 6     | 0005      | A x 100 |
| Corriente entrada 7  | M1-MLC7     | I 7     | 0006      | A x 100 |
| Corriente entrada 8  | M1-MLC8     | I 8     | 0007      | A x 100 |
| Corriente entrada 9  | M1-MLC9     | I 9     | 0008      | A x 100 |
| Corriente entrada 10 | M1-MLC10    | I 10    | 0009      | A x 100 |
| Corriente entrada 11 | M1-MLC11    | I 11    | 000A      | A x 100 |

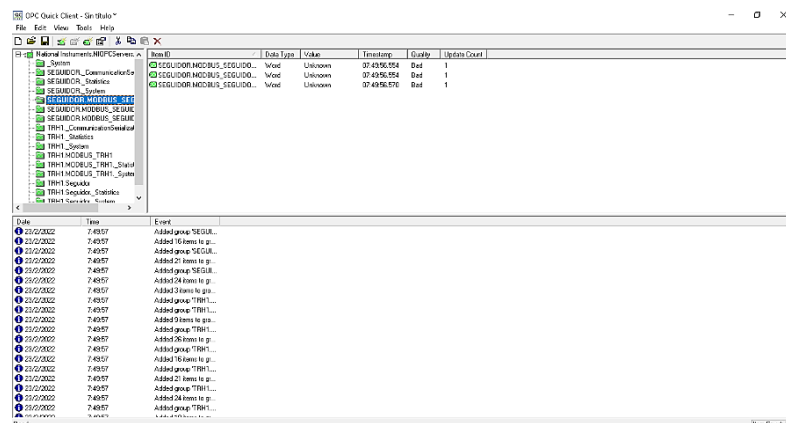
|                          |           |              |      |         |
|--------------------------|-----------|--------------|------|---------|
| Corriente entrada 12     | M1-MLC12  | I 12         | 000B | A x 100 |
| Corriente entrada 13     | M1-MLC13  | I 13         | 000C | A x 100 |
| Corriente entrada 14     | M1-MLC14  | I 14         | 000D | A x 100 |
| Corriente entrada 15     | M1-MLC15  | I 15         | 000E | A x 100 |
| Corriente entrada 16     | M1-MLC16  | I 16         | 000F | A x 100 |
| Tensión Diferencial      | M1-VDG    | Vd           | 0010 | V x 10  |
| Temperatura Pt100/Pt1000 | M1-TEMP   | PT100/PT1000 | 0011 | °C      |
| Entrada Analógica        | M1-ANAL   |              | 0012 | Puntos  |
| Entradas Digitale        | M1-DIG    |              | 0013 | 0 / 1   |
| Sin uso                  |           |              | 0014 |         |
| Número de Periférico     | M1-PERIPH |              | 0015 |         |

- Llenamos el recuadro del nombre y dirección de la variable a ingresar, cabe recalcar que esta dirección debe estar antecedido de la cifra 40, por el tipo de dato que es una palabra, es decir, la dirección tendrá seis números como se muestra en el anexo G (1 de 2).
- Según como se vayan añadiendo las variables irán apareciendo en la ventana del servidor OPC como se muestra en el anexo G (1 de 2).
- Como parte final efectuamos doble “click” sobre el nombre del dispositivo añadido y seleccionamos el número de puerto con el que se encuentra conectado y damos “click” en la opción aplicar y cerrar, como se muestra en el anexo G (2 de 2).

#### **4.4.10 Prueba de comunicación**

Para verificar que la comunicación del sistema se ha realizado correctamente se opta por el uso del software Quick-Client que tiene el servidor NI OPC Server.

En la figura 4.10 se muestra la ventana principal del simulador Quick-Client, donde se puede observar las diferentes variables ingresadas en el servidor OPC.



**Figura 4.9** Ventana principal simulador Quick-Client.

#### 4.4.11 Interfaz

Para el desarrollo de la interfaz en el software respectivo, se genera un indicador numérico en la ventana principal del software y seguidamente asignamos el TAG generado en el servidor OPC, esto para cada uno de los TAG para visualizar los datos que se generan mediante la comunicación.

Como siguiente paso procesamos la información del tag asignado para tener valores reales. En el anexo H (1 de 2) se muestra el procesamiento por el que pasa cada dato antes de ser mostrado.

Mediante las diferentes opciones que presta el software LabVIEW en su versión estudiantil se desarrolla una interfaz amigable para el usuario, en la interfaz se ha implementado leds encargados de emitir una señal de funcionamiento o parpadeo cuando los datos se están receptando correctamente, esto se muestra en el Anexo H (2 de 2).

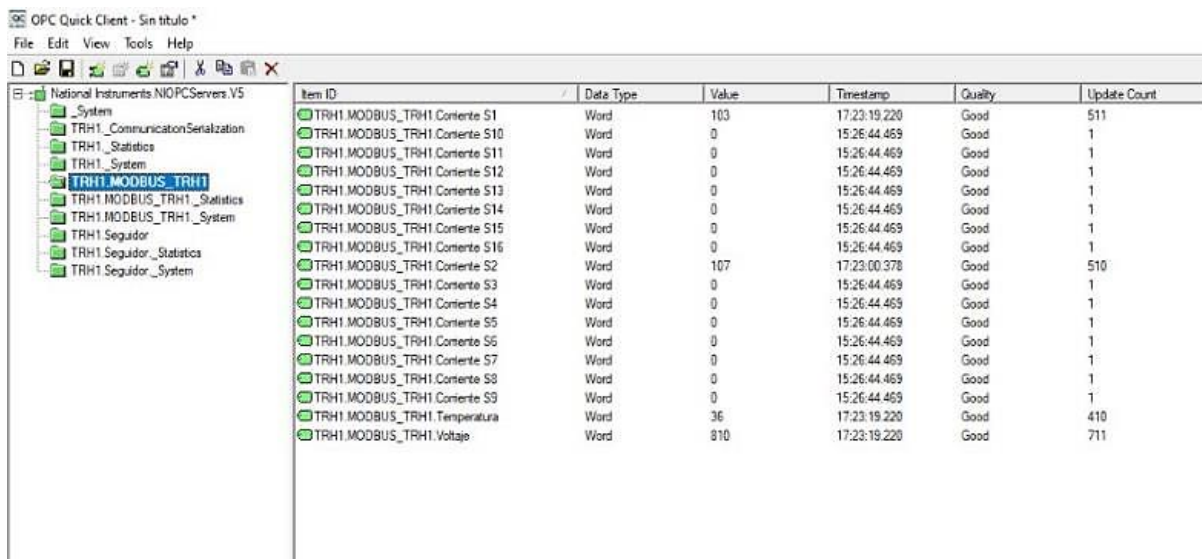
#### 4.4.12 Prueba de comunicación en red con dos equipos TRH-16 y un equipo de seguidor solar.

En este apartado se realizó la comunicación en red del equipo TRH-16 con un controlador de seguimiento solar para lo cual se realiza se debe seguir los siguientes pasos:

- Desconexión de la fuente de alimentación mediante el interruptor termomagnético instalado.
- Conexión en paralelo de los puertos de comunicación RS-485 de los dos equipos.
- Configuración de los equipos RS-485 en modo sub-esclavo, para esto, ver el apartado número 5.4 del manual de fabricante del equipo TRH16-RS485-25A que se encuentra como anexo E.
- Configuración en el servidor OPC de las variables necesarias para el experimento.
- Funcionamiento de la simulación y recepción de datos en el servidor OPC.

## 5 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

### 5.1 Transmisión de datos



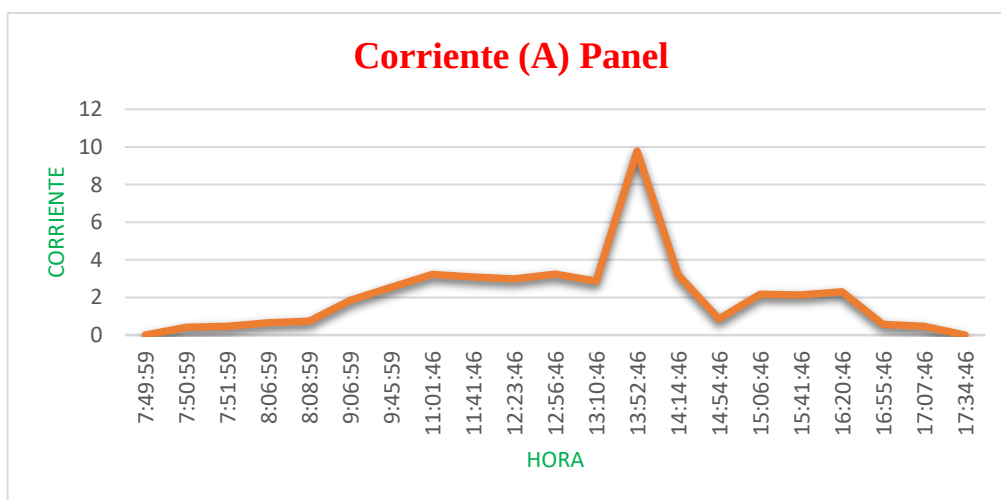
| Item ID                        | Data Type | Value | Timestamp    | Quality | Update Count |
|--------------------------------|-----------|-------|--------------|---------|--------------|
| TRH1.MOVBUS_TRH1.Corriente S1  | Word      | 103   | 17:23:19.220 | Good    | 511          |
| TRH1.MOVBUS_TRH1.Corriente S10 | Word      | 0     | 15:26:44.469 | Good    | 1            |
| TRH1.MOVBUS_TRH1.Corriente S11 | Word      | 0     | 15:26:44.469 | Good    | 1            |
| TRH1.MOVBUS_TRH1.Corriente S12 | Word      | 0     | 15:26:44.469 | Good    | 1            |
| TRH1.MOVBUS_TRH1.Corriente S13 | Word      | 0     | 15:26:44.469 | Good    | 1            |
| TRH1.MOVBUS_TRH1.Corriente S14 | Word      | 0     | 15:26:44.469 | Good    | 1            |
| TRH1.MOVBUS_TRH1.Corriente S15 | Word      | 0     | 15:26:44.469 | Good    | 1            |
| TRH1.MOVBUS_TRH1.Corriente S16 | Word      | 0     | 15:26:44.469 | Good    | 1            |
| TRH1.MOVBUS_TRH1.Corriente S2  | Word      | 107   | 17:23:00.378 | Good    | 510          |
| TRH1.MOVBUS_TRH1.Corriente S3  | Word      | 0     | 15:26:44.469 | Good    | 1            |
| TRH1.MOVBUS_TRH1.Corriente S4  | Word      | 0     | 15:26:44.469 | Good    | 1            |
| TRH1.MOVBUS_TRH1.Corriente S5  | Word      | 0     | 15:26:44.469 | Good    | 1            |
| TRH1.MOVBUS_TRH1.Corriente S6  | Word      | 0     | 15:26:44.469 | Good    | 1            |
| TRH1.MOVBUS_TRH1.Corriente S7  | Word      | 0     | 15:26:44.469 | Good    | 1            |
| TRH1.MOVBUS_TRH1.Corriente S8  | Word      | 0     | 15:26:44.469 | Good    | 1            |
| TRH1.MOVBUS_TRH1.Corriente S9  | Word      | 0     | 15:26:44.469 | Good    | 1            |
| TRH1.MOVBUS_TRH1.Temperatura   | Word      | 36    | 17:23:19.220 | Good    | 410          |
| TRH1.MOVBUS_TRH1.Voltaje       | Word      | 810   | 17:23:19.220 | Good    | 711          |

**Figura 5.1** Recepción de datos en OPC Quick Client

En la figura 5.1 se visualiza el estado de los TAGS de las variables del sistema fotovoltaico, se puede verificar que en la calidad de recepción de datos nos marca GOOD, en el valor marca y varían los valores según el estado de esta.

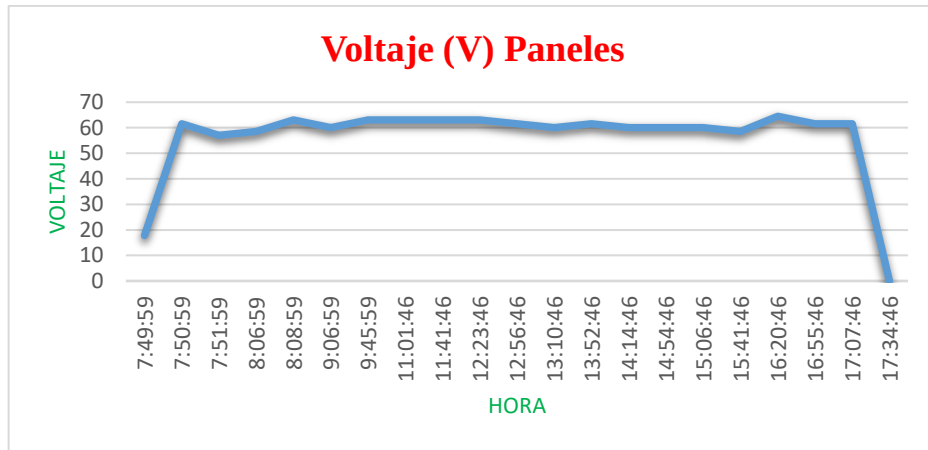
### 5.2 Resultado del comportamiento de V-I mediante la curvas características

Mediante el almacenamiento y análisis de datos obtenidos del sistema de comunicación se realiza una comparación entre la hora y la corriente que se genera en dicha hora esto se puede visualizar en la figura 5.2 y figura 5.3.



**Figura 5.2** Curva característica corriente de paneles.



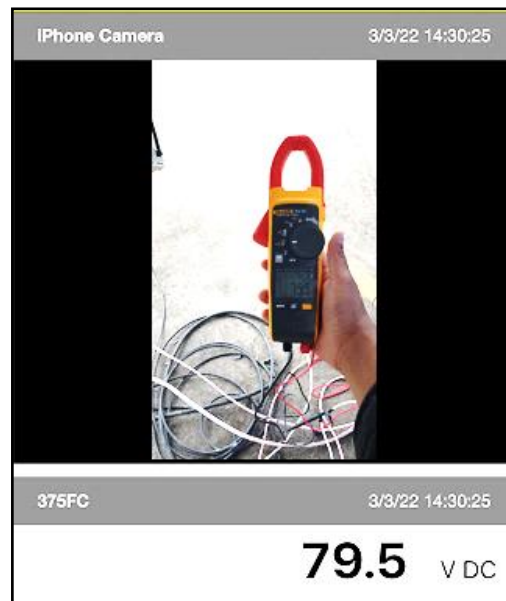


**Figura 5.3** Curva característica voltaje de paneles.

En la representación gráfica de las curvas características generadas mediante la comparación de la hora con respecto al voltaje, se muestra la variación de los parámetros de producción que se produce durante el transcurso del día en los generadores fotovoltaicos.

### 5.3 Validación del funcionamiento en el sistema de comunicación

En la figura 5.4 se muestra la toma de datos con un instrumento certificado.



**Figura 5.4** Voltaje en Fluke 375 FC en tiempo 14:30:25 (79,5 V DC)

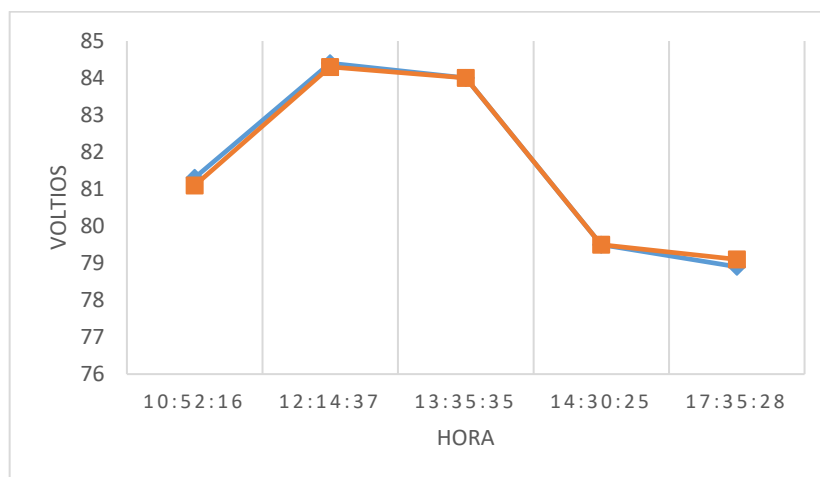
Para el cálculo del error de medición se necesita un valor patrón, para ello usamos como instrumento de medición la pinza amperimétrica Fluke 375 FC por su certificado de calibración y un valor medido que se obtiene del sistema, utilizando la siguiente fórmula:

## Ecuación 5.1

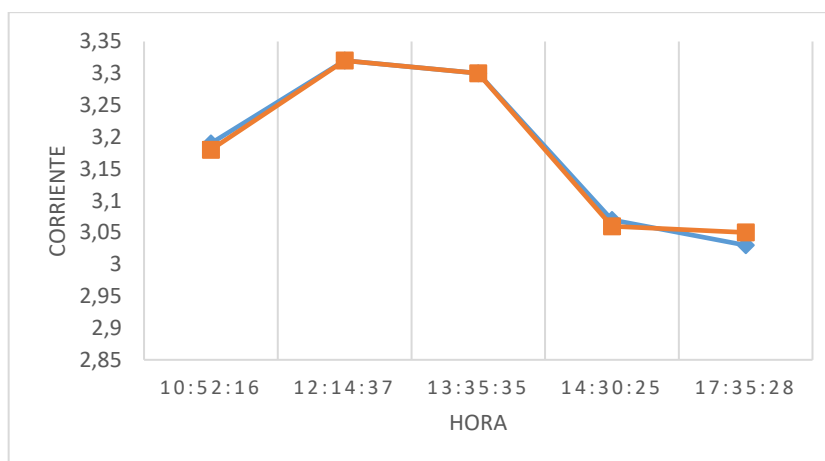
$$\text{error \%} = \left( \frac{\text{valor medido} - \text{valor patrón}}{\text{valor medido}} \right)$$

**Tabla 5.1** Cálculo del error de medición para voltaje y corriente, lunes

| LUNES       |               |                |              |               |                |                    |                      |
|-------------|---------------|----------------|--------------|---------------|----------------|--------------------|----------------------|
| FLUKE 375FC |               |                | MODULO TRH16 |               |                | RESULTADOS         |                      |
| Tensión (V) | Corriente (A) | Tiempo (h:m:s) | Tensión (V)  | Corriente (A) | Tiempo (h:m:s) | % de error Tensión | % de error Corriente |
| 81,3        | 3,19          | 10:52:16       | 81,1         | 3,18          | 10:52:16       | -0,002466          | -0,003145            |
| 84,4        | 3,32          | 12:14:37       | 84,3         | 3,32          | 12:14:37       | -0,001186          | 0                    |
| 84          | 3,3           | 13:35:35       | 84           | 3,3           | 13:35:35       | 0                  | 0                    |
| 79,5        | 3,07          | 14:30:25       | 79,5         | 3,06          | 14:30:25       | 0                  | -0,003268            |
| 78,9        | 3,03          | 17:35:28       | 79,1         | 3,05          | 17:35:28       | 0,0025284          | 0,006557             |



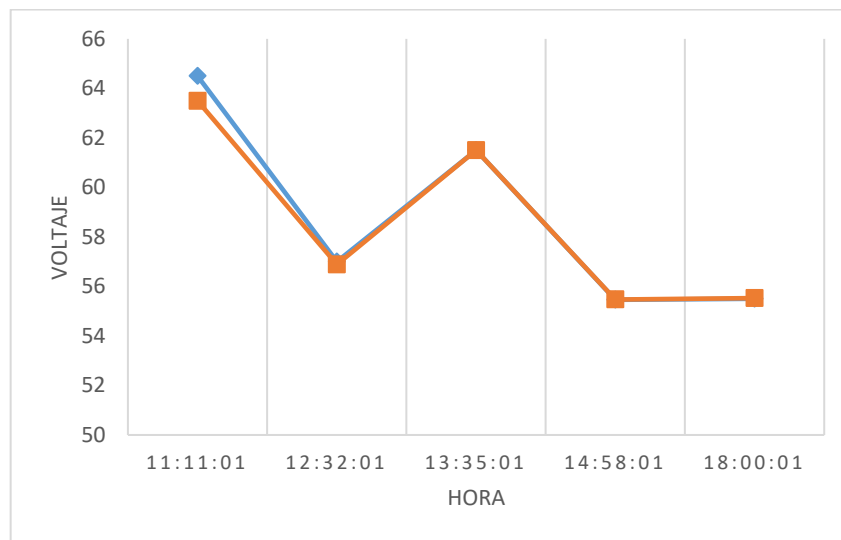
**Figura 5.5** Tensión en Fluke 375 FC y TRH16



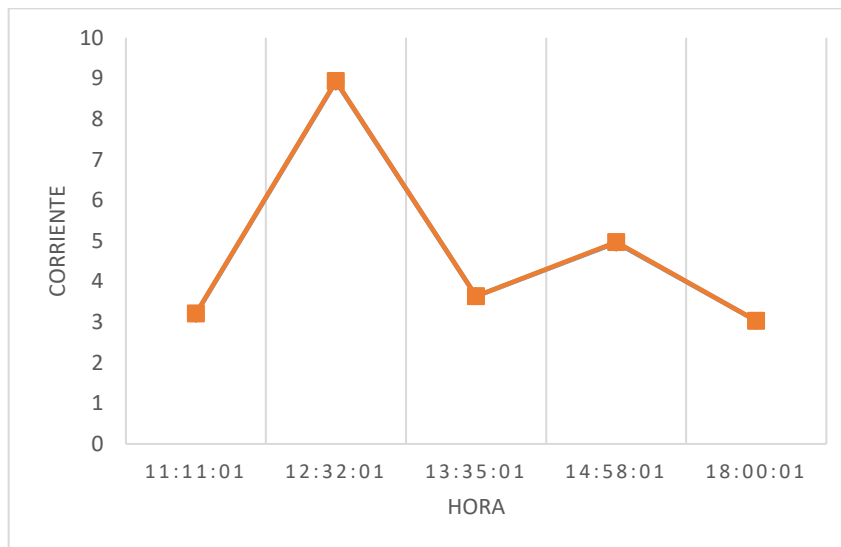
**Figura 5.6** Corriente en Fluke 375 FC y TRH16

**Tabla 5.2** Cálculo del error de medición para voltaje y corriente, martes

| MARTES      |               |                |              |               |                |                    |                      |
|-------------|---------------|----------------|--------------|---------------|----------------|--------------------|----------------------|
| FLUKE 375FC |               |                | MODULO TRH16 |               |                | RESULTADOS         |                      |
| Tensión (V) | Corriente (A) | Tiempo (h:m:s) | Tensión (V)  | Corriente (A) | Tiempo (h:m:s) | % de error Tensión | % de error Corriente |
| 64,5        | 3,2           | 11:11:01       | 63,5         | 3,21          | 11:11:01       | -0,015748          | 0,003115             |
| 57          | 8,92          | 12:32:01       | 56,89        | 8,93          | 12:32:01       | -0,001934          | 0,00112              |
| 61,5        | 3,64          | 13:35:01       | 61,5         | 3,64          | 13:35:01       | 0                  | 0                    |
| 55,46       | 4,95          | 14:58:01       | 55,47        | 4,97          | 14:58:01       | 0,0001803          | 0,004024             |
| 55,5        | 3,03          | 18:00:01       | 55,53        | 3,03          | 18:00:01       | 0,0005402          | 0                    |



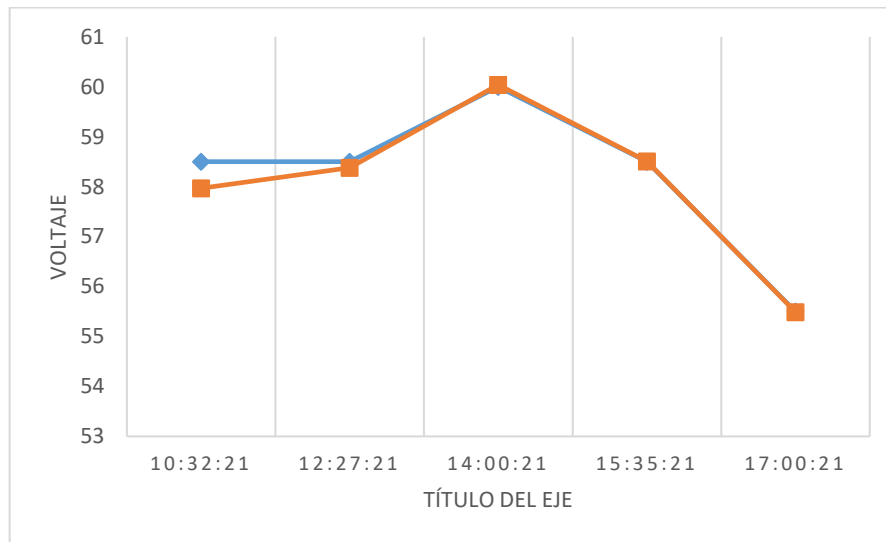
**Figura 5.7** Tensión en Fluke 375 FC y TRH16



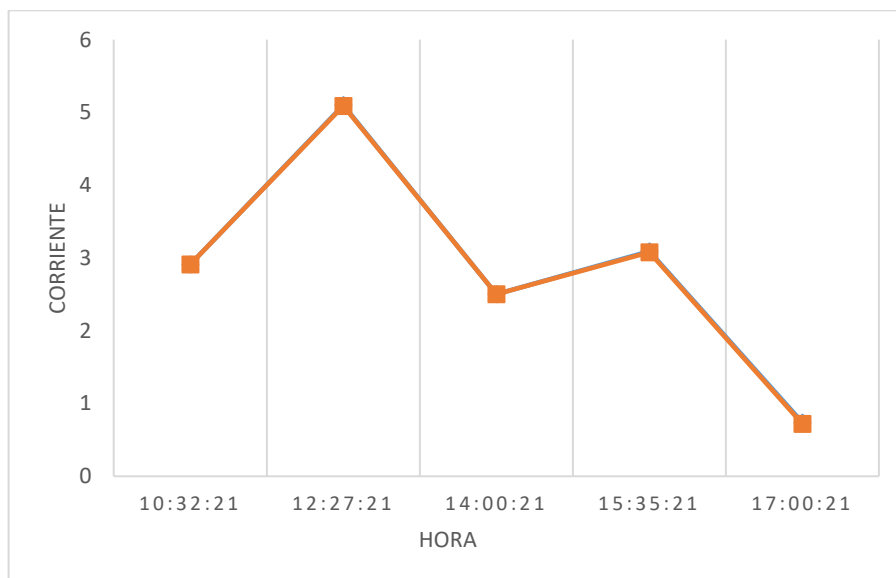
**Figura 5.8** Corriente en Fluke 375 FC y TRH16

**Tabla 5.3** Cálculo del error de medición para voltaje y corriente, miércoles

| MIÉRCOLES   |               |                |              |               |                |                    |                      |
|-------------|---------------|----------------|--------------|---------------|----------------|--------------------|----------------------|
| FLUKE 375FC |               |                | MODULO TRH16 |               |                | RESULTADOS         |                      |
| Tensión (V) | Corriente (A) | Tiempo (h:m:s) | Tensión (V)  | Corriente (A) | Tiempo (h:m:s) | % de error Tensión | % de error Corriente |
| 58,5        | 2,91          | 10:32:21       | 57,97        | 2,91          | 10:32:21       | -0,009143          | 0                    |
| 58,5        | 5,1           | 12:27:21       | 58,38        | 5,09          | 12:27:21       | -0,002055          | -0,001965            |
| 60          | 2,5           | 14:00:21       | 60,04        | 2,5           | 14:00:21       | 0,0006662          | 0                    |
| 58,5        | 3,09          | 15:35:21       | 58,51        | 3,08          | 15:35:21       | 0,0001709          | -0,003247            |
| 55,5        | 0,74          | 17:00:21       | 55,49        | 0,72          | 17:00:21       | -0,00018           | -0,027778            |



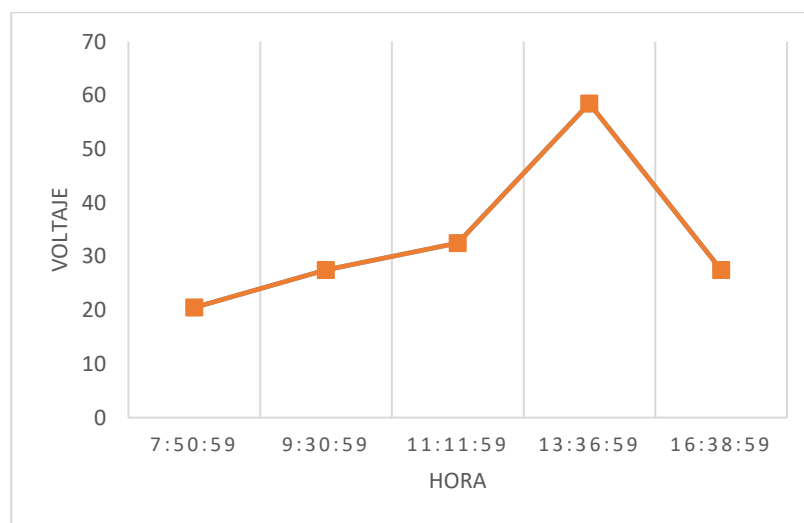
**Figura 5.9** Tensión en Fluke 375 FC y TRH16



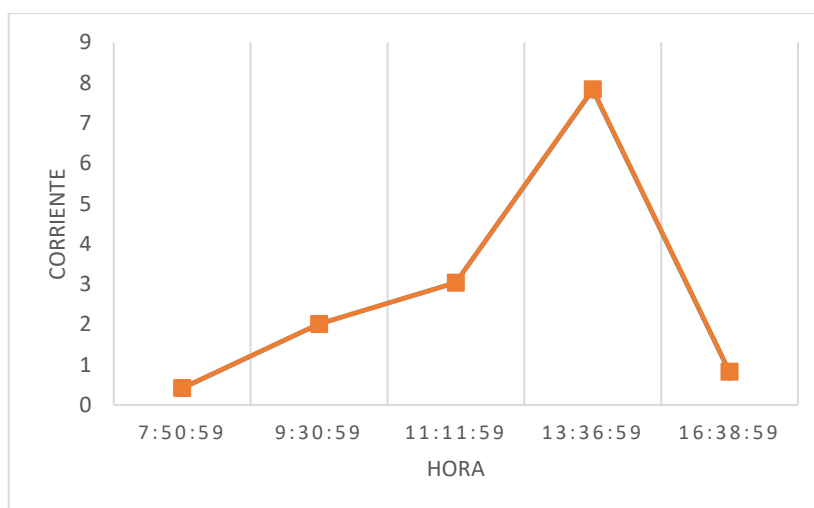
**Figura 5.10** Corriente en Fluke 375 FC y TRH16

**Tabla 5.4** Cálculo del error de medición para voltaje y corriente, jueves

| JUEVES      |               |                |              |               |                |                    |                      |
|-------------|---------------|----------------|--------------|---------------|----------------|--------------------|----------------------|
| FLUKE 375FC |               |                | MODULO TRH16 |               |                | RESULTADOS         |                      |
| Tensión (V) | Corriente (A) | Tiempo (h:m:s) | Tensión (V)  | Corriente (A) | Tiempo (h:m:s) | % de error Tensión | % de error Corriente |
| 20,5        | 0,41          | 7:50:59        | 20,5         | 0,42          | 7:50:59        | 0                  | 0,02381              |
| 27,5        | 2,01          | 9:30:59        | 27,47        | 2,01          | 9:30:59        | -0,001092          | 0                    |
| 32,5        | 3,04          | 11:11:59       | 32,5         | 3,04          | 11:11:59       | 0                  | 0                    |
| 58,5        | 7,82          | 13:36:59       | 58,5         | 7,84          | 13:36:59       | 0                  | 0,002551             |
| 27,5        | 0,81          | 16:38:59       | 27,48        | 0,83          | 16:38:59       | -0,000728          | 0,024096             |



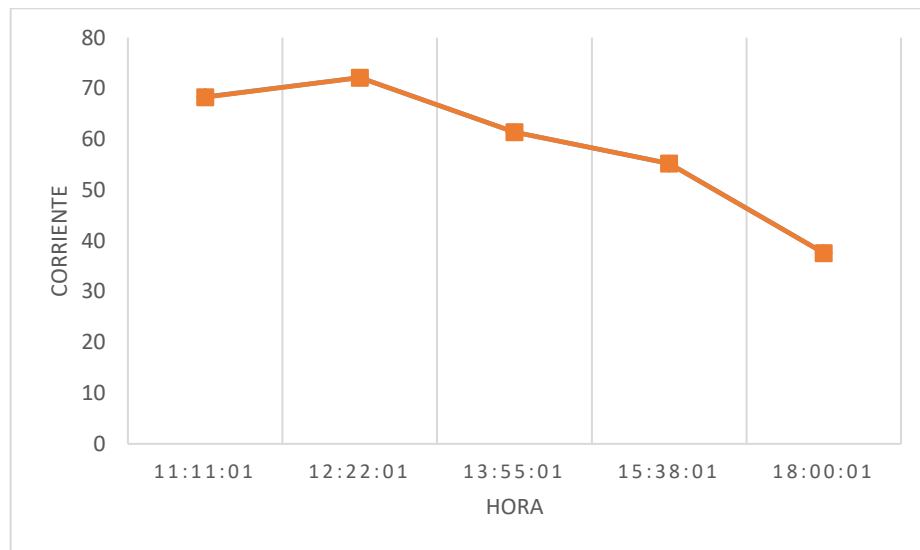
**Figura 5.11** Tensión en Fluke 375 FC y TRH16



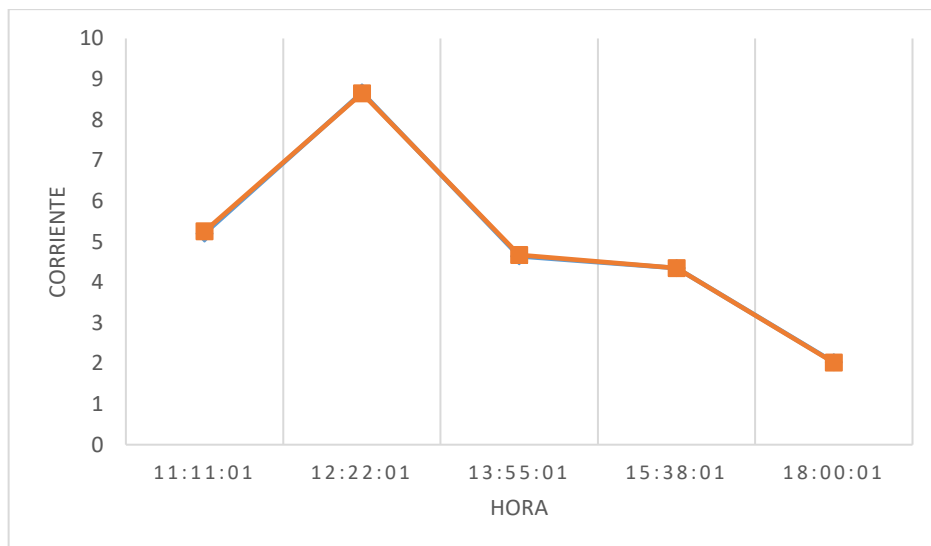
**Figura 5.12** Corriente en Fluke 375 FC y TRH16

**Tabla 5.5** Cálculo del error de medición para voltaje y corriente, viernes

| VIERNES     |               |                |              |               |                |                    |                      |
|-------------|---------------|----------------|--------------|---------------|----------------|--------------------|----------------------|
| FLUKE 375FC |               |                | MODULO TRH16 |               |                | RESULTADOS         |                      |
| Tensión (V) | Corriente (A) | Tiempo (h:m:s) | Tensión (V)  | Corriente (A) | Tiempo (h:m:s) | % de error Tensión | % de error Corriente |
| 68,33       | 5,2           | 11:11:01       | 68,27        | 5,25          | 11:11:01       | -0,000879          | 0,009524             |
| 72,13       | 8,67          | 12:22:01       | 72,14        | 8,65          | 12:22:01       | 0,0001386          | -0,002312            |
| 61,37       | 4,64          | 13:55:01       | 61,37        | 4,67          | 13:55:01       | 0                  | 0,006424             |
| 55,2        | 4,35          | 15:38:01       | 55,2         | 4,35          | 15:38:01       | 0                  | 0                    |
| 37,61       | 2,03          | 18:00:01       | 37,59        | 2,02          | 18:00:01       | -0,000532          | -0,00495             |



**Figura 5.13** Corriente en Fluke 375 FC y TRH16



**Figura 5.14** Corriente en Fluke 375 FC y TRH16

## 5.4 Presupuesto

A continuación, se detallan los gastos directos e indirectos que fueron necesarios para la ejecución del proyecto, en las tablas que se presentan a continuación se fijan los costos directos e indirectos del sistema de comunicación.

### 5.4.1 Materiales

Los materiales empleados para el sistema SCADA son:

**Tabla 5.6** Listado de materiales empleados en el desarrollo del proyecto

| COSTOS DIRECTOS                               |          |                   |                |
|-----------------------------------------------|----------|-------------------|----------------|
| Material                                      | Cantidad | Valor Unitario \$ | Valor Total \$ |
| Mano de obra                                  | 2Ud      | \$ 1300           | \$ 2600        |
| Módulo TRH16 x4 25A                           | 1ud      | \$ 1,650          | \$ 1,650       |
| Cable AWG 12                                  | 25m      | \$ 1,00           | \$ 25,00       |
| Cable de par trenzado Utp, 4 hilos            | 15m      | \$ 0.30           | \$ 4,50        |
| Gabinete                                      | 1ud      | \$ 25,00          | \$ 25,00       |
| Convertor RS485                               | 1ud      | \$ 3,90           | \$ 3,90        |
| TOTAL COSTOS DIRECTOS                         |          |                   | \$ 1818,04     |
| COSTOS INDIRECTOS                             |          |                   |                |
| Material                                      | Cantidad | Valor Unitario \$ | Valor Total \$ |
| Transporte                                    | 1ud      | \$ 5,00           | \$ 5,00        |
| Alicate semiconductor                         | 1ud      | \$ 3,60           | \$ 3,60        |
| Destornillador estrella fino                  | 1ud      | \$ 2,50           | \$ 2,50        |
| Flexómetro                                    | 1ud      | \$ 4,50           | \$ 4,50        |
| Taípe                                         | 1ud      | \$ 0,50           | \$ 0,50        |
| Pernos $\frac{3}{4}$ con arandelas de presión | 4ud      | \$ 1,20           | \$ 4,80        |
| Pernos $\frac{1}{2}$ con arandelas de presión | 4ud      | \$ 1,20           | \$ 4,80        |
| Guantes dieléctricos                          | 2ud      | \$ 7,00           | \$ 14,00       |
| TOTAL COSTOS INDIRECTOS                       |          |                   | \$ 36,1        |
| TOTAL COSTO                                   |          |                   | \$ 4,998       |

### 5.4.2 Evaluación de producción

La toma de datos se aplica en un rango de 12 horas, debido a que la producción de energía en la noche es nula, entonces, según los datos de las tablas del capítulo 5.3 obtenemos la media aritmética de la corriente y voltaje, producto de la radiación solar captada por las células fotovoltaicas, con la siguiente formula:

## Ecuación 5.2

$$\text{Media aritmetica} = \frac{\sum_1^N x_i}{N} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 \dots + x_n}{N}$$

$$\sum I = \frac{3,19 + 3,32 + 3,3 + 3,07 + 3,03}{5} = 3,18 A$$

$$\sum V = \frac{81,3 + 84,4 + 84,0 + 79,5 + 78,9}{5} = 81,62 V$$

Se considera la tensión 81,3 V tomados de 3 paneles entonces:

$$\sum V = \frac{81,62 V}{3} = 27,20V$$

La tensión promedio captada por un panel en un día es 27,2 V, entonces la potencia promedio entregada por un panel en un día de clima moderado será:

$$\sum P = \sum I * \sum V = 3,18A * 27,20V = 86,496 W$$

Finalmente se considera un total de 18 paneles:

$$\sum P_{total} = \sum P * 18 = 1556,93 W$$

Según el pliego tarifario regido por el ARCONEL en su informe de rendición de cuentas en 2020:

| EMPRESAS ELÉCTRICAS:                                                            |                      |                   |                                   |
|---------------------------------------------------------------------------------|----------------------|-------------------|-----------------------------------|
| AMBATO - AZOGUES - CNEL BOLÍVAR - CENTROSUR - COTOPAXI - NORTE - RIOBAMBA - SUR |                      |                   |                                   |
| CARGOS TARIFARIOS ÚNICOS                                                        |                      |                   |                                   |
| ENERO - DICIEMBRE **                                                            |                      |                   |                                   |
| RANGO DE CONSUMO                                                                | DEMANDA (USD/kW-mes) | ENERGÍA (USD/kWh) | COMERCIALIZACIÓN (USD/Consumidor) |
| CATEGORÍA                                                                       | RESIDENCIAL          |                   |                                   |
| NIVEL VOLTAJE                                                                   | BAJO Y MEDIO VOLTAJE |                   | 1,414                             |
| 1-50                                                                            |                      | 0,091             |                                   |
| 51-100                                                                          |                      | 0,093             |                                   |
| 101-150                                                                         |                      | 0,095             |                                   |
| 151-200                                                                         |                      | 0,097             |                                   |
| 201-250                                                                         |                      | 0,099             |                                   |
| 251-300                                                                         |                      | 0,101             |                                   |
| 301-350                                                                         |                      | 0,103             |                                   |
| 351-500                                                                         |                      | 0,105             |                                   |
| 501-700                                                                         |                      | 0,1285            |                                   |
| 701-1000                                                                        |                      | 0,1450            |                                   |
| 1001-1500                                                                       |                      | 0,1709            |                                   |
| 1501-2500                                                                       |                      | 0,2752            |                                   |
| 2501-3500                                                                       |                      | 0,4360            |                                   |
| Superior                                                                        |                      | 0,6812            |                                   |

**Figura 5.15** Pliego tarifario según la región [27]

Se considera por lo tanto el rango de consumo 151-250: el precio es \$0.097 USD por kWh.



$$1 \frac{kW}{h} = 0,096 \$$$

$$\frac{1,55 \frac{kW}{h} * 0,097 \$}{1 \frac{kW}{h}} = 0,15 \$$$

Se determina que la estación fotovoltaica tendrá una ganancia por cada hora de generación aproximada de 0,15\$, considerando las 24h y 30 días al mes; un aproximado de 108\$ de ahorro en la planilla de consumo eléctrico.

### **5.4.3 Análisis de impactos**

En este punto se analiza el impacto que se genera en el sector tecnológico, económico, social y ambiental tras la ejecución de este proyecto.

#### **5.4.3.1 Impacto Tecnológico**

Con la implementación del sistema de comunicación el laboratorio de energías renovables de la universidad contará con equipos y tecnología de tipo industrial para adquisición de datos, teniendo así un realce en la tecnología que conforma el laboratorio de energías renovables.

#### **5.4.3.2 Impacto Económico**

El proyecto permitirá a los estudiantes de la carrera de ingeniería electromecánica realizar prácticas de análisis de producción de energía fotovoltaica en sistemas de captación fijos y móviles, sin que los estudiantes tengan que invertir en equipos para realizar este tipo de prácticas de laboratorio, de esta forma se genera un impacto económico que beneficia al estudiante universitario.

#### **5.4.3.3 Impacto Social**

Con una gestión adecuada el proyecto puede llegar a beneficiar a los estudiantes de la facultad de ciencias de la ingeniería y aplicadas que en su pensum académico tengan el estudio de energías renovables generando en los futuros profesionales del país conocimientos sólidos de la energía solar fotovoltaica, de esta forma el proyecto tendrá un gran impacto social.

#### **5.4.3.4 Impacto Ambiental**

La implementación del proyecto genera un impacto ambiental positivo ya que los generadores fotovoltaicos y el sistema de comunicación estarán ubicados en el laboratorio de energías renovables el cual se encuentra ubicado en la terraza del bloque B de la Universidad aprovechando así un espacio que no generaba beneficio alguno para la comunidad universitaria.

## 6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 Conclusiones

- Con la red de comunicación half-dúplex RS485, el protocolo de comunicación MODBUS RTU, esto facilita la interconexión de 32 equipos que pueden ser de medición de parámetros eléctricos o seguimiento solar en una misma red, a una distancia de 1200 metros con una velocidad de transmisión asíncrona de 9600 bit/s; son ventajas que me permiten seleccionar el sistema de comunicación.
- Se determinó que la capacidad instalada es de 3kW con 16 paneles, lo que determina el número de canales de medición de corriente, para ello se implementan dos módulos TRH16-RS485-25A con una capacidad de 32 entradas para medición de Icd, cada una con una capacidad de medición de 25 Amperios, con capacidad para comunicación MODBUS RTU; esto le da una robustez de tipo industrial al sistema de comunicación implementado.
- Se implementó una interfaz gráfica mediante software SCADA estudiantil que permite visualizar 25 datos de voltaje, corriente, potencia, temperatura, ángulos de inclinación e indicadores del estado de comunicación; distribuidos en la topología grafica de conexión de los equipos ubicados en campo.
- Mediante la comparación de los datos obtenidos del sistema implementado y el instrumento patrón de medición Fluke 375 FC, se concluye que el margen de error promedio es aproximadamente del  $\pm 0.1\%$  en datos de voltaje y corriente de los paneles fotovoltaicos.

## 6.2 Recomendaciones

- Para realizar cualquier tipo de conexión eléctrica es necesario tomar en consideración las cinco reglas de oro ante riesgos eléctricos.
- Implementar más paneles solares para aumentar la capacidad de producción de energía eléctrica fotovoltaica, de esta forma se aprovechará la capacidad del sistema de comunicación instalado.
- Repotenciar el sistema de comunicación con la implementación de equipos de visualización más robustos para nuestra interfaz SCADA como una pantalla HMI dando así un paso más para el siguiente nivel de la pirámide de automatización.
- Para la validación del sistema de comunicación, considerar instrumentos de medición, certificados con una calibración vigente, de esta forma se puede obtener un rango de error más acertado.

## 7 BIBLIOGRAFIA

- [1] S. Lorayne, «Evaluación en tiempo real del rendimiento de un sistema híbrido de generacion fotovoltaica eólica a través de un prototipo rápido.,» Barranquilla, 2019.
- [2] G. Molina, J. Vargas, C. Gevara, N. Portero, R. Gevara y D. Aulestia, «Plataforma cloud de adquisicion, tratamiento y visualizacion de informacion de sistemas fotovoltaicos aislados.,» 2017.
- [3] F. Saravia, «Diseño de un sistema de comunicación industrial multicapa MODBUS TCP-TS485 wireless que permita enlazar estaciones remotas.,» Piura, 2020.
- [4] R. Morales, «Implementacion de una red MODBUS RTU inalámbrico en FPGA con aplicacion en automatizacion de procesos.,» Cartagena, 2019.
- [5] D. A. ANDÍA D., «<http://repositorio.unsa.edu.pe/>,» 2015. [En línea]. Available: <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/3308/IEandida.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. [Último acceso: 15 02 2022].
- [6] D. Gross, «[news.un.org](https://news.un.org/),» Noticias ONU, 23 09 2019. [En línea]. Available: <https://news.un.org/es/story/2019/09/1462582>. [Último acceso: 20 02 2022].
- [7] A. d. R. y. C. d. E. y. R. N. N. Renovables, «<https://www.regulacionelectrica.gob.ec/>,» 06 07 2021. [En línea]. Available: <https://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/12/Vol4-Aspectos-de-sustentabilidad-y-sostenibilidad-social-y-ambiental.pdf>. [Último acceso: 14 01 2022].
- [8] R. D. Morales, «<https://biblioteca.utb.edu.co/>,» 04 04 2011. [En línea]. Available: <https://biblioteca.utb.edu.co/notas/tesis/0056235.pdf>. [Último acceso: 14 02 2022].
- [9] A. Procil S., «[repositorio.utp.edu.pe/](https://repositorio.utp.edu.pe/),» 2020. [En línea]. Available: [ps://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12867/3771/Mijael%20Procil\\_Tesis\\_titulo%20Profesional\\_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12867/3771/Mijael%20Procil_Tesis_titulo%20Profesional_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y). [Último acceso: 15 02 2022].
- [10] R. Defas, «<https://revistadigital.uce.edu.ec/>,» 25 06 2018. [En línea]. Available: <https://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/anales/article/view/1592>. [Último acceso: 15 12 2021].
- [11] Y. Nhiavue, «[dspace.uclv.edu.cu](https://dspace.uclv.edu.cu/),» 2018. [En línea]. Available: <https://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/252/Yevang%20Nhiavue.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. [Último acceso: 15 12 2021].
- [12] G. Chamorro y H. Toro, «Protocolos de comunicacion industrial,» Bogota, 2018.
- [13] C. Salazar y L. Correa, «Buses de campo y protocolos en redes industriales.,» 2019.
- [14] M. Espinoza y B. Jhonny, «Integración de redes industriales mediante un software de monitoreo y adquisición de datos en el laboratorio de control y manipulación automática de la carrera de ingeniería de mantenimiento.,» Riobamba, 2018.
- [15] Cloudflare, «[cloudflare.com](https://cloudflare.com/),» 2022. [En línea]. Available: <https://www.cloudflare.com/es-la/learning/ddos/glossary/open-systems-interconnection->

model-osi/.

- [16] A. Gonzáles, J. Jiménez y C. Sanchez, «Programación de la trama de PROFIBUS DP utilizando RS485, en un micro controlador Microchip,» 2017.
- [17] N. Instrument, «ni.com,» ni, 5 Marzo 2019. [En línea]. Available: <https://www.ni.com/es-cr/innovations/white-papers/12/introduction-to-MODBUS-using-labview.html#section--1630094122>. [Último acceso: 13 Enero 2022].
- [18] M. Quintanilha y R. Estevao, «Norma TIA/EIA-485-A,» 2020.
- [19] alciro, «Comunicaciones industriales,» 2020. [En línea]. Available: [http://www.alciro.org/alciro/RS-485\\_16/topologia-conexiones-RS-485\\_329.htm](http://www.alciro.org/alciro/RS-485_16/topologia-conexiones-RS-485_329.htm).
- [20] D. J y A. Estevéz, «Normas de comunicacion en serie RS 232,422,485,» 2019.
- [21] J. Cabús, D. Navarrete y R. Porras, «Sistemas SCADA,» 2019.
- [22] Wonderware, «Wonderware.com,» Bureau Veritas, 2022. [En línea]. Available: <https://www.wonderware.es/hmi-scada/que-es-hmi/>.
- [23] J. Lajara y J. Pelegrí, «LabVIEW,» de *LabVIEW entorno grafico de programacion*, Marcombo, 2020, p. 477.
- [24] E. Choco y J. Álvarez, «Implementacion de un modulo de entrenamiento para configuración de comunicación MODBUS en el laboratorio de control y manipulacion automática.,» Riobamba, 2017.
- [25] F. Corporation, «<https://dam-assets.fluke.com/>,» 02 04 2020. [En línea]. Available: [https://dam-assets.fluke.com/s3fs-public/37xfc\\_\\_umspa0200.pdf?31MQzrO.dZ8Ay7xGG.s6bcR1PYwaJ7W..](https://dam-assets.fluke.com/s3fs-public/37xfc__umspa0200.pdf?31MQzrO.dZ8Ay7xGG.s6bcR1PYwaJ7W..) [Último acceso: 20 02 2022].
- [26] «store.arduino,» [En línea]. Available: <https://store.arduino.cc/usa/mega-2560-r3>. [Último acceso: 10 Julio 2021].
- [27] ARCONEL, «<https://www.regulacionelectrica.gob.ec/>,» 23 12 2019. [En línea]. Available: <https://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2020/01/2-Pliego-Tarifario-SPEE-2020.pdf>. [Último acceso: 16 02 2022].

## 8 ANEXOS

|         |                                                                            |        |
|---------|----------------------------------------------------------------------------|--------|
| ANEXO A | Tabla para selección del calibre de conductor según el fabricante INCABLE. | 1 de 1 |
|---------|----------------------------------------------------------------------------|--------|

6

### CABLES DE COBRE AISLADO TIPO THHN/THWN 600V



**DESCRIPCIÓN**

Conductor de cobre electrolítico suave aislado con PVC 90°C y Nylon 90°C

**APLICACIÓN**

En circuitos de fuerza y alumbrado en edificaciones industriales, comerciales y residenciales, son especialmente aptos para instalaciones en ductos y para usarse en zonas abrasivas o contaminadas por aceites, grasas, gasolinas, etc y otras sustancias corrosivas como pinturas, solventes tal como se especifica en el Código Eléctrico nacional. Puede ser usado en lugares secos a temperatura 90°C de operación y en lugares húmedos a 75°C de operación, tensión de voltaje 600 V.

**EMBALAJE**

Rollos o Bobinas de madera

**AISLAMIENTO**

PVC 90°C, Nylon 90°C

**SEGMENTO**

Construcción

**COLOR**

Calibres 14 al 8  
 Calibres 6 al 4  
 Calibres del 2 en adelante

**NORMA**

ASTM B-3, B-8, UL 83, NTE 2345

**CERTIFICACIONES**




### Cables de Cobre Aislado Tipo THHN/THWN 600V

| Código Producto | Calibre (AWG o Kcmil) | Formación (# Alambres) | Espesor Aislación PVC (mm) | Espesor Chaqueta Nylon (mm) | Diámetro Exterior (mm) | Peso Aprox. (kg/km) | Amperaje (A) | EMBALAJE | TRAMOS (m) |
|-----------------|-----------------------|------------------------|----------------------------|-----------------------------|------------------------|---------------------|--------------|----------|------------|
| 17-0020         | 14                    | 7 x 0.615              | 0,38                       | 0,10                        | 2,83                   | 24,2                | 25           | Rollo    | 100        |
| 17-0021         | 12                    | 7 x 0.78               | 0,38                       | 0,10                        | 3,30                   | 37,0                | 30           | Rollo    | 100        |
| 17-0022         | 10                    | 7 x 0.98               | 0,51                       | 0,10                        | 4,16                   | 58,6                | 40           | Rollo    | 100        |
| 17-0001         | 8                     | 7 x 1.23               | 0,76                       | 0,13                        | 5,47                   | 95,2                | 55           | BB 1.00  | 7500       |
| 17-0002         | 6                     | 7 x 1.56               | 0,76                       | 0,13                        | 6,46                   | 146,3               | 75           | BB 1.00  | 5000       |
| 17-0003         | 4                     | 7 x 1.96               | 1,02                       | 0,15                        | 8,22                   | 232,9               | 95           | BB 1.00  | 3000       |
| 17-0004         | 2                     | 7 x 2.47               | 1,02                       | 0,15                        | 9,75                   | 356,8               | 130          | BB 1.00  | 2000       |
| 17-0009         | 1/0                   | 19 x 1.89              | 1,27                       | 0,18                        | 12,35                  | 557,9               | 170          | BB 1.00  | 1500       |
| 17-0010         | 2/0                   | 19 x 2.13              | 1,27                       | 0,18                        | 13,55                  | 697,8               | 195          | BB 1.00  | 1000       |
| 17-0011         | 3/0                   | 19 x 2.39              | 1,27                       | 0,18                        | 14,85                  | 867,2               | 225          | BB 1.00  | 900        |
| 17-0012         | 4/0                   | 19 x 2.68              | 1,27                       | 0,18                        | 16,30                  | 1.078,0             | 260          | BB 1.00  | 700        |
| 17-0013         | 250                   | 37 x 2.09              | 1,52                       | 0,20                        | 18,07                  | 1.280,7             | 290          | BB 1.20  | 750        |
| 17-0014         | 300                   | 37 x 2.29              | 1,52                       | 0,20                        | 19,47                  | 1.523,7             | 320          | BB 1.20  | 650        |
| 17-0015         | 350                   | 37 x 2.47              | 1,52                       | 0,20                        | 20,73                  | 1.760,6             | 350          | BB 1.20  | 550        |
| 17-0016         | 400                   | 37 x 2.64              | 1,52                       | 0,20                        | 21,92                  | 2.000,1             | 380          | BB 1.20  | 480        |
| 17-0017         | 500                   | 37 x 2.95              | 1,52                       | 0,20                        | 24,09                  | 2.476,5             | 430          | BB 1.20  | 400        |
| 17-0018         | 600                   | 61 x 2.52              | 1,78                       | 0,23                        | 26,70                  | 2.984,9             | 475          | BB 1.20  | 330        |
| 17-0019         | 750                   | 61 x 2.82              | 1,78                       | 0,23                        | 29,40                  | 3.707,5             | 535          | BB 1.20  | 260        |

Amperaje Calculado bajo las siguientes condiciones: Para no mas de 3 conductores portadores de corriente en ducto, cable o tierra (directamente enterrados) y temperatura ambiente de 30°C. Referencia: Tabla 310-16 Código Eléctrico (NEC)

**RESISTENCIA DEL AISLAMIENTO**

 HUMEDAD
  ACEITE
  RETARDANTE
  QUÍMICOS
  DOBLECES
  ABRASIÓN


[www.incable.com.ec](http://www.incable.com.ec)

**Jetlan6+**

## U/UTP Categoría 6

250 MHz

Cable flexible con 4 pares

[Cubierta de PVC o LSZH]

### DESCRIPCIÓN

Estos cables, diseñados para instalaciones interiores, se emplean en la fabricación de cables de interconexión. Se utilizan en armarios de distribución y en conexiones de estaciones de trabajo de red. Ofrecen excelentes características de transmisión que superan los requisitos de la Categoría 6, con valores a 250 MHz muy superiores a otros cables del mercado. La cubierta externa puede ser de PVC (producto estándar) o de material sin halógenos (según pedido especial).

### NORMAS

Transmisión: ISO/IEC 11801, EN 50173, IEC 61156-6, EN 50288-6-2

Fuego: IEC 60332-1-2, EN 60332-1-2

Humo (solo LSZH): IEC 60754-1 y -2, EN 60754-1 y -2, IEC 61034-1 y -2, EN 61034-1 y -2

### CONSTRUCCIÓN

#### 1. Conductor:

24 AWG cobre recocido sólido

#### 2. Aislamiento: Poliolefina

#### 3. Pareado: 4 pares trenzados con distinto paso

#### 4. Cubierta externa:

PVC: Gris

LSZH: Gris

### CÓDIGOS DE COLOR

#### PARES COMBINACIÓN DE COLORES

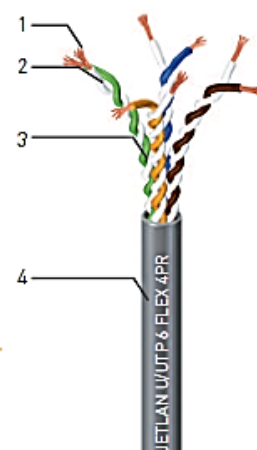
- |   |                          |
|---|--------------------------|
| 1 | blanco - azul azul       |
| 2 | blanco - naranja naranja |
| 3 | blanco - verde verde     |
| 4 | blanco - marrón marrón   |

### APLICACIONES

- Soporta operaciones full y half duplex
- Video digital/analógico
- 16 Mbps Token Ring
- 100 Mbps TP-PMD
- 100 BASE-T (IEEE 802.3)
- 1000 BASE-T (Gigabit Ethernet)
- 155/622 Mbps ATM
- 1,2 Gbps ATM

### INFORMACIÓN PARA EL SUMINISTRO

| CÓDIGO      | PAIRES/AWG | CUBIERTA EXTERIOR | EMBALAJE        |
|-------------|------------|-------------------|-----------------|
| 559104CC4P  | 4/24       | PVC de color gris | Bobinas 1.000 m |
| 559104CC4PQ | 4/24       | PVC de color gris | Bobinas 500 m   |
| 563004CC4P  | 4/24       | LSZH              | Bobinas 1.000 m |
| 563004CC4PQ | 4/24       | LSZH              | Bobinas 500 m   |



**U/UTP Categoría 6**

250 MHz

Cable flexible con 4 pares  
(Cubierta de PVC o LSZH)**Jetlan6+****VALORES ELÉCTRICOS Y CONSTRUCTIVOS**

|                                        |                                              |                                      |
|----------------------------------------|----------------------------------------------|--------------------------------------|
| Resistencia en corriente continua      | Ohm/100m a 20 °C                             | máx. 8,90                            |
| Desequilibrio de resistencia           | Par individual %                             | Máx. 2,0                             |
| Capacidad mutua, nominal               | nF/100m a 1kHz                               | 5,20                                 |
| Velocidad nominal de propagación (NVP) | % de la velocidad de la luz                  | 65                                   |
| Impedancia característica              | Ohm<br>valor a<br>1,0-100 MHz<br>100-250 MHz | (min-máx)                            |
| Retardo de propagación                 | ns a 10 MHz                                  | Máx. 545                             |
|                                        | ns/100m                                      | Máx. 40                              |
| Atenuación de acoplamiento             | dB<br>valor a<br>30-100 MHz<br>100-1000 MHz  | (min-máx)<br>≥40<br>≥40-20log(f/100) |
| Diámetro exterior                      | mm                                           | PVC 5,3      LSZH 5,3                |
| Peso                                   | kg/km                                        | PVC 31      LSZH 31                  |
| Valor calorífico                       | MJ/m                                         | PVC 0,397      LSZH 0,381            |

| FRECUENCIA<br>MHz | ATENUACIÓN<br>dB/100m<br>(máx.) | NEXT<br>dB<br>(min.) | PS-NEXT<br>dB<br>(min.) | ELFEXT<br>dB<br>(min.) | PS- ELFEXT<br>dB<br>(min.) | ACR<br>dB/100m<br>(min.) | PS-ACR<br>db/100m<br>(min.) | PÉRDIDA DE<br>RETORNO<br>dB (min.) |
|-------------------|---------------------------------|----------------------|-------------------------|------------------------|----------------------------|--------------------------|-----------------------------|------------------------------------|
| 0,772             | 2,8                             | 77,5                 | 74,5                    | 74,1                   | 71,1                       | 90,9                     | 88,1                        |                                    |
| 1                 | 3,1                             | 76,7                 | 73,9                    | 73,0                   | 70,0                       | 85,0                     | 83,2                        | 31,4                               |
| 4                 | 5,7                             | 72,1                 | 69,1                    | 67,0                   | 64,0                       | 74,8                     | 73,3                        | 30,9                               |
| 8                 | 7,9                             | 69,9                 | 66,9                    | 62,9                   | 59,9                       | 65,0                     | 61,1                        | 34,5                               |
| 10                | 8,8                             | 69,2                 | 66,2                    | 61,0                   | 58,0                       | 62,5                     | 61,7                        | 37,4                               |
| 16                | 11,1                            | 67,6                 | 64,6                    | 56,9                   | 53,9                       | 58,0                     | 57,3                        | 39,3                               |
| 25                | 13,8                            | 66,2                 | 63,2                    | 53,0                   | 50,0                       | 55,8                     | 52,7                        | 35,5                               |
| 31,25             | 15,4                            | 65,4                 | 62,4                    | 51,1                   | 48,1                       | 50,0                     | 47,6                        | 36,3                               |
| 62,5              | 21,8                            | 61,9                 | 58,9                    | 45,1                   | 42,1                       | 38,1                     | 35,0                        | 34,5                               |
| 100               | 27,6                            | 58,9                 | 55,9                    | 41,0                   | 38,0                       | 31,5                     | 29,7                        | 33,3                               |
| 155               | 34,4                            | 56,0                 | 53,0                    | 37,2                   | 34,2                       | 17,4                     | 14,8                        | 30,0                               |
| 200               | 39,1                            | 54,3                 | 51,3                    | 35,0                   | 32,0                       | 10,2                     | 9,2                         | 26,5                               |
| 250               | 43,8                            | 52,9                 | 49,9                    | 33,0                   | 30,0                       | 4,7                      | 4,7                         | 25,6                               |



**SIEMENS****Data sheet****5SL3206-7MB**

Miniature circuit breaker 400 V 4.5 kA, 2-pole, C, 6A

| Model                                                                                       |                                      |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| product brand name                                                                          | SETRON                               |
| product designation                                                                         | Miniature circuit breaker            |
| General technical data                                                                      |                                      |
| number of poles                                                                             | 2                                    |
| design of pole                                                                              | 2P                                   |
| tripping characteristic class                                                               | C                                    |
| mechanical service life (switching cycles) / typical                                        | 10 000                               |
| overvoltage category                                                                        | III                                  |
| degree of pollution                                                                         | 2                                    |
| Voltage                                                                                     |                                      |
| type of voltage / of the operating voltage                                                  | AC                                   |
| insulation voltage (Ui)                                                                     |                                      |
| • with single-phase operation / at AC / rated value                                         | 250 V                                |
| • with multi-phase operation / at AC / rated value                                          | 440 V                                |
| Supply voltage                                                                              |                                      |
| supply voltage / at AC / rated value                                                        | 400 V                                |
| operating voltage                                                                           |                                      |
| • with multi-phase operation / at AC / maximum                                              | 440 V                                |
| • at DC / rated value / maximum                                                             | 72 V                                 |
| Protection class                                                                            |                                      |
| protection class IP                                                                         | IP20, with connected conductors      |
| Switching capacity                                                                          |                                      |
| switching capacity current                                                                  |                                      |
| • acc. to EN 60898 / rated value                                                            | 4.5 kA                               |
| energy limitation class                                                                     | 3                                    |
| Dissipation                                                                                 |                                      |
| power loss [W] / for rated value of the current / at AC / in hot operating state / per pole | 0.86 W                               |
| Current                                                                                     |                                      |
| operational current                                                                         |                                      |
| • at 30 °C / rated value                                                                    | 6 A                                  |
| • at AC / rated value                                                                       | 6 A                                  |
| suitability for operation                                                                   | Residential buildings/infrastructure |
| Product details                                                                             |                                      |
| product component / neutral conductor switching                                             | No                                   |
| product feature / touch protection                                                          | Yes                                  |
| product feature                                                                             |                                      |
| • halogen-free                                                                              | Yes                                  |

|                                                                                                           |                                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• sealable</li> <li>• silicon-free</li> </ul>                      | Yes                                        |
| product extension / installable / supplementary devices                                                   | Yes                                        |
| <b>Connections</b>                                                                                        |                                            |
| connectable conductor cross-section / solid                                                               |                                            |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• minimum</li> <li>• maximum</li> </ul>                            | 0.75 mm <sup>2</sup><br>25 mm <sup>2</sup> |
| connectable conductor cross-section / stranded                                                            |                                            |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• minimum</li> <li>• maximum</li> </ul>                            | 0.75 mm <sup>2</sup><br>25 mm <sup>2</sup> |
| connectable conductor cross-section / finely stranded / with core end processing                          |                                            |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• minimum</li> <li>• maximum</li> </ul>                            | 0.75 mm <sup>2</sup><br>25 mm <sup>2</sup> |
| tightening torque / with screw-type terminals                                                             |                                            |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• minimum</li> <li>• maximum</li> </ul>                            | 2.5 N-m<br>3 N-m                           |
| <b>Mechanical Design</b>                                                                                  |                                            |
| height                                                                                                    | 90 mm                                      |
| width                                                                                                     | 36 mm                                      |
| depth                                                                                                     | 76 mm                                      |
| installation depth                                                                                        | 70 mm                                      |
| number of modular width units                                                                             | 2                                          |
| mounting position                                                                                         | any                                        |
| net weight                                                                                                | 252 g                                      |
| <b>Environmental conditions</b>                                                                           |                                            |
| ambient temperature / during operation                                                                    |                                            |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• minimum</li> <li>• maximum</li> </ul>                            | -25 °C<br>45 °C                            |
| ambient temperature / during storage                                                                      |                                            |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• minimum</li> <li>• maximum</li> </ul>                            | -40 °C<br>75 °C                            |
| <b>Certificates</b>                                                                                       |                                            |
| reference code                                                                                            |                                            |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• acc. to DIN EN 61346-2</li> <li>• acc. to IEC 81346-2</li> </ul> | F<br>F                                     |
| <b>General Product Approval</b>                                                                           |                                            |
| <b>Declaration of Conformity</b>                                                                          |                                            |

[Miscellaneous](#)



[Miscellaneous](#)



[Miscellaneous](#)



EG-Konf.

other

[Miscellaneous](#)

#### Further information

Information- and Downloadcenter (Catalogs, Brochures,...)

<http://www.siemens.com/lowvoltage/catalogs>

Industry Mall (Online ordering system)

<https://mall.industry.siemens.com/mall/en/en/Catalog/product?mlfb=SSL3206-7MB>

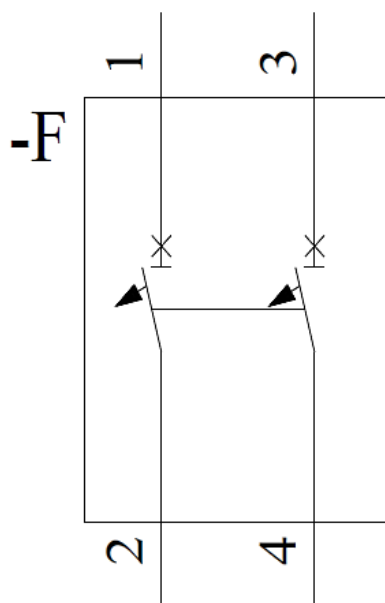
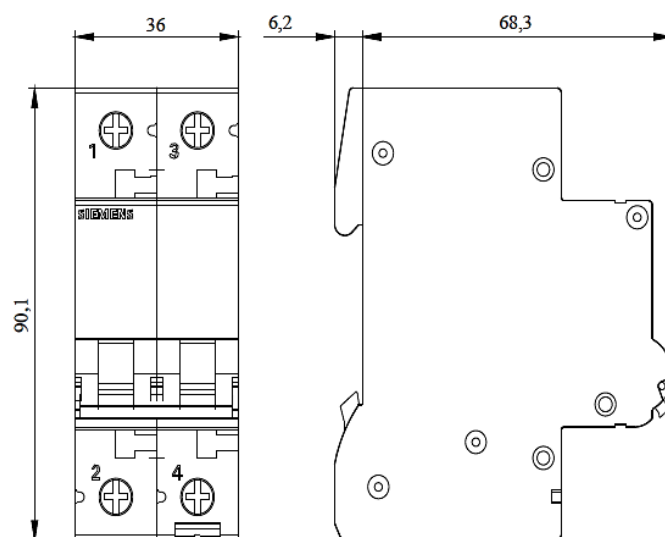
Service&Support (Manuals, Certificates, Characteristics, FAQs,...)

<https://support.industry.siemens.com/cs/ww/en/ps/SSL3206-7MB>

Image database (product images, 2D dimension drawings, 3D models, device circuit diagrams, ...)

[http://www.automation.siemens.com/bilddb/cax\\_en.aspx?mlfb=SSL3206-7MB](http://www.automation.siemens.com/bilddb/cax_en.aspx?mlfb=SSL3206-7MB)

CAX-Online-Generator  
<http://www.siemens.com/cax>  
Tender specifications  
<http://www.siemens.com/specifications>



**Technical data**  
MBT 5250, MBT 5260**General data** MBT 5250, MBT 5260

|                 |                 |
|-----------------|-----------------|
| Measuring range | -50 - 200 °C    |
| Sensing element | Pt 100, Pt 1000 |
| Protection tube | ø8 x 1 mm       |

**Response times**

| Type                                           | Protection tube | Indicative response times |                  |                  |                  |
|------------------------------------------------|-----------------|---------------------------|------------------|------------------|------------------|
|                                                |                 | Water 0.2 m/s             |                  | Air 1 m/s        |                  |
| MBT 5250 with interchangeable measuring insert | ø8 x 1 mm       | t <sub>0.5</sub>          | t <sub>0.9</sub> | t <sub>0.5</sub> | t <sub>0.9</sub> |
| MBT 5260 with fixed meas. ins.                 | ø8 x 1 mm       | 9 s.                      | 33 s.            | 95 s.            | 310 s.           |

**Materials**

|                                       |                                             |
|---------------------------------------|---------------------------------------------|
| Protection tube in contact with media | W.no. 1.4571 (AISI 316 <a href="#">II</a> ) |
| Process connection                    | W.no. 1.4404 (AISI 316 L)                   |
| Extension length                      | W.no. 1.4571 (AISI 316 <a href="#">II</a> ) |
| Union                                 | Nickel plated brass                         |
| Gasket                                | Silicone                                    |
| Plug EN 175301-803                    | PA 6.6 (max 125 °C)                         |

**Mechanical and environmental specifications**

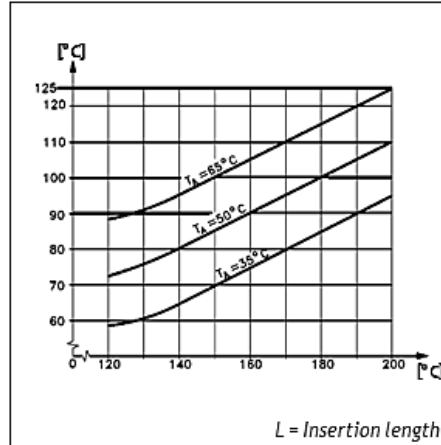
|                           |                                                |                                                              |
|---------------------------|------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| Sensor tolerance          | EN 60751 Class B: $\pm (0.3 + 0.005 \times t)$ | t = temperature of medium, numerical value                   |
| Vibration stability       | Shock:                                         | 100 g / 6 <a href="#">ms</a>                                 |
|                           | Vibrations:                                    | 4 g sine function 5 - 200 Hz, measured acc. to IEC 60068-2-6 |
| Enclosure                 | IP65 according to IEC 60529                    |                                                              |
| Cable entry EN 175301-803 | Pg 9, Pg 11 or Pg 13.5                         |                                                              |

**Ordering standard**  
(MBT 5250, MBT 5260)

| Type MBT 52X0                                                |                            | Sensor                                         |   |
|--------------------------------------------------------------|----------------------------|------------------------------------------------|---|
| Measuring range, sensor element                              | -50 - 200 °C               | 1                                              | 0 |
| Sensing element                                              | 1 x Pt 100                 | 0                                              | 9 |
|                                                              | 1 x Pt 1000 (Class B only) | 1                                              |   |
|                                                              | 2 x Pt 100                 | 2                                              |   |
|                                                              | 2 x Pt 1000 (Class B only) | 3                                              |   |
|                                                              | Other                      | 9                                              |   |
| Protection Tube, W.nr. 1.4571 (AISI 316 <a href="#">II</a> ) | Acid-proof steel, ø8 x 1mm | 0                                              |   |
|                                                              | Other                      | 9                                              |   |
| Extension length                                             | None                       | 0                                              |   |
|                                                              | 50 mm                      | 1                                              |   |
| Insertion length                                             | 50 mm                      | 050                                            |   |
|                                                              | 80 mm                      | 080                                            |   |
|                                                              | 100 mm                     | 100                                            |   |
|                                                              | 150 mm                     | 150                                            |   |
|                                                              | 200 mm                     | 200                                            |   |
|                                                              | 250 mm                     | 250                                            |   |
|                                                              | xx0 mm                     | xx0                                            |   |
| Preferred versions                                           |                            |                                                |   |
|                                                              |                            | Tolerance                                      |   |
|                                                              |                            | EN 60751 Class B                               |   |
|                                                              |                            | Other                                          |   |
|                                                              |                            | Process connection                             |   |
|                                                              |                            | None                                           |   |
|                                                              |                            | G 1/4 A                                        |   |
|                                                              |                            | G 1/2 A                                        |   |
|                                                              |                            | 1/2 - 14 NPT                                   |   |
|                                                              |                            | G 3/4 A                                        |   |
|                                                              |                            | M18 x 1.5                                      |   |
|                                                              |                            | Other                                          |   |
|                                                              |                            | Electrical Connections                         |   |
|                                                              |                            | EN175301/803 excl. female plug                 |   |
|                                                              |                            | EN175301/803 plug Pg 9 (IP65)                  |   |
|                                                              |                            | EN175301/803 plug Pg 11 (IP65)                 |   |
|                                                              |                            | EN175301/803 plug Pg 13,5 (IP65)               |   |
|                                                              |                            | ITT Canon 4 pins Au                            |   |
|                                                              |                            | EN175301/803 GL plug Pg 13,5 (IP65) Sn pins    |   |
|                                                              |                            | EN175301/803 Pg 9-4 pins without earth (IP65)  |   |
|                                                              |                            | EN175301/803 Pg 11-4 pins without earth (IP65) |   |
|                                                              |                            | Other                                          |   |

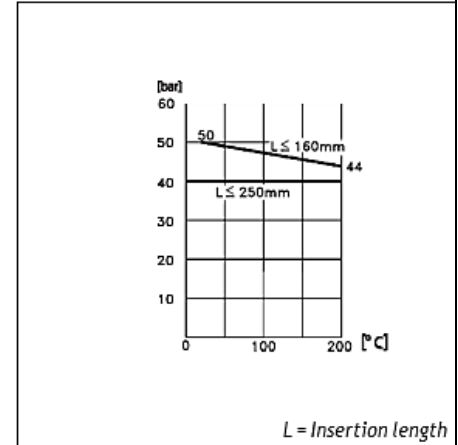
**Technical data**  
**MBT 5250, MBT 5260**

 Max. temperature (Ext. length "None")  
 Plug EN 175301-803

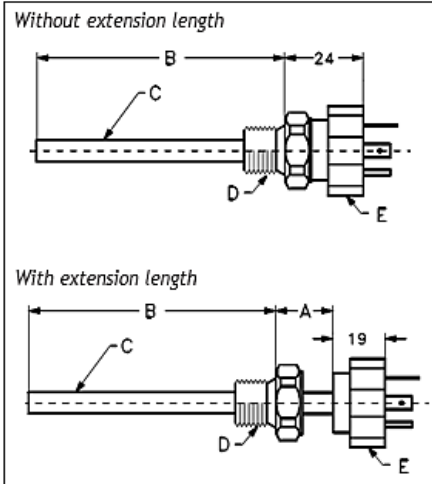
 Max. load on protection tube  
 ( $\varnothing 8 \times 1$ ,  $\varnothing 10 \times 2$ ) acc. to EN 175301-803


$T_m$  = Media temperature  
 $T_o$  = Temperature for electric plug  
 $T_a$  = Ambient temperature

**Note:** for extension length = 50 mm  
 no limitations up to 200 °C media temperature  
 and 90 °C ambient temperature



| Permissible media velocity | Air     | Water                    |                       |
|----------------------------|---------|--------------------------|-----------------------|
|                            | 25 m/s  | 3 m/s                    |                       |
|                            |         |                          |                       |
| Process connection         | G 1/4 A | G 1/2 A<br>G 3/8 A – M18 | G 3/4 A<br><b>M24</b> |
| Max. tightening torque     | 25 Nm   | 50 Nm                    | 100 Nm                |

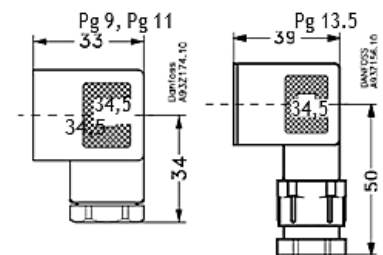
**Dimensions**  
**MBT 5250, MBT 5260**


A = Extension length  
 B = Insertion length  
 C = Protection tube  
 D = Process connection  
 E = Union

Please note:

- Tightening torque for the mounting screw at the rear end of the electrical connection plug: 25 Nm
- Tightening torque for the union (position "E"): 17 Nm

**Gasket**

**Plugs**


All dimensions in millimeters

| Process connection | G 1/4  | G 1/4 A - G 1/2 A<br>G 3/8 A - M18 | G 3/4 A<br>M24 |
|--------------------|--------|------------------------------------|----------------|
| Width across flats | HEX 22 | HEX 27                             | HEX 32         |

**TRH16-RS485-25A**

Analizador de tensión y corriente continua multi-canal

**1. DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO**

TRH16-RS485 es un equipo de medida, de hasta dieciséis canales de corriente continua y un canal de tensión, de hasta 1500 V de tensión continua. La medida de corriente se realiza a través de dieciséis transformadores de efecto Hall (transformadores para la medida de corriente continua), de primario 25 A.

El equipo dispone de 2 puertos de comunicación RS-485. El primero de ellos se utiliza para conectar y transmitir la información al máster, mediante protocolo Modbus/RTU. El segundo puerto de comunicación, permite realizar una topología de comunicación de tipo multimáster (véase apartado 4.5.- Diagrama de conexión del bus de comunicación RS-485 esclavo y subesclavo), dado que multitud de aplicaciones pueden estar compuestas por una gran cantidad de analizadores TRH16-RS485. Se pueden configurar los parámetros de comunicación a través de selectores ubicados en el frontal del equipo.

Además, el equipo está provisto de 3 entradas digitales (lógicas), para la detección del estado de señales digitales, procedentes del entorno del equipo, y cuya información también está disponible vía comunicación RS-485. Al margen de las entradas digitales, el equipo dispone de una entrada analógica con rango 0...20 mA y una entrada para sonda Pt100 ó Pt1000 configurable.

**2. CONSIDERACIONES INICIALES****2.1 Comprobaciones a la recepción**

A la recepción del instrumento compruebe el cumplimiento de los siguientes puntos:

- El equipo corresponde a las especificaciones de su pedido.
- Compruebe que el equipo no ha sufrido desperfecto durante el transporte

**2.2 Precauciones de seguridad**

Para la utilización segura del equipo, es fundamental que las personas que lo instalen o manipulen, sigan las medidas de seguridad habituales, así como las advertencias indicadas en dicho manual de instrucciones.

El TRH16-RS485 es un equipo diseñado específicamente para ir instalado dentro de un armario eléctrico o envolvente, con fijación a carril DIN. En ningún caso el equipo debe ser instalado o integrado en un lugar donde pueda existir un contacto directo con las personas. TRH16-RS485 dispone de un LED luminoso de color rojo parpadeante (CPU), que advierte de su funcionamiento, y por lo tanto, advierte de la presencia de tensión y corriente en el circuito electrónico. Aunque el LED luminoso no esté activo, no exime al usuario de comprobar que el equipo está desconectado de toda fuente de alimentación.

**3. INSTALACIÓN Y PUESTA EN MARCHA**

El presente manual contiene informaciones y advertencias que el usuario debe respetar para garantizar el funcionamiento seguro del equipo, y mantenerlo en buen estado en cuanto a la seguridad. En su funcionamiento habitual no debe ser utilizado hasta su colocación definitiva dentro del armario eléctrico.

**¡IMPORTANTE!**

Si se utiliza el equipo de forma no especificada por el fabricante, la protección del equipo puede resultar comprometida.

Cuando sea probable que el equipo haya perdido la protección de seguridad (por ejemplo, si presenta daños visibles), debe desconectarse la alimentación del equipo. En este caso, póngase en contacto con el servicio técnico cualificado, o bien contacte con nuestro Servicio de Asistencia Técnica SAT (véase apartado 7.- SERVICIO ASISTENCIA TÉCNICA).

**3.1 Instalación del equipo**

La instalación del equipo es de tipo carril DIN; tiene una superficie de 9 módulos DIN (160 mm), y una altura de 58 mm. Todas las conexiones quedan en el interior del armario eléctrico.

A tener en cuenta, que con el equipo conectado, los bornes y la apertura de cubiertas o eliminación de elementos, pueden dar acceso a partes peligrosas al tacto. El equipo no debe ser utilizado ni alimentado hasta que haya finalizado por completo su instalación.

**¡IMPORTANTE!**

La alimentación CC del TRH16 debe estar protegida por fusibles, por un interruptor magnetotérmico o cualquier otro elemento de protección contra sobrecorrientes. Estos elementos deben estar dimensionados en función de la potencia de la instalación.

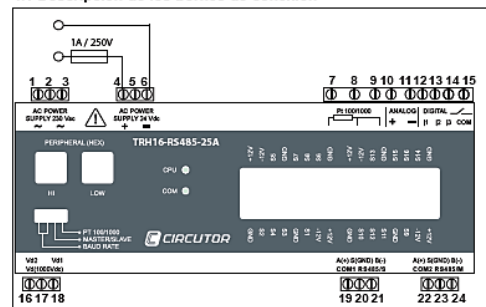
El equipo debe conectarse a un circuito de alimentación protegido con fusibles, acorde con el rango de alimentación y consumo del mismo. A su vez, el circuito de alimentación debe estar provisto de un interruptor magnetotérmico o dispositivo equivalente para desconectar el equipo de la red de alimentación. El circuito de alimentación, debe conectarse con un cable de sección mínima de 1 mm².

**3.2 Alimentación del equipo**

El equipo dispone de dos entradas de alimentación auxiliar; una de ellas para corriente alterna y otra para corriente continua. En ningún caso el usuario debe conectar ambas entradas de alimentación de manera simultánea.

| Alimentación                                                       |                          | C.Alterna                               | C.Continua             |
|--------------------------------------------------------------------|--------------------------|-----------------------------------------|------------------------|
| Tensión nominal                                                    |                          | 230 V ~                                 | 24 V ===               |
| Tolerancia de alimentación                                         |                          | ± 20%                                   | ± 10%                  |
| Frecuencia                                                         |                          | 50 Hz                                   | -                      |
| Consumo del equipo sin transformadores                             |                          | 2 VA                                    | 2 W                    |
| Consumo del equipo con 16 sensores (en vacío)                      |                          | 14 VA                                   | 8 W                    |
| Consumo del equipo con 16 sensores (corriente)                     |                          | 24 VA                                   | 14 W                   |
| Pico de arranque                                                   |                          | 3.5 A (3 ms)                            | 15 A (1 ms)            |
| Condiciones de trabajo                                             |                          |                                         |                        |
| Temperatura de trabajo                                             |                          | -10 ... 65 °C                           |                        |
| Humedad relativa                                                   |                          | 5 ... 95 HR sin condensación            |                        |
| Altitud máxima de trabajo                                          |                          | 2 000 metros                            |                        |
| Protección                                                         |                          | IP 20                                   |                        |
| Precisión                                                          |                          |                                         |                        |
| Rango de medida de tensión                                         | 30 ... 1500 V ===        | Rango de medida de corriente (FE: 3.9V) | 10 ... 100 %           |
| Error de la medida de tensión                                      | 1% FE                    | Error de la medida de corriente         | ± 0.5 % FE             |
| Error Resolución                                                   | ± 0.075 % I <sub>L</sub> | Error Offset                            | 0.075 % I <sub>L</sub> |
| Precisión entrada temperatura                                      |                          |                                         |                        |
| Sonda temperatura Pt100 / Pt1000                                   |                          | ± 3 °C                                  |                        |
| Entrada analógica                                                  |                          |                                         |                        |
| Precisión entrada 0...20 mA                                        |                          | ± 0,5 %                                 |                        |
| Impedancia de entrada                                              |                          | 165 Ω                                   |                        |
| Resolución en puntos                                               |                          | 1024 puntos                             |                        |
| Resolución del convertidor                                         |                          | 10 bits                                 |                        |
| Entradas digitales                                                 |                          |                                         |                        |
| Cantidad                                                           | 3                        | Impedancia                              | 12 MΩ                  |
| Seguridad                                                          |                          |                                         |                        |
| Alimentación: Categoría III – 300 V ~                              |                          |                                         |                        |
| Internamente protegido contra sobrecorrientes por alta impedancia. |                          |                                         |                        |
| Protección al choque eléctrico por doble aislamiento clase II      |                          |                                         |                        |



**4. CONEXIONADO****4.1 Descripción de los bornes de conexión**

| Descripción                        | Descripción                            |
|------------------------------------|----------------------------------------|
| 1 Alimentación 230 V~              | 13 Entrada digital 2                   |
| 2 Sin uso                          | 14 Entrada digital 3                   |
| 3 Alimentación 230 V~              | 15 Común entradas digitales            |
| 4 Alimentación 24 V === (positivo) | 16 Tensión continua (positivo)         |
| 5 Sin uso                          | 17 Sin uso                             |
| 6 Alimentación 24 V === (negativo) | 18 Tensión continua (negativo)         |
| 7 Entrada sonda Pt100/Pt1000 (*)   | 19 Puerto RS485 esclavo (A – positivo) |
| 8 Entrada sonda Pt100/Pt1000 (*)   | 20 Puerto RS485 esclavo (S – GND)      |

|    |                                        |    |                                     |
|----|----------------------------------------|----|-------------------------------------|
| 9  | Entrada sonda Pt100/Pt1000 (*)         | 21 | Puerto RS485 esclavo (B – negativo) |
| 10 | Entrada analógica 0...20 mA (positivo) | 22 | Puerto RS485 master (A – positivo)  |
| 11 | Entrada analógica 0...20 mA (negativo) | 23 | Puerto RS485 master (S – GND)       |
| 12 | Entrada digital 1                      | 24 | Puerto RS485 master (B – negativo)  |

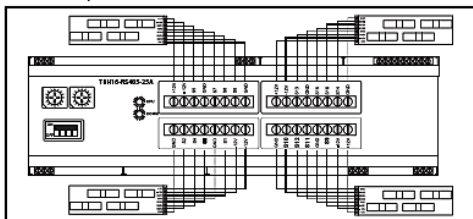
**¡IMPORTANTE!**

En el caso de conectar un transformador no especificado por el fabricante, o con una corriente de primario diferente a la especificada en el presente manual, la medida de corriente será incorrecta, y la protección del equipo puede verse comprometida.

(\*) En caso de no conectar una sonda de temperatura al dispositivo, debe realizarse un puente entre los tres bornes reservados al conexionado de dicha sonda (7, 8, 9).

**4.2 Diagrama de conexión de los transformadores de corriente**

El **TRH16-RS485**, es un equipo diseñado para la medida de hasta 16 líneas de corriente continua de manera simultánea. El equipo está provisto de 16 entradas para transformadores de efecto Hall, con los cuales puede medirse una corriente de hasta 25 A por canal en corriente continua.



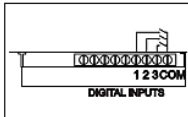
Detalle conexionado de los transformadores MTR

Para la conexión del MTR-25A con el equipo **TRH16-RS485**, se recomienda el uso de un cable apantallado, cuya malla debe conectarse únicamente al conector GND del equipo.

Al dispositivo **TRH16-RS485** pueden conectarse de forma opcional, hasta un máximo de cuatro módulos **MTR-25Ax4** (16 canales). El equipo, tras inicializarse, realiza un barrido por todas las entradas de los módulos de transformadores, e inhabilita por software las entradas no utilizadas, y como consecuencia, no conectadas físicamente. En el caso de conectar con posterioridad un nuevo módulo de cuatro transformadores **MTR**, el usuario debe realizar un reset de alimentación al dispositivo, para el reconocimiento y activación de los cuatro nuevos transformadores de medida de corriente.

**4.3 Diagrama de conexión de las entradas digitales**

El dispositivo **TRH16-RS485** dispone de tres entradas libres de tensión y de una tensión de 24 Vcc en el común para la detección del estado lógico de los captadores externos. Capta en tiempo real el estado de las entradas (contacto abierto o contacto cerrado), y transmite dicha información por el bus de comunicación RS-485.



El uso y cableado de dichas entradas es totalmente opcional, y su ejecución no afecta al funcionamiento del resto del conjunto.

**4.4 Diagrama de conexión del bus de comunicación RS-485 convencional**

El **TRH16-RS485** dispone de un puerto de comunicación RS-485 para la comunicación en tiempo real, con un sistema maestro de comunicación de tipo PLC o SCADA de control industrial. La comunicación debe realizarse con un cable de comunicación de par trenzado con malla de apantallamiento, con un mínimo de tres hilos. El sistema acepta entre el sistema maestro y el último periférico, una distancia máxima de 1 200 metros. Al bus de comunicación deben conectarse un máximo de 32 periféricos en paralelo, por cada puerto utilizado.

En cualquiera de los casos, deben evitarse instalaciones con topología en estrella, debiendo encadenar la salida del bus de comunicación de un periférico, con la entrada del siguiente y sucesivos.

Para la instalación de estos dispositivos, reflejar que a priori no es necesaria la instalación de ningún tipo de resistencia de final de línea. VER ESQUEMA A

**4.5 Diagrama de conexión del bus de comunicación RS-485 esclavo y subesclavo**

El **TRH16-RS485** dispone de un segundo bus de comunicación, el cual tiene como finalidad, poder comunicar con otros **TRH16-RS485** de manera paralela (equipos subesclavos).

Los nodos conectados al bus principal pueden comunicar simultáneamente con 15 nuevos equipos. De este modo, a nivel de bus principal, puede instalarse un máximo de 32 equipos, más 15 equipos subesclavos por nodo instalado.

Esta topología de comunicación da como resultado la instalación de 512 nodos en una sola red de comunicación, sin penalizar por este hecho, el tiempo de *pooling* del bus de comunicación principal.

El equipo de cabecera conectado a la red principal, registra la totalidad de las direcciones de memoria de los equipos subesclavos conectados a él, reduciendo así por parte del máster de comunicación, el número de nodos a interrogar a lo largo del bus de comunicación, y por lo tanto reduciendo el tiempo de *pooling*. La topología y conexionado es la correspondiente al ESQUEMA B

**5. CONFIGURACIÓN**

En lo relativo a la medida de tensión o corriente continua, el equipo no requiere ningún tipo de configuración especial, ya que los rangos de ajuste y configuración internos vienen realizados de fábrica.

**5.1 Comunicación**

El protocolo de comunicación implementado es del tipo MODBUS/RTU®.

Como se muestra en los diagramas de conexión, el periférico **TRH16-RS485** se conecta a un sistema de control mediante el bus RS-485. Para ello, a cada uno de los equipos debe asignarse un número de nodo que le identifique dentro del bus de comunicación.

En el frontal del equipo, dispone de unos selectores rotativos y unos MINI-DIPS que permiten al usuario parametrizar las diferentes consignas de comunicación. Para integrar el equipo en el bus, únicamente debe parametrizarse el número de nodo o periférico, y la velocidad de comunicación del bus RS-485, que naturalmente, debe ser la misma que la del máster de comunicación.

La comunicación, tiene configurado por defecto 1 bit de stop, Paridad No y 8 bits de longitud (8/N/1).

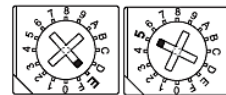
**5.2 Configuración del número de periférico**

Los dos selectores rotativos que se encuentran en el frontal del equipo, sirven para establecer el número de periférico (nodo). Dado que el dispositivo comunica en protocolo Modbus/RTU el número de periférico o estación puede oscilar desde el número 1 hasta el número 255 (FF en hexadecimal).

La configuración del número de nodo se realiza en formato hexadecimal; en ningún caso debe realizarse dicha configuración en formato decimal. Véase varios ejemplos de conversión de decimal a hexadecimal:

| Nodo Decimal | Nodo Hexadecimal | Nodo Decimal | Nodo Hexadecimal |
|--------------|------------------|--------------|------------------|
| 10           | 0A               | 80           | 50               |
| 15           | 0F               | 150          | 96               |
| 25           | 19               | 180          | B4               |
| 50           | 32               | 200          | C8               |
| 65           | 41               | 255          | FF               |

En el número de nodo hexadecimal, el primer dígito corresponde al selector izquierdo, y el segundo corresponde al selector derecho. Una vez configurado el número de dispositivo, no es necesario realizar un reset al equipo.



E5 = 229

**5.3 Configuración de la velocidad de comunicación**

**TRH16-RS485** dispone de un módulo de cuatro selectores (MINI-DIPS), que permiten la configuración de la velocidad de transmisión, mediante los selectores 1 y 2. Véase la tabla siguiente:



| Velocidad de transmisión | Selector 1 | Selector 2 |
|--------------------------|------------|------------|
| 9.600 / 8 / N / 1        | OFF        | OFF        |
| 19.200 / 8 / N / 1       | OFF        | ON         |
| 38.400 / 8 / N / 1       | ON         | OFF        |

No es necesario hacer un reset al equipo, cuando se realiza un cambio de velocidad de transmisión. Tampoco cuando se cambia el número de nodo (periférico).

**5.4 Configuración de equipos esclavos y subesclavos**

Mediante el selector número 3, el usuario puede escoger el tipo de topología de comunicación. El equipo puede configurarse como un esclavo convencional de una red de comunicación, o bien, configurarlo como un subesclavo dentro de una red *multislave*.



### 5.4.1 Equipos esclavos

En el ESQUEMA A, el bus de comunicación responde a una topología de comunicación convencional. En este tipo de topología los periféricos pueden enumerarse desde el periférico 1 al 255 (del 01 al FF en hexadecimal).

|                                  |     |                                                                                                |
|----------------------------------|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Posición Selector 3<br>Esquema A | OFF | La enumeración de los números de nodo oscilan desde el 1 al 255 (del 01 al FF en hexadecimal). |
|----------------------------------|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------|

### 5.4.2 Equipos subesclavos

Para sistemas de comunicación con esclavos y subesclavos (ESQUEMA B. Diagrama de conexión del bus de comunicación RS-485 esclavo y subesclavo), la comunicación de los equipos marcados como subesclavos (A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, ..., A<sub>32</sub>, ..., A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, ..., A<sub>32</sub>, ...) deben tener una configuración diferente, y un sistema de enumeración de nodos ordenado.

Los nodos esclavos (A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, ..., A<sub>32</sub>), tal y como se especifica en el apartado anterior, pueden enumerarse desde el periférico 1 al 255 (del 01 al FF en hexadecimal). Por el contrario, los nodos subesclavos, de cada uno de los buses de comunicación, deben enumerarse del 2 al 16 (del 02 al 10 en hexadecimal), y de manera correlativa en cada uno de sus buses correspondientes. Los equipos esclavos no pueden detectar la presencia de equipos subesclavos con números de nodo superiores a 16 (10 en hexadecimal).

| Equipo         | Selector 3 | Nodo Decimal |                                                                                                                                                                                               |
|----------------|------------|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A1             | ON         | 01           | La enumeración de los números de nodo oscila desde el 1 al 255 (del 01 al FF en hexadecimal). En ningún caso pueden repetirse, y no tienen porque asignarse en un orden lógico o correlativo. |
| A <sub>1</sub> | OFF        | 02           | La enumeración de los números de nodo oscila desde el 2 al 16 (del 02 al 10 en hexadecimal) y debe ser correlativa, sin dejar números de nodo sin asignar.                                    |
| ...            | OFF        | ...          |                                                                                                                                                                                               |
| A <sub>1</sub> | OFF        | 16           |                                                                                                                                                                                               |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|  <b>¡IMPORTANTE!</b><br>En el caso de añadir nuevos subesclavos, debe realizarse un reset al equipo esclavo (cabecera de bus: A <sub>1</sub> , A <sub>2</sub> , ..., A <sub>32</sub> ). Por ejemplo, en el caso de añadir el dispositivo A <sub>2</sub> , debe realizarse un reset sobre el equipo A <sub>2</sub> . |  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|

Esta operación es necesaria para que el elemento cabecera realice un barrido en todo el bus de comunicación e implemente en su mapa de memoria, toda la información procedente de los equipos subesclavos.

### 5.5 Entrada analógica y sonda de temperatura

TRH16-RS485 está provisto de una entrada analógica para la conexión de una sonda o sensor industrial. La entrada analógica se comporta de forma lineal, entregando por comunicación la medida analógica en puntos de resolución (desde 0 hasta 1024 puntos). El maestro de comunicación es el responsable de realizar la conversión de dichos puntos a valores físicos inteligibles por el usuario.

Además, el equipo dispone de una entrada para la conexión de una sonda de temperatura del tipo Pt100 ó Pt1000. Para la conexión de uno u otro tipo sonda (Pt100 ó Pt1000), debe seleccionarse mediante el cuarto selector ubicado en la parte frontal. Configurado el selector, el equipo sirve por comunicación el valor de temperatura en grados centígrados.

| Sonda de temperatura | Selector 4 |
|----------------------|------------|
| Pt100                | ON         |
| Pt1000               | OFF        |

### 5.6 Protocolo Modbus

El periférico TRH16-RS485 utiliza el protocolo MODBUS®. Dentro del protocolo MODBUS® se utiliza el modo RTU (Remote Terminal Unit); cada 8-bit por byte en un mensaje contiene dos 4-bits caracteres hexadecimales.

El formato por cada byte en modo RTU:

|                   |                                                                                                                  |
|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Código            | 8 bit binario, hexadecimal 0-9, A-F<br>2 caracteres hexadecimales contenidos en cada campo de 8-bit del mensaje. |
| Bits por byte     | 8 data bits                                                                                                      |
| Campo Check-Error | Tipo CRC (Cyclical Redundancy Check)                                                                             |

Funciones Modbus implementadas:

|                 |                                                                                                                                                                                                                  |
|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Función 03 y 04 | Función utilizada para la lectura de los parámetros que mide TRH16-RS485. Todos los parámetros eléctricos son words de 16 bits, es por ello que para pedir cada parámetro se necesita un Word (2 bytes – XX XX). |
|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

### 5.6.1 Mapa de memoria Modbus/RTU®

En la presente tabla se muestran las direcciones Modbus del equipo esclavo convencional. En la sucesivas tablas (módulo 2 en adelante), se muestran la direcciones de memoria de los equipos subesclavos, en caso de ser conectados.

| Descripción              | Abreviación | Símbolo      | Dirección | Unidad  |
|--------------------------|-------------|--------------|-----------|---------|
| Corriente entrada 1      | M1-MLC1     | I 1          | 0000      | A x 100 |
| Corriente entrada 2      | M1-MLC2     | I 2          | 0001      | A x 100 |
| Corriente entrada 3      | M1-MLC3     | I 3          | 0002      | A x 100 |
| Corriente entrada 4      | M1-MLC4     | I 4          | 0003      | A x 100 |
| Corriente entrada 5      | M1-MLC5     | I 5          | 0004      | A x 100 |
| Corriente entrada 6      | M1-MLC6     | I 6          | 0005      | A x 100 |
| Corriente entrada 7      | M1-MLC7     | I 7          | 0006      | A x 100 |
| Corriente entrada 8      | M1-MLC8     | I 8          | 0007      | A x 100 |
| Corriente entrada 9      | M1-MLC9     | I 9          | 0008      | A x 100 |
| Corriente entrada 10     | M1-MLC10    | I 10         | 0009      | A x 100 |
| Corriente entrada 11     | M1-MLC11    | I 11         | 000A      | A x 100 |
| Corriente entrada 12     | M1-MLC12    | I 12         | 000B      | A x 100 |
| Corriente entrada 13     | M1-MLC13    | I 13         | 000C      | A x 100 |
| Corriente entrada 14     | M1-MLC14    | I 14         | 000D      | A x 100 |
| Corriente entrada 15     | M1-MLC15    | I 15         | 000E      | A x 100 |
| Corriente entrada 16     | M1-MLC16    | I 16         | 000F      | A x 100 |
| Tensión Diferencial      | M1-VDG      | Vd           | 0010      | V x 10  |
| Temperatura Pt100/Pt1000 | M1-TEMP     | Pt100/Pt1000 | 0011      | °C      |
| Entrada Analógica        | M1-ANAL     |              | 0012      | Puntos  |
| Entradas Digitales       | M1-DIG      |              | 0013      | 0 / 1   |
| Sin uso                  |             |              | 0014      |         |
| Número de Periférico     | M1-PERIPH   |              | 0015      |         |

En la sucesivas tablas (subesclavo 2 en adelante), se muestran las direcciones iniciales de los módulos, teniendo en cuenta que todos disponen de la misma distribución al equipo de cabecera del bus.

| Módulo | Direcciones     | Módulo | Direcciones     |
|--------|-----------------|--------|-----------------|
| 2      | 0016 hasta 002B | 10     | 00C6 hasta 00DB |
| 3      | 002C hasta 0041 | 11     | 00DC hasta 00F1 |
| 4      | 0042 hasta 0057 | 12     | 00F2 hasta 0107 |
| 5      | 0058 hasta 006D | 13     | 0108 hasta 011D |
| 6      | 006E hasta 0083 | 14     | 011E hasta 0133 |
| 7      | 0084 hasta 0099 | 15     | 0134 hasta 0149 |
| 8      | 009A hasta 00AF | 16     | 014A hasta 015F |
| 9      | 00B0 hasta 00C5 |        |                 |

Ejemplos de las direcciones de memoria de algunos de los equipos subesclavos, en caso de ser conectados.

| Módulo 2  | Dirección | UDS     | Módulo 3  | Dirección | UDS     |
|-----------|-----------|---------|-----------|-----------|---------|
| M2-MLC1   | 0016      | A x 100 | M3-MLC1   | 002C      | A x 100 |
| M2-MLC2   | 0017      | A x 100 | M3-MLC2   | 002D      | A x 100 |
| M2-MLC3   | 0018      | A x 100 | M3-MLC3   | 002E      | A x 100 |
| M2-MLC4   | 0019      | A x 100 | M3-MLC4   | 002F      | A x 100 |
| M2-MLC5   | 001A      | A x 100 | M3-MLC5   | 0030      | A x 100 |
| M2-MLC6   | 001B      | A x 100 | M3-MLC6   | 0031      | A x 100 |
| M2-MLC7   | 001C      | A x 100 | M3-MLC7   | 0032      | A x 100 |
| M2-MLC8   | 001D      | A x 100 | M3-MLC8   | 0033      | A x 100 |
| M2-MLC9   | 001E      | A x 100 | M3-MLC9   | 0034      | A x 100 |
| M2-MLC10  | 001F      | A x 100 | M3-MLC10  | 0035      | A x 100 |
| M2-MLC11  | 0020      | A x 100 | M3-MLC11  | 0036      | A x 100 |
| M2-MLC12  | 0021      | A x 100 | M3-MLC12  | 0037      | A x 100 |
| M2-MLC13  | 0022      | A x 100 | M3-MLC13  | 0038      | A x 100 |
| M2-MLC14  | 0023      | A x 100 | M3-MLC14  | 0039      | A x 100 |
| M2-MLC15  | 0024      | A x 100 | M3-MLC15  | 003A      | A x 100 |
| M2-MLC16  | 0025      | A x 100 | M3-MLC16  | 003B      | A x 100 |
| M2-VDG    | 0026      | V x 10  | M3-VDG    | 003C      | V x 10  |
| M2-TEMP   | 0027      | °C      | M3-TEMP   | 003D      | °C      |
| M2-ANAL   | 0028      | Puntos  | M3-ANAL   | 003E      | Puntos  |
| M2-DIG    | 0029      | 0 / 1   | M3-DIG    | 003F      | 0 / 1   |
| Sin uso   | 002A      |         |           | 0040      |         |
| M2-PERIPH | 002B      |         | M3-PERIPH | 0041      |         |

### 5.6.2 Lectura del estado de las entradas digitales (DIG)

La variable DIG, como el resto de variables eléctricas, es un registro (1 word = 2 bytes), es decir, en hexadecimal sería 0xFFFF. Las entradas van de la 1 a la 3 y estas representan los 3 bytes de menor peso:

| BYTES DE MÁS PESO |   |   |   |   |   |   |   | BYTES DE MENOS PESO |   |   |   |   |   |   |   |
|-------------------|---|---|---|---|---|---|---|---------------------|---|---|---|---|---|---|---|
| 7                 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 | 7                   | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| 0                 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0                   | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |

Para conocer las direcciones de memoria Modbus, consultar apartado 05.06.01 Mapa de memoria. El valor de cada entrada determina si está activada (1) o desactivada (0).



Ejemplo 1 (en equipo maestro):

|                  |                   |             |
|------------------|-------------------|-------------|
| TX               | NP 0400090001 CRC |             |
| Entrada activada | 3                 |             |
| Por comunicación | INP=0x0004        | Hexadecimal |
|                  | 0000000000000100  | Binario     |

Ejemplo 2 (en equipo maestro):

|                  |                   |             |
|------------------|-------------------|-------------|
| TX               | NP 0400090001 CRC |             |
| Entrada activada | 2 y 3             |             |
| Por comunicación | INP=0x0006        | Hexadecimal |
|                  | 0000000000000110  | Binario     |

### 5.6.3 Lectura del número de periférico

La variable PERIPH, como el resto de variables eléctricas, es un registro (1 word = 2 bytes), es decir, en hexadecimal sería 0xFFFF. Este registro hace referencia al número de periférico asociado mediante el frontal del equipo, a cada uno de los dispositivos esclavos y subesclavos.

### 5.6.4 Número y lista de equipos subesclavos conectados

Número de equipos subesclavos: Existe un registro Modbus (0834), que indica el número de equipos subesclavos conectados al maestro de comunicación (véase en ESQUEMA B, equipos, A2 ... A16). Dicha variable únicamente devuelve el valor numérico en hexadecimal, informando del número de nodos conectados al dispositivo por el puerto de comunicación maestro (en caso de ser utilizado).

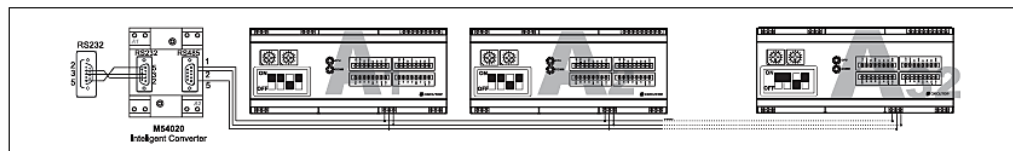
Ejemplo 1:

|    |                   |
|----|-------------------|
| TX | NP 0408340008 CRC |
| RX | NP 0402 0006 CRC  |

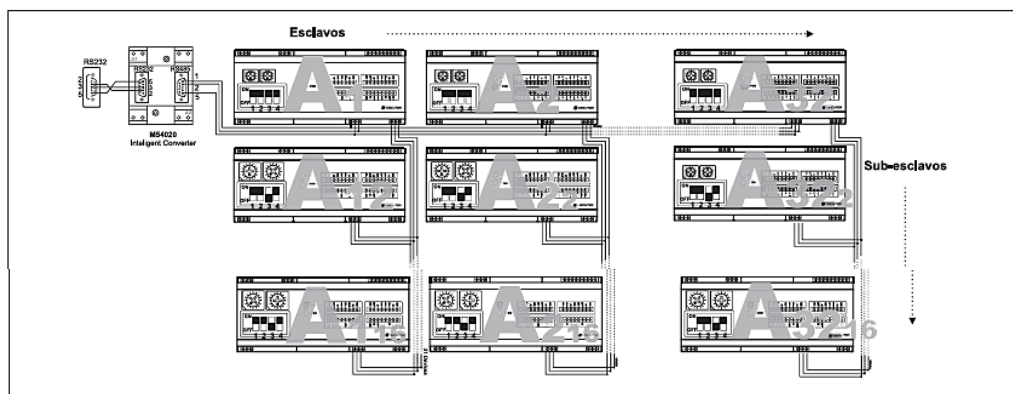
|                    |             |             |
|--------------------|-------------|-------------|
| Número de esclavos | 6           |             |
| Por comunicación   | RX = 0x0006 | Hexadecimal |
| Conversión decimal | 6           | Decimal     |

Lista de equipos subesclavos: A diferencia del número, la lista de elementos subesclavos conectados a un equipo maestro, reporta uno a uno, los números de periférico conectados a dicho equipo maestro (registro 07D0).

SWITCH ON ☒ SWITCH OFF ☐



ESQUEMA A - Diagrama de conexión del bus de comunicación RS-485 con equipos esclavos (bus convencional)



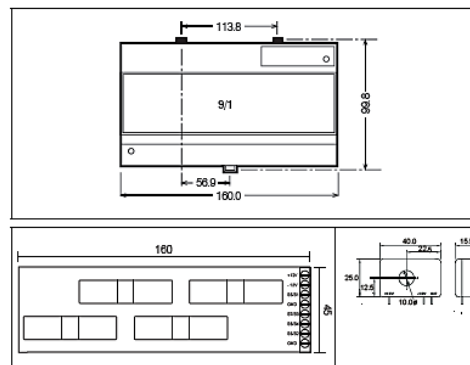
ESQUEMA B - Diagrama de conexión del bus de comunicación RS-485 con equipos esclavos y sub-esclavos

Ejemplo 1:

|    |                                                                      |
|----|----------------------------------------------------------------------|
| TX | NP 0407D0000F CRC                                                    |
| RX | NP 0420 02 03 04 05 06 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 CRC |

|                    |                    |             |
|--------------------|--------------------|-------------|
| Lista de esclavos  | 02, 03, 04, 05, 06 | Hexadecimal |
| Conversión decimal | 02, 03, 04, 05, 06 | Decimal     |

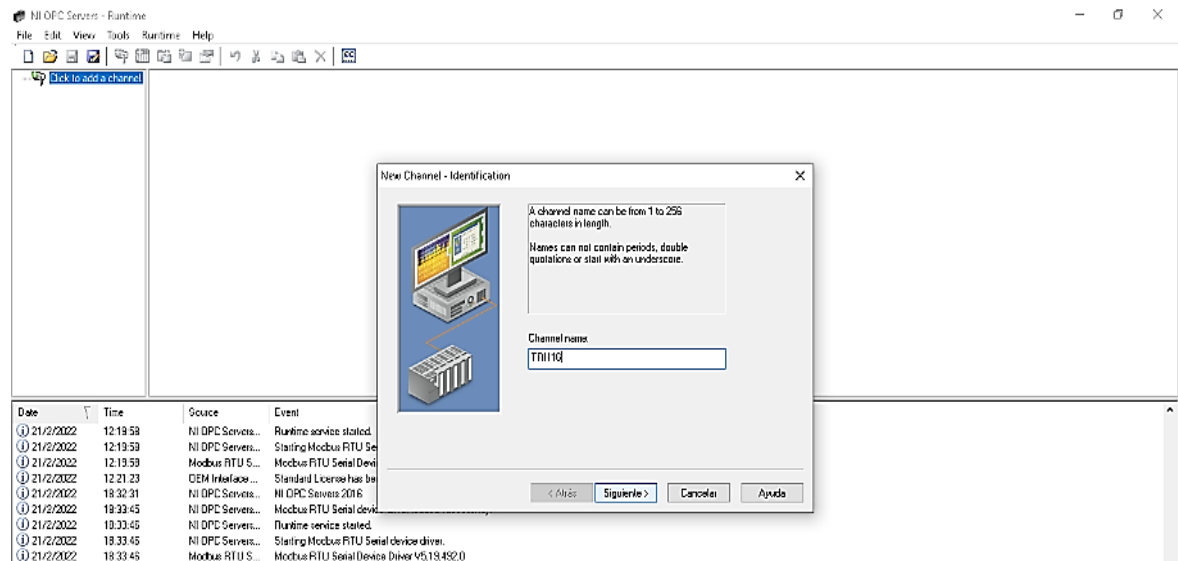
### 6. DIMENSIONES



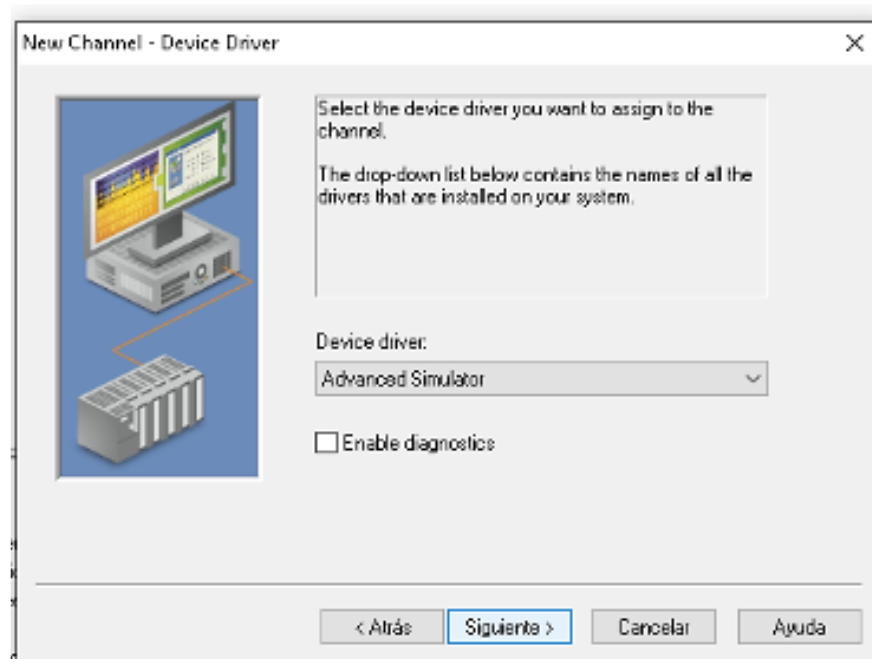
### 7. MANTENIMIENTO Y SERVICIO DE ASISTENCIA TÉCNICA

En caso de cualquier duda de funcionamiento o avería del equipo avisar al servicio de asistencia técnica de CIRCUTOR, SA:

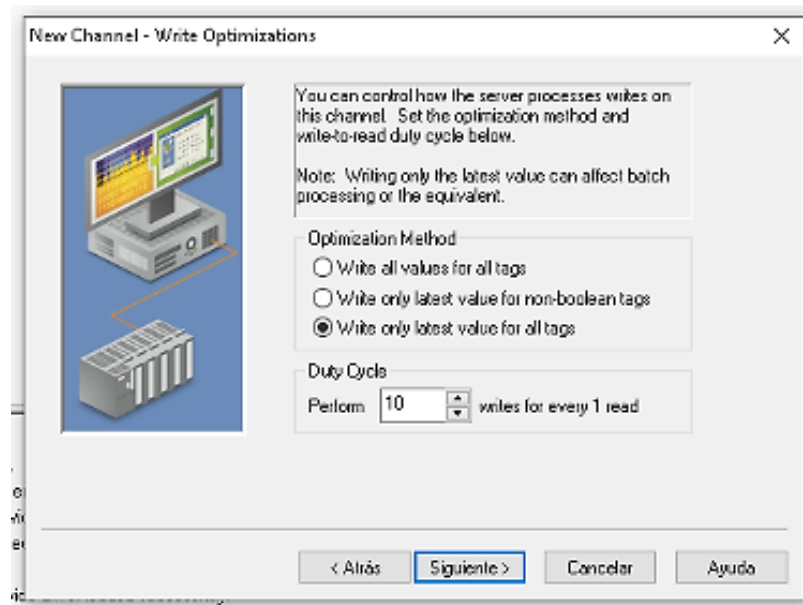
**CIRCUTOR, SA** - Servicio Asistencia Técnica  
Vial Sant Jordi, s/n - 08232 Viladecavalls (Barcelona) SPAIN  
Tel: 902 449 459 (España) - +34 93 745 29 00  
e-mail: sat@circutor.com



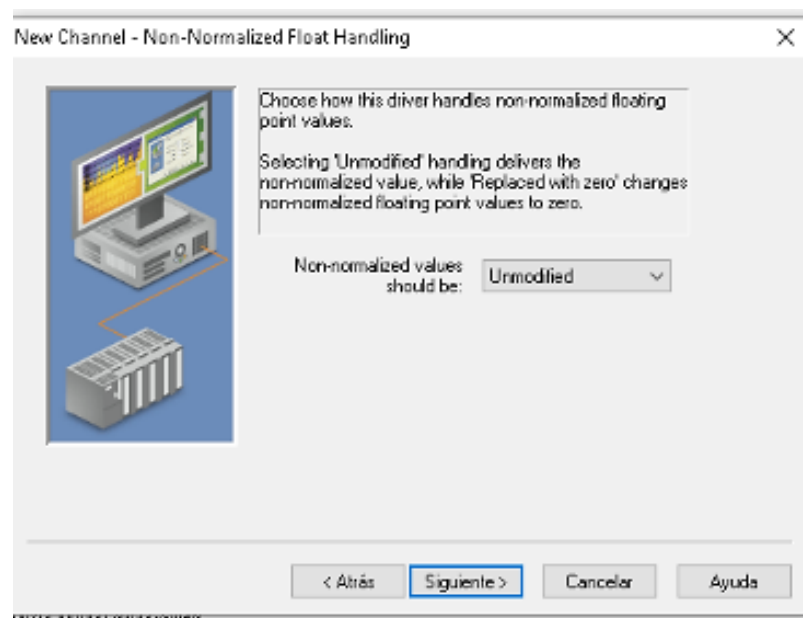
Ventana principal OPC



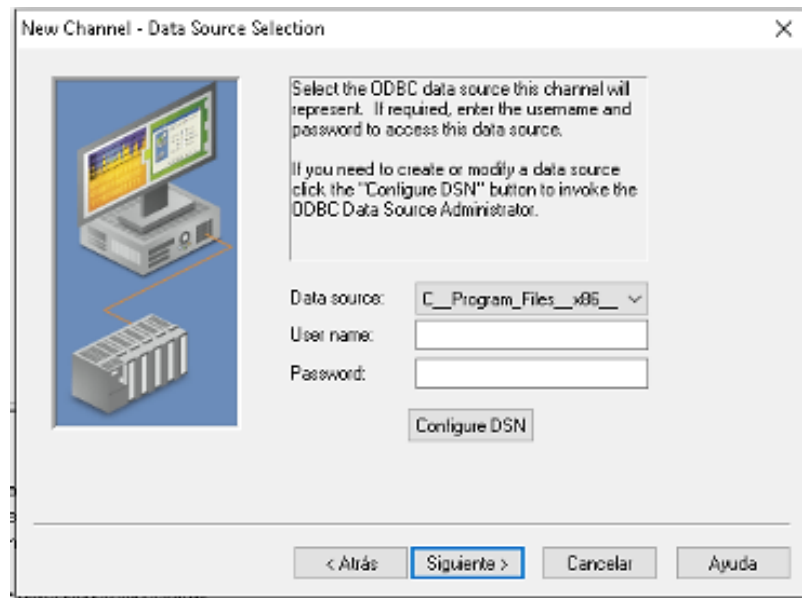
Ventana New Channel.



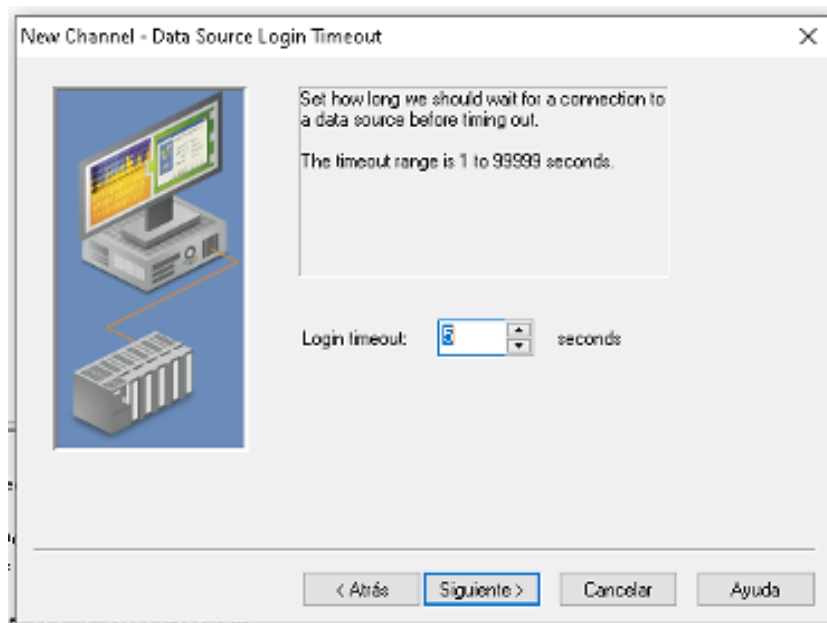
Ventana para configurar el nuevo canal de comunicación.



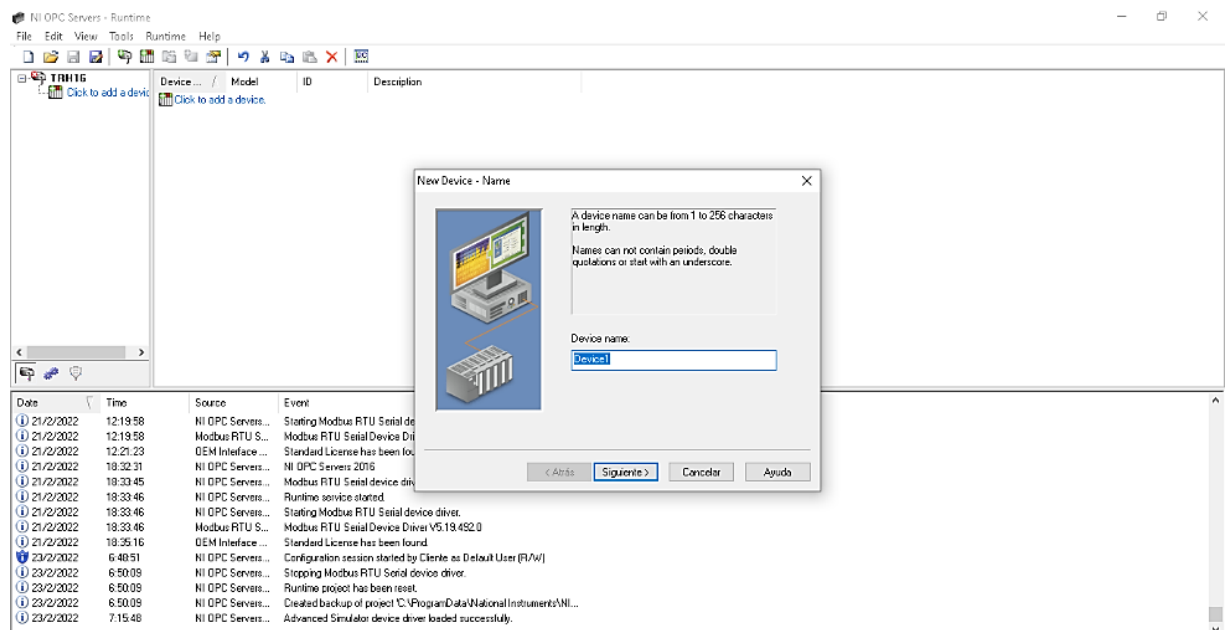
Ventana para configuración de los datos flotantes.



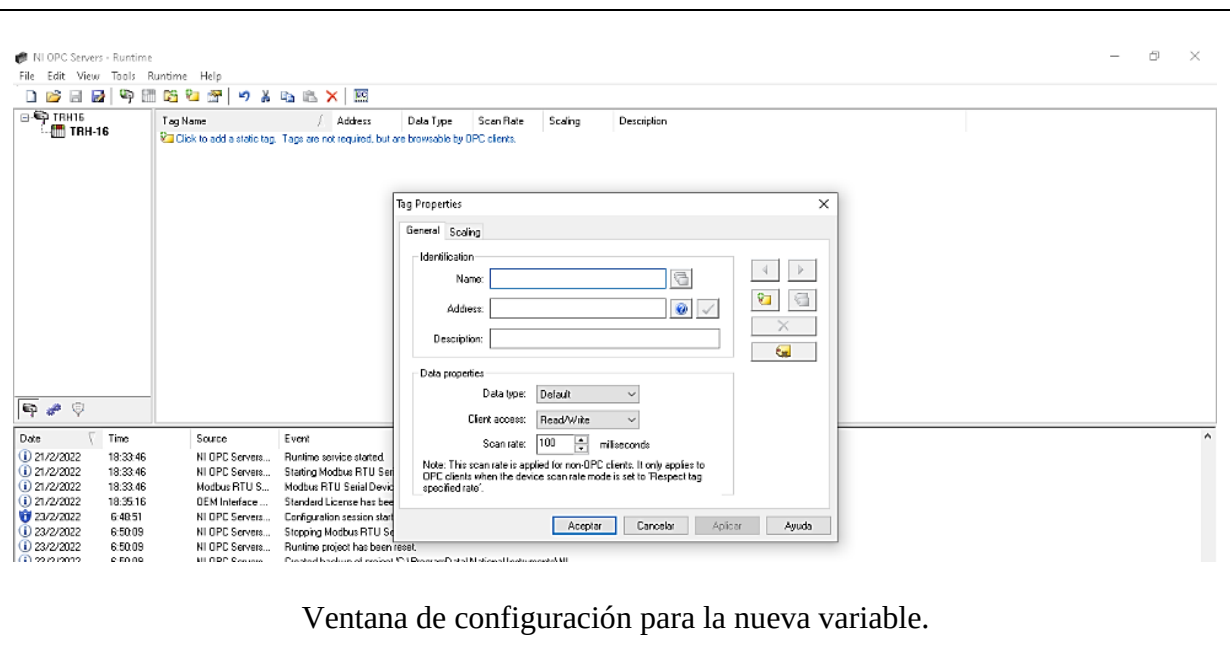
Ventana de selección de la fuente de datos.



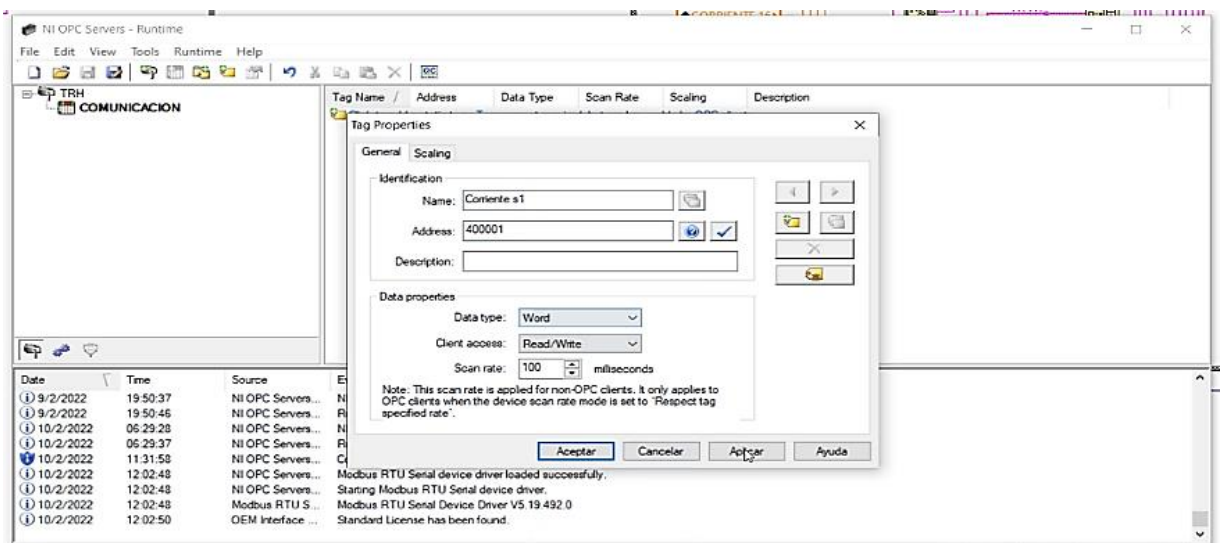
Configuración del tiempo de espera en segundos.



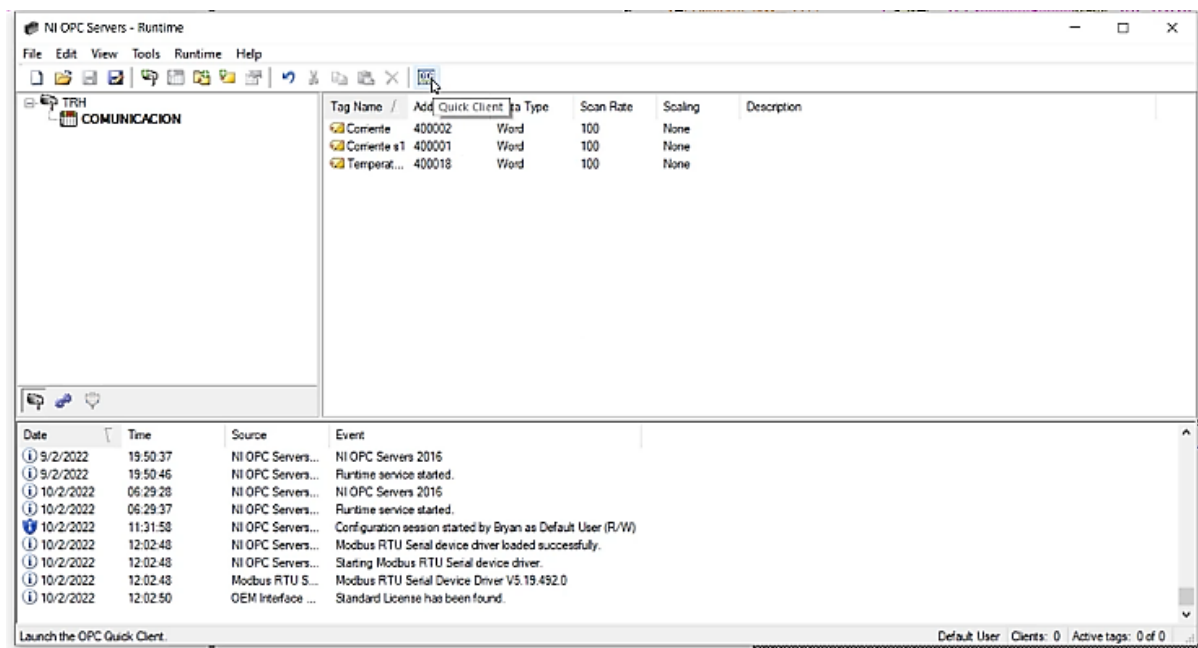
Creación del nuevo dispositivo.



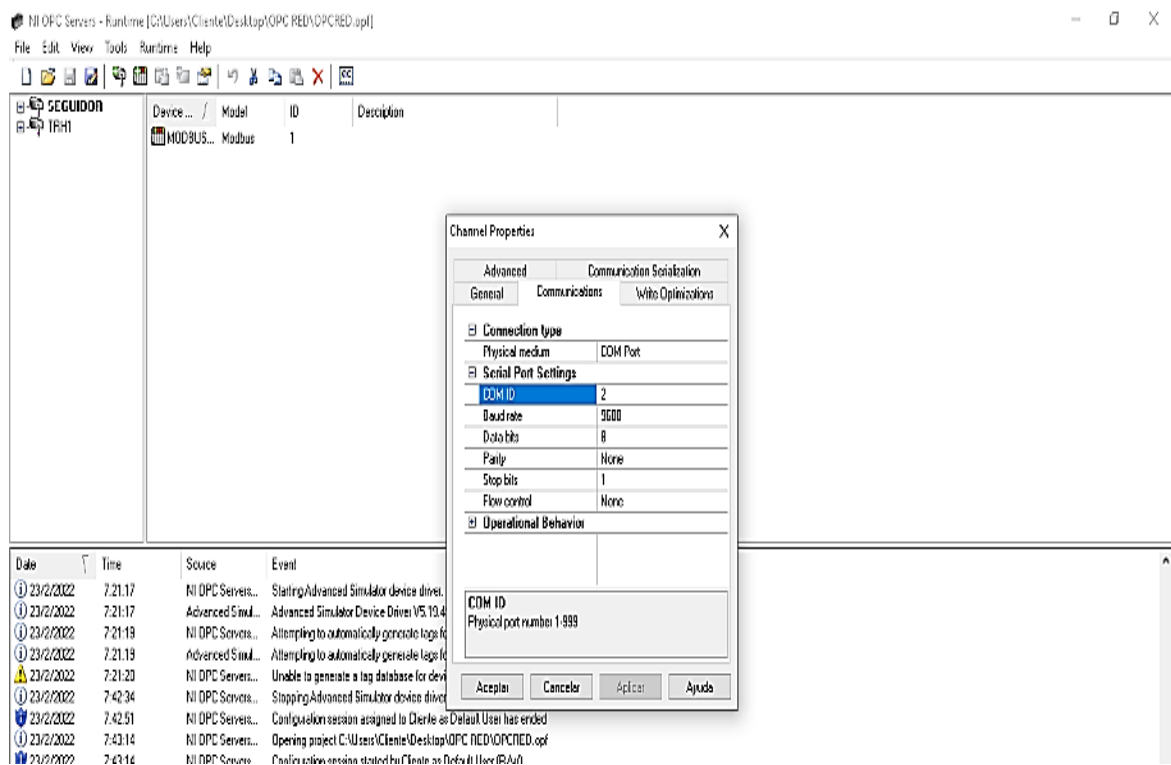
Ventana de configuración para la nueva variable.



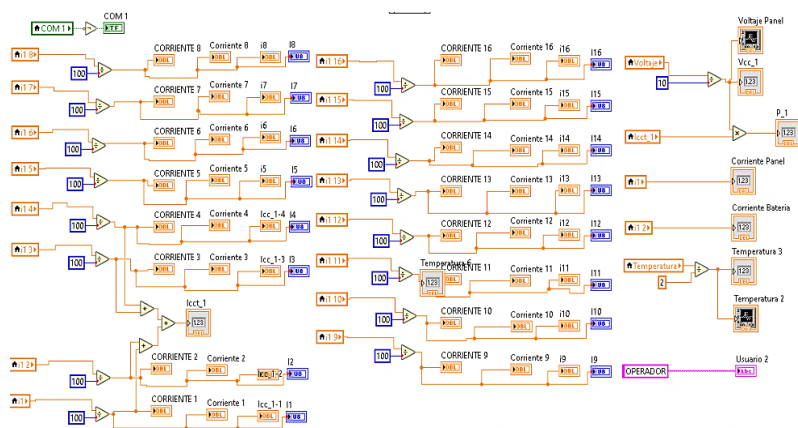
Configuración de la variable que se va a añadir.



Variables añadidas en el servidor OPC.



Ventana de configuración del puerto COM.



## Programación en lenguaje G.



