



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN
CONTROL Y REDES INDUSTRIALES

**“ESTUDIO COMPARATIVO DE LA EFICIENCIA DEL MEDIO
DE COMUNICACIÓN ALÁMBRICO E INALÁMBRICO DEL
PROTOCOLO MODBUS IMPLEMENTADO EN UN PROCESO
MODULAR”**

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del título de
INGENIERO EN ELECTRÓNICA CONTROL Y REDES
INDUSTRIALES

Presentado por:

Jessica Pamela Bedoya Meneses

Riobamba – Ecuador

2015

AGRADECIMIENTO

Mi gratitud eterna a Dios por concederme el don de la vida y en cada segundo se refleja su amor infinito que llena mi corazón de luz, esperanza y fe.

A nuestros padres y abuelitos, por los múltiples consejos, valores, amor, bendiciones y el apoyo incondicional recibido haciendo posible que continué con las metas planteadas.

A nuestros familiares y amigos, por marcar la diferencia tendiéndonos su ayuda, para continuar adelante con los objetivos establecidos.

A mi novio por estar conmigo apoyándome en cada momento, el interés que pone por mi bienestar y su amor que me brinda cada día.

A todos los Docentes que han aportado con sus conocimientos, experiencias, apoyándome para continuar lo largo de nuestra carrera.

DEDICATORIA

A Dios, autor de todas las cosas que cambiando, creando, dando sentido a la vida y fuerzas hace que continúe un día a la vez lleno de plenitud

A mis amados padres y abuelitos Sula, Enrique, Luz y Serbulo, por ser la guía en mi vida, aportando con su amor incondicional, su apoyo infinito para cumplir mis sueños, siendo las personas que han estado en todo momento iluminando mi camino.

A mis queridos hermanos Jairo, Jhonny, Adriana por estar pendiente, brindándome su cariño y ser partícipes de mi vida.

A mi amado novio Iván Lema, por ser mi inspiración, es la luz que ilumina mi vida con su alegría, su amor hace una razón más para seguir adelante cada día enfrentando las dificultades.

NOMBRE

FIRMA

FECHA

Ing. Gonzalo Samaniego
DECANO DE LA FACULTAD DE
INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA

Ing. Alberto Arellano
DIRECTOR DE LA ESCUELA DE
INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN
CONTROL Y REDES INDUSTRIALES

Ing. José Morales
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Jorge Paucar
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

DEPARTAMENTO DE
DOCUMENTACIÓN

NOTA DE LA TESIS

“Yo, Jessica Pamela Bedoya Meneses, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta tesis y el patrimonio intelectual de la misma pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO”

Jessica Pamela Bedoya Meneses

AUTOR

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

BD	Base de Datos
CIM	Computer Integrated Manufacturing
CRC	Control de Redundancia Cíclica
E/S	Entrada/Salida
EIA	Asociación de la Industria Electrónica
HMI	Interfaz Humano- Máquina
IEEE	Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos
ISO	International Standard Organization
I/O	Input/output
mA	Miliamperios
Mbps	Mega bits por segundos
NEMA	National Electrical Manufacturers Association
NI	National Instruments
OSI	Open System Interconnection
PLC	Controlador Lógico Programable
RF	Radio Frecuencia
RTU	Remote Terminl Unit
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition
TIA	Totally Integrated Automation

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO

DEDICATORIA

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO I

MARCO REFERENCIAL..... - 13 -

1.1. ANTECEDENTES - 13 -

1.2. JUSTIFICACIÓN - 14 -

1.3. OBJETIVOS..... - 15 -

1.3.1. *Objetivo general* - 15 -

1.3.2. *Objetivos específicos* - 15 -

1.4. HIPÓTESIS - 16 -

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO..... - 17 -

2.1. AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL - 17 -

2.2. CONTROL DE PROCESOS - 18 -

2.3. COMUNICACIONES INDUSTRIALES - 19 -

2.3.1. *Pirámide de CIM*..... - 19 -

2.3.2. *Modelo OSI (Open System Interconnection)* - 20 -

2.4. PLC (*PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER*) - 21 -

2.5.1. *Introducción* - 22 -

2.5.2. *Protocolos*..... - 22 -

2.6. ETHERNET INDUSTRIAL - 23 -

2.7. HMI (INTERFAZ HOMBRE-MÁQUINA) - 24 -

2.8. DCS (DISTRIBUTED CONTROL SYSTEM)..... - 24 -

2.9. SCADA (SUPERVISORY CONTROL AND DATA ACQUISITION)..... - 25 -

2.10. ACCESO REMOTO - 26 -

2.11. BASE DE DATOS - 26 -

NOTAS DEL CAPITULO II..... - 28 -

CAPÍTULO III

3. PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN MODBUS..... - 30 -

3.1. DEFINICIÓN - 30 -

3.2. MODBUS RTU..... - 32 -

3.3. COMUNICACIÓN MAESTRO – ESCLAVO - 33 -

3.4. MAPAS DE DIRECCIONES: - 34 -

3.5.	MEDIOS DE TRANSMISIÓN	- 35 -
3.5.1.	<i>Medios de transmisión alámbricas</i>	- 35 -
3.5.2.	<i>Medios de transmisión inalámbricos</i>	- 36 -
3.6.	FACTORES QUE INFLUYEN EN UN SISTEMA ALÁMBRICO E INALÁMBRICO	- 37 -
3.7.	WIRELESS MODBUS	- 39 -
3.8.	MODBUS ALÁMBRICA	- 40 -
CAPÍTULO IV		
4.	PROCESO DIDÁCTICO	- 43 -
4.1.	INTRODUCCIÓN	- 43 -
4.2.	VARIABLES DE ENTRADA Y SALIDA	- 44 -
4.3.	DESCRIPCIÓN DEL HMI	- 44 -
4.4.	DESCRIPCIÓN DE LA BASE DE DATOS	- 45 -
4.5.	INTERCONEXIÓN DE LOS ELEMENTOS	- 46 -
CAPÍTULO V		
5.	IMPLEMENTACIÓN	- 47 -
5.1.	INTRODUCCIÓN	- 47 -
5.2.	INTERCAMBIO DE INFORMACIÓN	- 48 -
5.3.	MEDIO FÍSICO DE TRANSMISIÓN	- 48 -
5.4.	ACCESO AL MEDIO	- 49 -
5.5.	TOPOLOGÍA	- 49 -
5.6.	PROCESO Y DISPOSITIVOS DE CAMPO	- 50 -
5.7.	SELECCIÓN DE DISPOSITIVOS	- 50 -
5.8.	DIRECCIONAMIENTO	- 56 -
5.9.	CONFIGURACIÓN DE LA TARJETA WIRELESS I/O	- 57 -
5.10.	CONFIGURACIÓN DE RADIO MODEM	- 59 -
5.11.	CONFIGURACIÓN DEL PLC TWIDO Y EL MÓDULO DE COMUNICACIÓN	- 61 -
5.12.	CONFIGURACIÓN Y ASIGNACIÓN DE LAS LIBRERÍAS MODBUS DE LABVIEW	- 64 -
5.12.1.	<i>CONFIGURACIÓN MODBUS INALÁMBRICA</i>	- 64 -
5.12.2.	<i>CONFIGURACIÓN MODBUS ALÁMBRICA</i>	- 66 -
5.13.	BASE DE DATOS	- 66 -
5.14.	PROGRAMACIÓN DEL HMI Y ASIGNACIÓN DE VARIABLES EN EL CONTROL	- 68 -
5.15.	IMPLEMENTACIÓN DEL TABLERO DE CONTROL DEL PROCESO MODULAR	- 72 -
CAPÍTULO VI		
	PRUEBAS Y RESULTADOS	- 75 -
CONCLUSIONES		
RECOMENDACIONES		
RESUMEN		
ABSTRACT		
GLOSARIO		
BIBLIOGRAFÍA		

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura II. 1. Pirámide de CIM	- 20 -
Figura II. 2. Capas del Modelo OSI	- 20 -
Figura III. 3. Modbus en el Modelo OSI.....	- 31 -
Figura III. 4. Trama del mensaje Modbus RTU	- 33 -
Figura III. 5. Espacio de Direccionamiento de Modbus.....	- 33 -
Figura III. 6. Estructura de los datos Modbus.....	- 34 -
Figura III. 7. Sistema de Control Distribuido para Protocolo Modbus	- 40 -
Figura IV. 8. Tableros de Control	- 46 -
Figura V. 9. Topología de comunicación	- 49 -
Figura V. 10. Tarjeta Wireless I/O.....	- 51 -
Figura V. 11. Módulo de expansión para tarjeta Wireless I/O	- 52 -
Figura V. 12. Radio Modem.....	- 53 -
Figura V. 13. PLC Twido de I/O discretas.....	- 54 -
Figura V. 14. Módulo de comunicación	- 54 -
Figura V. 15. Conversor RS-422/485 a USB	- 55 -
Figura II. 16. Conversor RS-232 a USB.....	- 55 -
Figura V. 17. Panel Principal de Zlinx Manager	- 58 -
Figura V. 18. Opciones del panel de Zlinx I/O.....	- 58 -
Figura V. 19. Parámetros de configuración Zlinx.....	- 59 -
Figura V. 20. Opciones de Panel “Radio Modem”	- 60 -
Figura V. 21. Parámetros de configuración de la Radio Modem.....	- 61 -
Figura V. 22. Partes principales para la configuración de la comunicación de Twido.	- 62 -
Figura V. 23. Ventana de configuración de la Red.....	- 62 -
Figura V. 24. Ventana de configuración de las Macros de comunicación.....	- 63 -
Figura V. 25. Programa principal para la activación de registros Modbus.....	- 63 -
Figura V. 26. Programa Principal para lectura y escritura de Modbus Inalámbrica	- 64 -
Figura V. 27. Bloque para inicializar la comunicación de Labview	- 65 -
Figura V. 28. Programa principal para lectura y escritura de los holdings registers	- 66 -
Figura V. 29. Base de datos relacional	- 67 -
Figura V. 30. Tablas principales de la base de datos en phpMyAdmin.....	- 67 -
Figura V. 31. Vista de relaciones de la tabla Secuencia	- 68 -
Figura V. 32. Diagrama de flujo del control de del proceso modular Parte 1	- 69 -
Figura V. 33. Diagrama de flujo del control de del proceso modular Parte 2	- 70 -
Figura V. 34. Diagrama de flujo del control de del proceso modular Parte 3	- 71 -
Figura V. 35. Panel Local (HMI).....	- 71 -
Figura V. 36. Diagrama de bloque para el control del proceso	- 72 -
Figura V. 37. Entradas y salidas del tablero.....	- 73 -
Figura V. 38. Acceso Remoto.....	- 74 -
Figura VI. 39. Comparación de los costos para implementación de la comunicación.....	- 81 -
Figura VI. 40. Comparación del rendimiento de la comunicación Modbus.	- 82 -

Figura VI. 41.	Gráfico de calificación para el Mantenimiento	- 85 -
Figura VI. 42.	Gráfico de valores de las variables	- 88 -
Figura VI. 43.	Monitoreo de paquetes en forma inalámbrica	- 88 -
Figura VI. 44.	Monitoreo de paquetes en forma alámbrico.....	- 89 -

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA V. I.	Hoja técnica de Tarjeta Wireless I/O y módulo de expansión.....	- 51 -
TABLA V. II.	Hoja técnica de Radio Modem Modbus.....	- 53 -
TABLA V. III.	Hoja técnica de PLC y módulo de comunicación	- 54 -
TABLA V. IV.	Hoja técnica de convertidores	- 55 -
TABLA V. V.	Direcciones de esclavos Modbus.....	- 56 -
TABLA V. VI.	Direcciones de registros Modbus del PLC Twido.....	- 56 -
TABLA V. VII.	Direcciones de registros Modbus de la tarjeta Wireless I/O.....	- 57 -
TABLA VI. VIII.	Tabla comparativa de las características generales de los buses industriales... -	76 -
TABLA VI. IX.	Tabla comparativa del cableado de los buses industriales.	- 77 -
TABLA VI. X.	Tabla comparativa de nodos de los buses industriales.....	- 78 -
TABLA VI. XI.	Tabla comparativa de mensajes de los buses industriales.....	- 78 -
TABLA VI. XII.	Costo de la comunicación Modbus Wireless.....	- 80 -
TABLA VI. XIII.	Costo de la comunicación Modbus RS-485	- 81 -
TABLA VI. XIV	Tabla comparativa de los Costó de la comunicación Modbus.	- 81 -
TABLA VI. XV.	Duración de las secuencias del proceso	- 82 -
TABLA VI. XVI.	Duración de las secuencias del proceso	- 83 -
TABLA VI. XVII.	Duración del tiempo de la implementación.....	- 83 -
TABLA VI. XVIII.	Resultados de la implementación	- 83 -
TABLA VI. XIX.	Tabla comparativa del tiempo y la confiabilidad en la comunicación.....	- 84 -
TABLA VI. XX.	Tabla de resultados confiabilidad en la comunicación	- 84 -
TABLA VI. XXI.	Tabla de ponderación	- 85 -
TABLA VI. XXII.	Tabla de calificación.....	- 85 -
TABLA VI. XXIII.	Tabla de ponderación	- 86 -
TABLA VI. XXIV.	Tabla de calificación de las variables.....	- 87 -
TABLA VI. XXV.	Paquetes perdidos.....	- 89 -

INTRODUCCIÓN

Hoy en día la comunicación en tiempo real y determinística es de muy alta importancia e interés en el ámbito de las aplicaciones industriales.

Las transmisiones de datos entre equipos electrónicos industriales sin cables se están aplicando cada vez más debido a los medios tecnológicos actuales, los cuales permiten hacer un diseño adecuado sin tener demasiada instrumentación costosa ni avanzados conocimientos sobre radio frecuencia.

En el campo industrial ya se está utilizando esta tecnología para controlar y obtener información de instalaciones remotas. Una computadora industrial o una Tablet, actúan como interfaz hombre-máquina y se pueden utilizar para cambiar la configuración del sistema de control desde cualquier lugar.

Debido a la necesidad de comunicar dispositivos de control de diversos fabricantes; cada vez existen más dispositivos con estándares industriales abiertos, desarrollados para los requerimientos especiales de la comunicación inalámbrica en el nivel de campo de la industria de procesos. Dichos dispositivos cumplen íntegramente todos los requisitos específicos de fiabilidad, seguridad, rentabilidad y facilidad de manejo.

CAPÍTULO I

MARCO REFERENCIAL

1.1. ANTECEDENTES

Desde algunos años la evolución de la automatización industrial y necesidad de transmitir datos con mayor velocidad, el aumento de la producción, la implementación de sistemas integrados de seguridad, entre otros, nace las redes industriales la cual permite transmitir y recibir grande cantidades de datos en tramas más pequeñas en tiempo real, con la integración de varios procesos. Al momento de automatizar un proceso se utiliza tradicionalmente en la transmisión y recepción de señales el cableado duro medio de transmisión de señales de 0-10V y 4-20 mA.

Entonces aparecen ciertas soluciones que permiten enviar información y señales de campo sin la necesidad de la utilización del cableado tradicional. También con la evolución aparecieron los buses de campo que permiten simplificar el cableado pero no eliminan por completo este medio de transmisión. Las comunicaciones inalámbricas brindan soluciones a cierto tipo de ambientes o condiciones que permite optar por otra posible alternativa para resolver una determinada dificultad.

1.2. JUSTIFICACIÓN

En la automatización, la investigación, domótica y en otros campos de aplicación; pueden darse según las condiciones de trabajo: lugares de difícil acceso, temperaturas extremas, presiones altas o bajas, gases tóxicos, ambientes extremos, largas distancias, topologías más complejas. Esto implicaría que en la toma de información los datos se puedan perder o el usuario podría sufrir algún accidente o incidente; lo que podría provocar la pérdida de datos significativos. Una de las grandes ventajas de un sistema de comunicación vía Wireless es la facilidad de operar los procesos de los diferentes campos de automatización desde cualquier punto dentro de la estación, y fuera de ella, a través de un acceso remoto, sin necesidad de estar físicamente presentes en campo.

Teniendo en cuenta que una red industrial consta de varios procesos enlazados entre sí pero en ciertas partes se puede brindar una alternativa de solución. Las señales de campo se puede adquirir directamente y enviarle vía Wireless sin la

necesidad de tener un controlador alado del proceso, esto implica la disminución de periféricos o controladores pudiendo disminuir costo ya que se lo puede controlar directamente desde un HMI.

También para disminuir costos de cableado podemos colocar instrumentos que trabajen con algún tipo de protocolo de campo para aumentar la velocidad de transmisión para tener un control más exacto del proceso que se encuentra en el campo.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo general

Estudiar y comparar la eficiencia del medio de comunicación alámbrico e inalámbrico del protocolo MODBUS implementado en un proceso modular.

1.3.2. Objetivos específicos

- Configurar los parámetros de comunicación vía Wireless a Modbus para que se pueda controlar y monitorear desde un HMI con el software propietario de las tarjetas Wireless.
- Establecer el enlace entre los registros Modbus de la tarjeta Wireless hasta el HMI para que exista una comunicación utilizando las librerías Modbus de Labview.
- Diseñar e implementar una Interfaz Hombre-Máquina para el control y monitoreo del proceso modular mediante el software Labview.

- Diseñar una base de datos para registro de eventos y variables de interés del proceso modular mediante software MySQL y una interfaz de visualización con Labview.
- Realizar un monitoreo del proceso modular a través de internet por medio de un acceso remoto para el uso de usuarios.
- Comparar y analizar el sistema de comunicación Wireless con un sistema alámbrico para alcanzar una transmisión óptima y segura mediante los distintos protocolos, velocidad, tramas, distancias, costos y equipos a utilizar.

1.4. HIPÓTESIS

El estudio comparativo permitirá conocer si es mejor la eficiencia de transmitir datos por MODBUS inalámbricamente vs alámbricamente mediante la utilización de un proceso modular.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL

En el campo de la producción la automatización ha pasado a ser una herramienta indispensable, para producir grandes cantidades dividiendo el trabajo en partes pequeñas y sencillas.

La automatización industrial es el uso de sistemas o elementos computarizados, electromecánicos, informática, sistemas de control para controlar y mejorar procesos, aumentando la rentabilidad, reduciendo en lo posible la intervención humana, reduciendo los riesgos que se puede generar debido a un trabajo monótono en un proceso.

Objetivos de la automatización industrial:

- Aumentar la calidad del producto.
- Reducir tiempos de producción.
- Realizar tareas complejas.
- Reducir los desperdicios.
- Seguridad.
- Mejorar la productividad.
- Mejorar las condiciones de trabajo.
- Mejorar la disponibilidad del producto.

2.2. CONTROL DE PROCESOS

El objetivo de todo proceso industrial será la obtención de un producto final con los estándares exigidos en el mercado, las propiedades del producto se permitirá a través de un control riguroso de las condiciones de operación.

El Control de procesos se refiere a como se controlan, manejan, regulan sus variables al automatizar, el acondicionamiento de las variables y parámetros observados, el procesamiento de esta información y su comparación con lo deseado y, posteriormente, la acción de corrección de los elementos terminales para conseguir lo deseado para:

- Reducir la variabilidad del producto final.
- Incrementar su eficiencia.
- Reducir el impacto ambiental.

- Mantener el proceso dentro de los límites de seguridad que corresponda.
- Optimización de la operación del proceso /utilización del equipo.
- Seguridad

2.3. COMUNICACIONES INDUSTRIALES

Las comunicaciones industriales son mecanismos de transmisión de información entre circuitos y sistemas electrónicos utilizados para llevar a cabo tareas de control y gestión de los productos industriales, el objetivo es el de proporcionar el intercambio de información (de control) entre dispositivos remotos. Este intercambio de información puede realizarse en base a distintas tecnologías:

2.3.1. Pirámide de CIM

Nivel de Campo (E/S): Es el nivel más cercano al proceso de campo, aquí están las máquinas, sensores, actuadores, entradas y salidas del proceso.

Nivel de Célula: Integra pequeños grupos de sistemas de control, aquí están los PLC, multiplexores de entradas y salidas, PIDs, buses de campo, controladores transmisores, etc.

Nivel de Proceso: Integra células o zonas de trabajo. Se utilizan redes LAN para comunicar a los PLCs de gama alta con los computadores dedicados al diseño, programación y control.

Nivel de Planta: Son estaciones de trabajo que planifican y controlan la producción.

Nivel de Gestión o Factoría: Integra los niveles inferiores en una estructura de empresa. Se utilizan redes LAN y WAN (1).

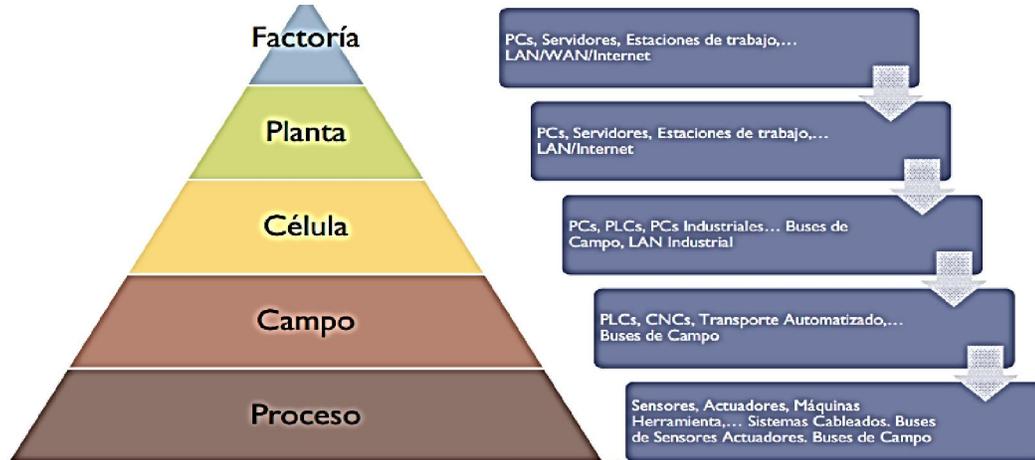


Figura II. 1. Pirámide de CIM
Fuente: <http://infopl.net/>

2.3.2. Modelo OSI (Open System Interconnection)

(OSI)(Modelo de interconexión de sistemas abiertos) es la propuesta que hizo la Organización Internacional para la Estandarización (ISO) para estandarizar la interconexión de sistemas abiertos, cuando se produce el intercambio de información entre equipos en un sistema de comunicaciones.



Figura II. 2. Capas del Modelo OSI
Fuente: Jessica P. Bedoya M. (Autora)

2.4. PLC (*Programmable Logic Controller*)

La National Electrical Manufacturers Association (NEMA) define al PLC (Controlador Lógico Programable) como un dispositivo electrónico digital que utiliza una memoria programable para almacenar instrucciones y para implementar funciones específicas tales como funciones lógicas, secuenciales, de temporización, de conteo y aritméticas para controlar máquinas y procesos a través de módulos de entrada/salida digitales (ON/OFF) o analógicos (1-5 VDC, 4 20 mA, etc.), varios tipos de máquinas o procesos **(2)**.

Los PLC son máquinas secuenciales que ejecutan sucesivamente las instrucciones indicadas, almacenado en su memoria generando señales de mando a partir de las señales de entrada leídas de la planta; al detectarse cambios en las señales, el controlador reacciona según el programa hasta obtener las órdenes de salida necesarias. La secuencia básica de operación del controlador se puede dividir en tres fases principales:

- Lectura de señales desde la interfaz de entradas.
- Procesado del programa para obtención de las señales de control.
- Escritura de señales en la interfaz de salidas.

Cada PLC tiene características diferentes para la comunicación entre dispositivos dependiendo del fabricante, lo cual hay que saber qué proceso se va a realizar,

velocidad, que no sea complejo la programación, entre otros, para escoger de forma adecuada.

2.5. REDES INDUSTRIALES

2.5.1. Introducción

Tradicionalmente el cableado de los equipos eléctricos se realizaba hilo a hilo, hasta unas décadas cubrían las necesidades analógicas, digitales pero la llegada de la automatización basada en redes de campo y la tecnología trajo una variedad de soluciones propietarias de comunicación en la industria, de allí surge la necesidad de intercomunicación en tiempo real, conectar distintos procesos, y soportar ambientes hostiles. La red industrial permite la integración e interoperabilidad de equipos de control y dispositivos de campos de diferentes fabricantes hacia el sistema de producción. Existen una amplia variedad de redes industriales con diferentes características y aplicaciones, algunos ejemplos que podemos mencionar son: Interbus, Profibus, CAN, CC Link, ControlNet, DeviceNet, SDS, Ethernet IP, Device/World FIP, LonWorks, Hart.

2.5.2. Protocolos

Un protocolo de comunicación establece un conjunto de reglas que permite la transferencia e intercambio de información entre distintos dispositivos que conforman una red integrando el trabajo en todos los niveles de la industria permitiendo optimizar, mejorar el rendimiento y la calidad de los procesos monitoreando en tiempo real.

Clasificación de las Redes Industriales: Dependiendo del tipo de dispositivo podemos hablar:

- Buses de campo: red para la automatización de procesos que se usa para interconectar células.
- Bus de control: Red para controladores y dispositivos que necesitan ser interconectados.
- Bus de dispositivos: Se utiliza para conectar bloques de E/S y dispositivos inteligentes.
- Bus de sensores: Estas redes se usan para la automatización conectando sensores y actuadores **(3)**.

2.6. ETHERNET INDUSTRIAL

Ethernet Industrial es similar a la Ethernet convencional, pero está rediseñada para ser utilizada en plantas tanto de procesos continuos como de manufactura, incorpora características de robustez, redundancia y durabilidad, confiabilidad que permiten a los diferentes dispositivos seguir conectados a pesar de las diversas condiciones que se trabajan en planta esto puede ser que los equipos sean de diferentes marcas

Ethernet Industrial permite a las empresas tomar datos de una línea de manufactura y utilizarlos en el software corporativo. Todos los dispositivos de entrada/salida pueden trabajar con la Web, con solo colocar una dirección IP en los sistemas, toda la información de diagnóstico sobre ellos estará disponible en

tiempo real para ser utilizada por los encargados de las tareas de diagnóstico, mantenimiento y monitorización remota.

2.7. HMI (INTERFAZ HOMBRE-MÁQUINA)

El HMI es un sistema que presenta datos a un operador y a través del cual este controla un determinado proceso permitiendo que el supervisor, o el operador del sistema de control interactúen con los procesos. Las funciones de un HMI son:

- **Monitoreo:** Obtener y mostrar datos de la planta en tiempo real.
- **Supervisión:** conjuntamente con el monitoreo permite ajustar las condiciones de trabajo del proceso directamente con la computadora.
- **Alarmas:** es la capacidad de reconocer y reportarlos eventos extraños dentro del proceso.
- **Control:** se aplica algoritmos que ajustan los valores del proceso y mantenerlos dentro de ciertos límites.
- **Históricos:** Es la capacidad de mostrar y almacenar en archivos, datos del proceso.

2.8. DCS (Distributed Control System)

Definición

Sistemas de control en que los elementos de control no están ubicados localmente, sino se distribuyen en todo el sistema con cada componente o sub-sistema controlado por uno o más controladores. Todos los componentes del sistema están conectados a través de redes de comunicación y monitoreo.

Se trata de un sistema abierto, que permite la integración con equipos de otros fabricantes que realicen funciones específicas, y hace la función de canalizador de todos los datos recogidos para a través de líneas de comunicación de alta velocidad, ponerlos a disposición de los usuarios de la planta **(4)**.

Arquitectura del sistema

El sistema de control distribuido está basado en los siguientes elementos:

- Bus de planta.
- Estación de operador.
- Estaciones de ingeniería.
- Otros nodos e interfaces.

2.9. SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition)

La adquisición de datos y supervisión de control es una aplicación software diseñadas con el objetivo de controlar y supervisar procesos a grandes distancias proporcionando comunicación con los dispositivos de campo y controlando el proceso en forma automática desde la pantalla del ordenador, este además proporciona información del proceso a los usuarios,

El control directo lo realizan los controladores autónomos digitales y/o autómatas programables y están conectados a un ordenador que realiza las funciones de diálogo con el operador, tratamiento de la información y control de la producción, utilizando el SCADA.

Funciones principales de un SCADA:

- **Adquisición de Datos:** para recopilar, procesar y almacenar la información recibida
- **Supervisión:** para observar desde un monitor la evolución de las variables de control.
- **Control:** para modificar la evolución del proceso, actuando sobre los reguladores autónomos básicos.

2.10. ACCESO REMOTO

Es acceder desde una computadora a un recurso ubicado físicamente en otro dispositivo, mediante una red para trabajar desde un lugar fuera de la empresa usando sus sistemas informáticos. En el acceso remoto se ven implicados protocolos para la comunicación entre máquinas, y aplicaciones en ambas computadoras que permitan recibir/enviar los datos necesarios. Además deben contar con un fuerte sistema de seguridad (tanto la red, como los protocolos y las aplicaciones).

2.11. BASE DE DATOS

Es una colección de datos referentes a una organización estructurada según un modelo de datos de forma que refleja las relaciones y restricciones existentes entre los objetos, y consigue independencia, integridad y seguridad de los datos

(5).

La principal ventaja de utilizar bases de datos es que múltiples usuarios pueden acceder, visualizar, ingresar o actualizar, en concordancia con los derechos de acceso que se les hayan otorgado.

Base de datos Local: puede utilizarla sólo un usuario en un equipo.

Base de datos distribuida: la información se almacena en equipos remotos y se puede acceder a ella a través de una red.

NOTAS DEL CAPITULO II

(1)

Villanueva Jesus. (s.f.). *Comunicaciones Industriales*. Obtenido de infoPLC:
http://www.infoplcn.net/files/documentacion/comunicaciones/infoPLC_net_Re des_Industriales.pdf

(2) Camacho Rosanic. (2008). *Controlador Lógico Programable*. Obtenido de
<http://biblioteca.unet.edu.ve/>:
http://biblioteca.unet.edu.ve/db/alexandr/db/bcunet/edocs/TEUNET/2008/pr egrado/Electronica/CamachoF_RosanicP/Capitulo2.pdf

(3) Castillo Paolo. (06 de Mayo de 2008). *LA ESTRUCTURA DE UN SISTEMA DE CONTROL DISTRIBUIDO*. Obtenido de slideshare:
http://www.slideshare.net/ptah_enki/sistemas-de-control-distribuidos

(4) Roa Alexa. (s.f.). *CONTROLADORES LOGICOS PROGRAMABLES*. Obtenido de academia.edu:
http://www.academia.edu/6727214/CAP%C3%8DTULO_2

(5) Universidad de Alicante. (s.f.). *Teoria de la Base de Datos*. Obtenido de si.ua.es: <http://si.ua.es/es/documentos/documentacion/office/access/teoria-de-bases-de-datos.pdf>

CAPÍTULO III

PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN MODBUS

3.1. DEFINICIÓN

Modbus es un protocolo de comunicación industrial no propietario, no requiere licencias, es flexible, con una red de comunicaciones maestro/esclavo(s), es decir el maestro origina el mensaje y es tratada de manera independiente la respuesta de tipo esclavo transfiriendo datos y/o información de manera que la red sea controlada y monitorizada por esta razón hay una mayor disponibilidad para la conexión de dispositivos como PLC, PAC, sensores, actuadores, etc. mediante comunicación serial convencional RS-232, RS-422, RS-485, o TCP que emplea

Ethernet como medio físico de transmisión, siendo un bus de campo básico en la jerarquía de las redes de planta. En el modelo OSI se puede identificar en tres capas: a nivel de capa física, enlace y aplicación.

La secuencia de caracteres se define como trama. La codificación de datos se puede realizar en modo ASCII o RTU en cualquiera de los dos casos cada mensaje es situado por el dispositivo que lo transmite para que pueda ser descifrado por el receptor, este monitoriza el intervalo de tiempo si detecta 3,5 al tiempo necesario el receptor ignora la trama, asumiendo que recibirá una dirección en el próximo carácter.

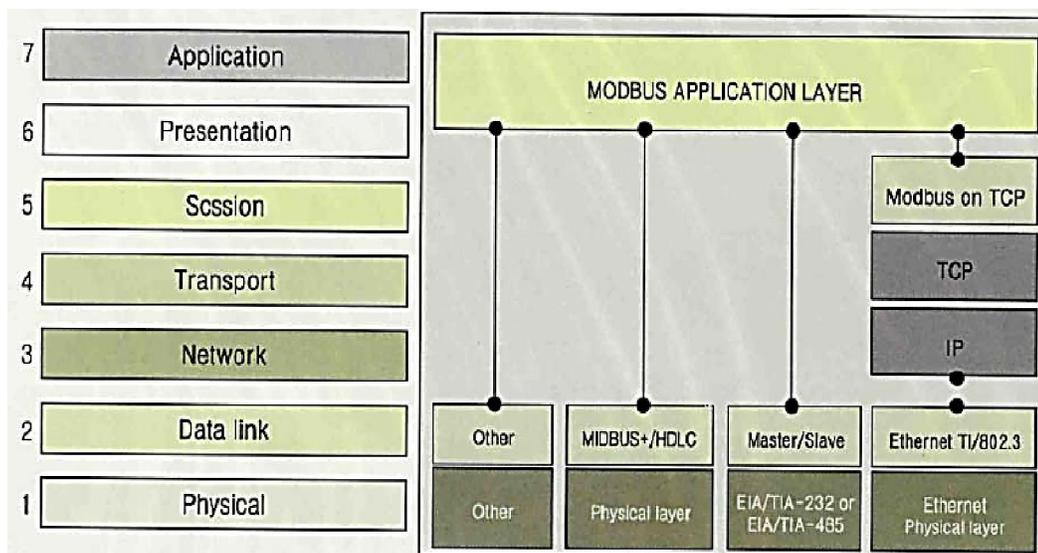


Figura III. 3. Modbus en el Modelo OSI

Fuente: http://jro.igp.gob.pe/teps/pdf/2009/ryaya_ProtocolosTX.pdf

Las características principales son:

- Desarrollado por MODICON
- La transmisión de información entre distintos dispositivos electrónicos conectados a un mismo bus.

- Existen dos formas de transmisión RTU y ASCII.
- A cada esclavo se le asigna una dirección fija y única en el rango del 1 a 247.
- La dirección 0 está reservada para mensajes de difusión sin respuesta.
- Cada dispositivo de la red Modbus posee una dirección única.
- Usa registros para la comunicación de datos

3.2. MODBUS RTU

Modbus RTU (Remote Terminal Unit): es uno de los modos de transmisión de Modbus más usadas, basado en una arquitectura maestro/esclavo o cliente servidor la comunicación entre dispositivos se realiza por medio de datos binarios abarcando una mayor densidad de caracteres permitiendo un procesamiento de datos con mayor rendimiento ya sea de manera unicast o broadcast, también usa un tiempo igual o mayor al necesario para transmitir 3,5 bytes mejorando la velocidad de transmisión, finalizando su trama con una suma de control de redundancia cíclica(CRC). Es importante el parámetro de comunicación Modbus llamada "Tiempo de espera", dependiendo de lo bien que la radio está comunicando, los paquetes pueden ser retrasados causando una cantidad innecesaria de reintentos y retransmite.

Para habilitar la comunicación con un dispositivo esclavo, el maestro debe enviar un mensaje o una consulta que contiene la dirección del dispositivo, código de función, datos, comprobar el error.

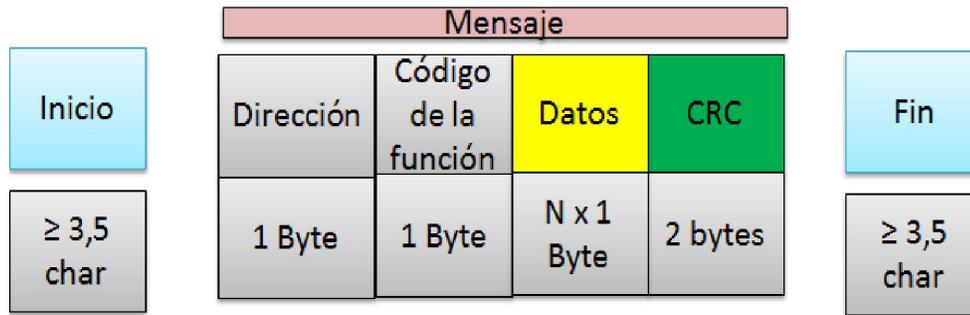


Figura III. 4. Trama del mensaje Modbus RTU
Fuente: Jessica P. Bedoya M. (Autora)

3.3. COMUNICACIÓN MAESTRO – ESCLAVO

En bus de campo hay un solo dispositivo maestro y varios equipos esclavos conectados. El maestro es un único dispositivo el que empieza la comunicación mientras que el esclavo puede ser de 1 hasta un máximo de 247 dispositivos en la misma red, que responden cada esclavo la petición, acción, dato solicitado debido a que tiene una dirección única, el maestro confirma los contenidos de los mensajes si son válidos mediante el campo de comprobación de registros (CRC) así la transmisión de información no está comprometida a ningún tipo de datos. En los esclavos se tiene esa limitación de hasta 247 porque la dirección se representa por un byte siendo en la trama Modbus el primer valor habiendo direcciones reservadas para otros fines.

Dirección de Broadcast	Direcciones de los esclavos individuales	Reservados
0	1 a 247	248 hasta 255

Figura III. 5. Espacio de Direccionamiento de Modbus
Fuente: Jessica P. Bedoya M. (Autora)

3.4. MAPAS DE DIRECCIONES:

Es un bloque de memoria usado para almacenar datos en el esclavo, soporta 4 tipos de datos que son:

- Las **Salidas digitales**, son físicas y discretas puede tomar el valor del bit 0 o 1, permite escribir.
- Las **Entradas digitales**, son físicas y discretas toman el valor del bit 0 o 1, permite escribir y leer.
- Las **Entradas analógicas**, son físicas analógicas funcionan con registros de 16 bits, permite escribir.
- Las **Salidas analógicas**, son físicas analógicas o registros interno funcionan con registros de 16 bits, permite escribir y leer.

Dependiendo del fabricante del dispositivo hay variaciones en la dirección de memoria, para conocer debemos consultar el manual de operación de las posiciones de memoria para que pueda comunicarse el maestro con el esclavo.

Tipo de Dato	Dirección de Memoria	Tipo de Acceso
Salidas digitales (Output Coils)	00001 -09999	Escritura
Entradas Digitales (Inputs Contact)	10001-19999	Escritura/Lectura
Entradas Analógicas (Inputs Registers)	30001 -39999	Escritura
Salidas Analógicas (Holding Registers)	40001-49999	Escritura/Lectura

Figura III. 6. Estructura de los datos Modbus

Fuente: Jessica P. Bedoya M. (Autora)

3.5. MEDIOS DE TRANSMISIÓN

Los medios de transmisión son importantes dentro de las comunicaciones de dispositivos, es el enlace de interconexión entre los diferentes equipos llevando los datos a través del medio de transmisión clasificándose en:

- Alámbricos o guiados
- Inalámbricas o no guiados.

3.5.1. Medios de transmisión alámbricas

En el medio físico se utiliza en la transmisión de información, la integración de varias tecnologías usando Modbus. Está constituido por un medio físico (cable) que se encarga de conectar la estación de trabajo con los otros dispositivos conduciendo las señales de un extremo a otro a otro.

- Par trenzado
- Coaxial
- Fibra óptica

Par trenzado: está constituido por dos conductores de cobre aislados, son cables trenzados por cada par, debido a que es una manera ideal de eliminar la interferencia electromagnética.

Coaxial: está constituido por dos conductores compartiendo un mismo eje, un hilo de cobre en la parte central rodeada por una malla metálica estas están separadas por una cubierta de plástico y finalmente tiene otra cubierta de plástico exterior, es mucho más robusto frente a interferencias y al ruido.

Fibra óptica: está constituido por un núcleo central flexible de vidrio, recubierto por una capa de vidrio con menor índice de refracción y está protegida con una cubierta, esta se basa en la utilización de ondas de luz para transmitir convirtiéndola señal eléctrica en haces lumínicos en el equipo transmisor mientras que en el receptor hace el proceso inverso. Tiene muchas ventajas en cuanto al ancho de banda, inmunes a interferencias electromagnéticas, mayor tolerancia a factores ambientales, etc.

Los factores que se puede considerar para la elección de este medio son los siguientes:

- El ambiente
- El dispositivo
- Aplicación
- Requerimientos
- Accesorios
- Costo/beneficio

3.5.2. Medios de transmisión inalámbricos

El medio de transmisión es el aire, mar o el vacío, es decir que las señales se propagan libremente no están confinadas a través del medio. En la transmisión, recepción se usa antenas y una fuente de energía encargándose de convertir los pulsos eléctricos en señales electromagnéticas enviándose al medio a través de la antena, en el otro punto hay otra antena que capta la señal transmitida.

La configuración para las transmisiones puede ser: direccional y omnidireccional

- Direccional: la señal que transmite se concentra en un haz de luz enviándose en una dirección particular para lo cual las antenas tanto del emisor y del receptor deben estar alineadas.
- Omnidireccional: la señal se transmite abiertamente en todas las direcciones del espacio, pudiendo ser recibida por varias antenas o la receptora que recibir en todos los sentidos.

Problemas que resuelve este medio:

- Comunicación a cualquier distancia.
- Comunicación de cualquier tipo digital y/o analógico.
- Comunicación con espacios de difícil acceso.

3.6. FACTORES QUE INFLUYEN EN UN SISTEMA ALÁMBRICO E INALÁMBRICO

La capacidad de transmisión del medio: Hay dos factores que influyen estos son la velocidad y el ruido.

- Velocidad de Transmisión: La velocidad de transmisión de Datos para la comparación de los mismos debe manejar preferentemente la misma, para su posterior comparación. Depende mucho de la distancia a qué velocidad se debe transmitir ya que a mayores distancias se reduce la velocidad de transmisión. Se expresa en bps o en baudios

- **Ruido:** En las comunicaciones el ruido afecta a las señales. Como se trabaja en un ambiente de pruebas se puede considerar como un ambiente casi ideal. Esta está relacionada con la tasa de errores que se produce en el medio.

Distancia de comunicación: La distancia máxima de comunicación depende mucho para la selección de dispositivos, ya que a mayores distancias conllevan a equipos más costosos para no se pierda la información, siendo una característica física del medio ya que hay una limitación física que imposibilita superar ciertos parámetros.

Tipo de entradas: De acuerdo al módulo que se utiliza va a depender la selección del tipo de tarjeta o controladores, debido a que deben tener las mismas características de funcionamiento o que soporte el tipo de entrada (voltaje, señales, amperajes, etc.). En este caso se seleccionó el de entradas discretas.

Tipo de Salidas: Para la selección de salidas depende del tipo de actuadores que se va a trabajar.

Tipo de Conversores: Los conversores se seleccionaron de acuerdo a la forma de comunicarse cada tarjeta o controlador hacia la PC. Se seleccionaron Conversor RS-485 a USB y el RS-232 a USB para obtener una comunicación adecuada.

Ambiente: El ambiente de trabajo determina el tipo de transmisión del medio que se va a realizar, calibres del cable, tipos de cable, potencia de la señal, distancias, línea de vista, espacio, etc.

Impedancia: Para la comunicación afecta mucho la impedancia ya que a ciertas distancias y cantidad de dispositivos la impedancia es mayor por lo que se tiene que escogerse otro tipo de transmisión o un cable de otras características.

Capacitancia: La capacitancia afecta a las señales que se transmiten se debe verificar muy bien el cable.

Confiabilidad: garantiza la operatividad del proceso que sea óptima asegurando confiar en cualquier medio de transmisión que se implemente Modbus.

Restricciones en el medio: Las condiciones en que se ha de evitar el medio.

Seguridad: Grado de dificultad con que se las señales transportadas puede ser intervenido.

3.7. WIRELESS MODBUS

Una red Modbus vía Wireless se puede configurar sin mayores dificultades sin embargo el enlace inalámbrico no remplazara todo el medio de transmisión alámbrica porque llegara un instante en que tenga que volver a transmitir por cable hacia un equipo, teniendo un gran campo de aplicación por las ventajas que ofrece como movilidad, reducción considerable del cableado, flexibilidad, costos, fácil su instalación.

Las señales I/O, se conecta directamente a los dispositivos para detectar y controlar señales transmitiendo los datos por radio, la estación de trabajo solo le interesa que los datos sean transmitidos y recibidos independientemente del medio de transmisión que use Modbus. Cuando un maestro Modbus hace una petición a un esclavo y los paquetes llegan a la transmisión de radio, encriptado antes de transmitir. La señal RF (Radio Frecuencia) recibe los paquetes por la tarjeta Wireless I/O "esclavo", decodificando con el fin de representar a un Modbus paquete válido.

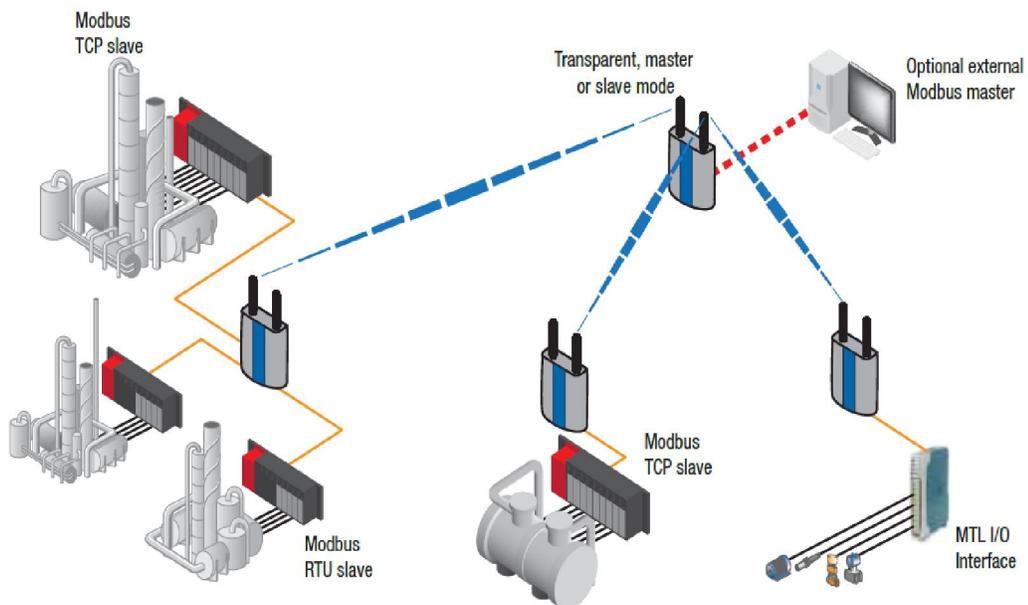


Figura III. 7. Sistema de Control Distribuido para Protocolo Modbus
Fuente: http://www.mtl-inst.com/images/uploads/datasheets/App_Notes/AN9033.pdf

3.8. MODBUS ALÁMBRICA

Modbus alámbrica es una interfaz de capa física (cable) que se comunica de manera punto a punto o multipunto generalmente con

protocolos seriales (el puerto serial envía y recibe bytes de información un bit a la vez) como RS- 232, RS- 485, y con trama Ethernet Modbus TCP, su uso se debe a que transmiten datos soportando distancias largas con un conversor de RS-485 a RS-232 , velocidades altas, y por el número de hilos que puede manejar, adquiere datos que se maneja en tiempo real importante para el mejoramiento del proceso. Se ha estandarizado por la Asociación de la Industria Electrónica (EIA) en normas EIA / TIA-422, EIA / TIA-232 y EIA / TIA-485.

RS-232 (EIA/TIA-232): la comunicación es de punto a punto entre el Equipo terminal de datos (ETD) y el Equipo de Comunicación de Datos (ECD), soporta velocidades hasta 19.200 bps, la longitud del cables es limitada no pasa 15 metros aunque en situaciones ideales pueden sobrepasan estos límites, en las características mecánicas el más usado es el DB9 desplazando casi por completo al DB25.

RS-485 (EIA/TIA-485): la comunicación es de multipunto permitiendo realizar diferentes configuraciones sin influir en las otras estaciones, se puede conectar de 10 a 32 estaciones con una distancia máxima en el cable de 1200 metros a una velocidad de 10 Mbps.

Comunicación RS-485 a dos hilos (half-duplex): el sistema puede recibir y transmitir información pero no al mismo tiempo.

Comunicación RS-485 a cuatro hilos (full-duplex): el sistema puede transmitir y recibir información simultáneamente, se puede tener varios transmisores y receptores cada uno maneja una dirección y su propia ruta.

CAPÍTULO IV

PROCESO DIDÁCTICO

4.1. INTRODUCCIÓN

En el proceso modular se puede realizar distintas practicas está formado por 4 cilindros, 4 válvulas de doble efecto tiene un panel de relés, dos motores en el cual podemos demostrar lo planteado en los objetivos.

Además hay dos tableros el uno conforma la radio modem, la tarjeta Wireless I/O, el módulo de expansión con sus respectivas borneras para la comunicación inalámbrica, mientras que en la parte inferior se encuentra el PLC el módulo de

comunicación con sus borneras conformando el medio alámbrico, en el segundo tablero se encuentra se encuentra la radio modem que va a recibir los datos.

4.2. VARIABLES DE ENTRADA Y SALIDA

El proceso modular está formado por una serie de elementos, cilindros, y válvulas de 3 vías, finales de carrera, entre otros dispositivos.

- **Cilindro:** actuador mecánico que sirve para transmitir un impulso lineal, de acuerdo a la longitud de su vástago.
- **Válvulas Neumáticas:** válvulas de vías neumática que son activadas a través de solenoides, para nuestro caso de 24VDC.
- **Final de carrera:** Dispositivo electromecánico, que mediante la acción o un toque recorre un resorte que permite que se cierre un contacto.
- **Relés de 24 VDC a 24 VDC:** Aparato electromecánico accionado por una bobina que permite aislar los circuitos.
- **Pulsadores y luces pilotos:** Dispositivos de maniobra que permite realizar en cedido, apagado, entre otras cosas, su señal es generalmente discreta.

4.3. DESCRIPCIÓN DEL HMI

Para el desarrollo del HMI se hizo en LabView 2011 que es un entorno de programación grafico para diseñar aplicaciones que involucran adquisición, control, instrumentación, monitoreo de datos en tiempo real.

Las ventanas que contiene el HMI son:

- Ingreso de usuario el de ingeniero que asigna los puertos de comunicación y el operador que manipula el proceso.
- Ingreso del puerto y el modo de comunicación, se cuenta con un indicador donde se ve puede apreciar cuando hay error de comunicación. Esta ventana está representada en las dos formas de transmisión.
- Asignación de la secuencia que se va a realizar, puede ser alámbrica, inalámbrica o las dos a la vez con el número de repeticiones y la seguridad correspondiente en el proceso.
- Una botón donde se abre una ventana para ver los registros.
- Visualización del estado del proceso como se está desarrollando con los indicadores respectivos. Esta ventana está representada en las dos formas de transmisión.

4.4. DESCRIPCIÓN DE LA BASE DE DATOS

La base de datos está desarrollado mediante MySQL, de phpMyAdmin. Su diseño tiene que ser flexible, administrable, configurable. La base de datos debe permitir en el conocer el tiempo de demora de una variable de medición como tiempo, y errores de comunicación, indispensable para conocer la rentabilidad y de confiabilidad. La base de datos tiene que leerse y escribir a través de Labview con sus respectivas características y flexibilidad para la integración de datos y administración del mismo, en el HMI tendrá que visualizarse, número de repeticiones, usuario. La base de datos tiene que tener relaciones con otras

tablas. Deben existir claves primarias. La base de datos no debe estar ligado al proceso. Labview debe realizar todo el almacenamiento y lectura.

4.5. INTERCONEXIÓN DE LOS ELEMENTOS

Para establecer la interconexión entre elementos debe existir conversores que provean un punto adecuado para la lectura, será USB. Para la conexión entre dispositivos alámbrica mente deberá ser 1 par 18 AWG, por las características técnicas de este cable. El PLC, y la radio Wireless I/O estarán protegida en un tablero para golpes. Los cables de control deberá ser mínimo cable flexible 16AWG. Los cables de alimentación deberá ser mínimo 14AWG. El tablero deberá doble fondo o plafón. Los plus para el modulo didáctico deberá ser de acuerdo al proceso modular. El tablero de grado de protección IP-10. Deberá conectarse la tarjeta Wireless i/O mediante relés ya que maneja otra referencia. La fuente tendrá que dimensionarse de acuerdo a los requintos de uso.

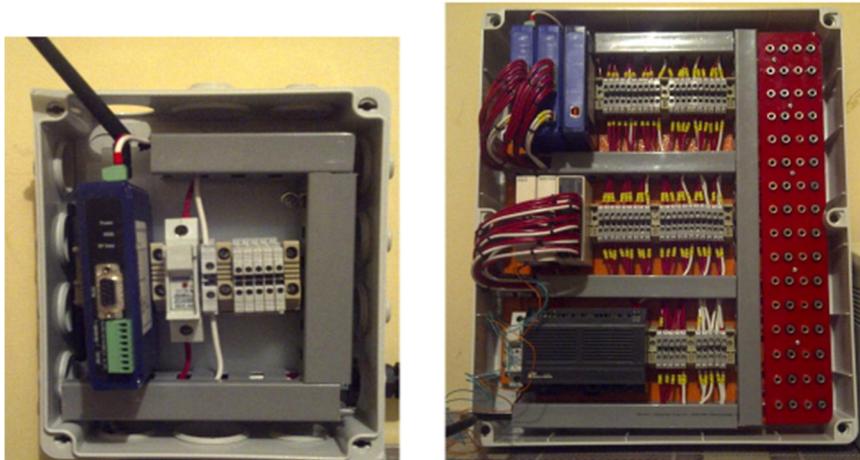


Figura IV. 8. Tableros de Control
Fuente: Jessica P. Bedoya M. (Autora)

CAPÍTULO V

IMPLEMENTACIÓN

5.1. INTRODUCCIÓN

Para el diseño de una red Modbus debe estar conformada por 4 partes:

- Maestro
- Medio de transmisión
- Esclavo
- Proceso

Para la implementación se considerará:

- Tipo de intercambio de información

- Medio Físico de transmisión
- Acceso al medio

5.2. INTERCAMBIO DE INFORMACIÓN

El tipo de información en él se empaquetará y decodificará la información será en Modbus RTU (Unidad Terminal Remota), ya que permite tener una mayor densidad de caracteres permitiendo mejorar el rendimiento con la misma velocidad de transmisión que en Modbus ASCII.

5.3. MEDIO FÍSICO DE TRANSMISIÓN

- MODBUS usando RS-485: protocolo serie maestro esclavo serie ubicado en el en el nivel 2. Su forma de transmisión es multipunto. En donde existirá un maestro transmitiendo y varios esclavos recibiendo. La comunicación estará establecida por 2 hilos de cobre trenzados, transmitiendo una señal diferencial. La distancia máxima es de 2 kilómetros.
- MODBUS usando RS-232: protocolo serie maestro esclavo serie ubicado en el nivel 2 del modelo OSI. Su forma de transmisión es puntual. En donde existirá un maestro enviando y un esclavo recibiendo. La comunicación puede estar establecida por 1 o 2 pares de hilos trenzados. Transmitiendo una señal diferencial. La distancia máxima es de 3 metros.
- Inalámbrica o Wireless: La comunicación de los dispositivos de campo se establecerá por medio de una tarjeta que será capaz de transmitir o recibir datos mediante una telemetría por radio (trabajan en la misma frecuencia y canal), mientras que las I/O serán asignadas mediante registros Modbus

RTU. En su otro extremo se tendrá que utilizar una radio que sirva como transmisor.

5.4. ACCESO AL MEDIO

En Modbus un maestro puede controlar varios esclavos. En nuestro caso utilizaremos un solo esclavo por cada tipo de comunicación. Los mensajes serán punto a punto; entonces el maestro enviara y recibirá un mensaje a la vez, igual que el esclavo.

5.5. TOPOLOGÍA

Con los parámetros antes mencionados daremos por hecho que utilizaremos una topología punto a punto, con cada esclavo, ya que se utilizara distintos medios de transmisión, no será necesario derivarse de una de la otra. El maestro será la PC portátil, y los esclavos serán la tarjeta I/O Inalámbrica, y el otro esclavo será e PLC Twido.

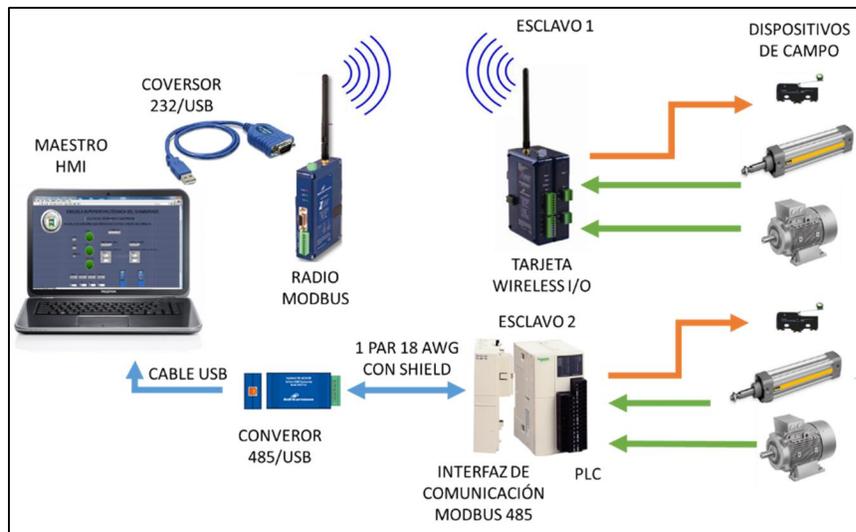


Figura V. 9. Topología de comunicación

Fuente: Jessica P. Bedoya M. (Autora)

5.6. PROCESO Y DISPOSITIVOS DE CAMPO

El proceso es modular formado por una estructura metálica y conformado por cilindros de doble efecto, válvulas de 5 vías, finales de carrera; adicional existen módulos de relés de 24VDC a 120VDC, relés de 24VDC a 24 VDC, temporizadores, pulsadores, luces, motores, entre otros.

El proceso está diseñado de tal forma que se pueda realizar prácticas de laboratorio de tal forma que se puedan realizar tranquilamente el cableado sin tener que atornillar o usar un desarmador.

Se utilizará este módulo y se lo hará compatible a las tarjetas y PLC de tal forma que sea de igual forma práctica. Se usara los cilindros y finales de carrera para demostrar secuencias en la programación.

5.7. SELECCIÓN DE DISPOSITIVOS

Para la selección de dispositivos se consideran varios factores:

- Distancia: la distancia que se pretende comprobar no es mayor a 20 [m].
- Tipo de conexión: Será punto a punto entre cada medio.
- Ambiente: Será para ambientes interiores, Grado de protección mínimo IP20
- Tipo de señal: Serán máximo 8 entradas digitales y 8 salidas digitales.
- Voltaje de operación: 24VDC para disminuir armónicos en el circuito
- Velocidad de transmisión: típica de 9600 baudios
- Accesorios: conversores de protocolo serial a USB.

TABLA V. I. Hoja técnica de Tarjeta Wireless I/O y módulo de expansión

 <p>Figura V. 10. Tarjeta Wireless I/O Fuente: http://www.bb-elec.com</p>	MODELO:	ZZ24D-NB-SR
	FRECUENCIA	2.4 GHz
	OPCIONES DE ENERGÍA DE RF	10Mw, 16Mw, 25Mw, 40Mw, 63Mw
	CONFIGURACIÓN DE ENERGÍA DE FÁBRICA:	63mW
	DISTANCIA MÁXIMA QUE PROPORCIONA LA ANTENA	Interior: 91 metros Exterior 1.6 Kilómetros con línea de vista
	LATENCIA (MODBUS) DE LA BASE:	Digital: 8ms Punto a punto: 15ms
	ENTRADAS DIGITALES:	Rango de Voltaje: 0 a 48VDC Bajo voltaje (0): 0.8 V máximo Alto voltaje (1): 0.4 V Pull up actual: 38 micro-amperios Frecuencia: DI Entradas por módulo seleccionable Software como contadores de frecuencia, rango de 0 a 5 KHz.
	SALIDAS DIGITALES	10 a 40 VDC (Sourcing) 0 a 48 VDC (Sinking) 40 mA por salida
	PROPIEDADES DE LA RADIO	Frecuencia: 2.4 GHz Potencia de salida: 100 Mw Sensibilidad del receptor: -102 dBm Antena: La antena incluida es una omnidireccional de 4,25 pulgadas con conector RPSMA.
	MÁXIMA TEMPERATURA	Temperatura de almacenamiento: -40 a 85°C. Humedad de funcionamiento: 0 a 95% sin condensación. Carcasa: de plástico IP30.

TABLA V.I. Hoja técnica de Tarjeta Wireless I/O y módulo de expansión “Continuación”

	<p>AMBIENTAL:</p>	<p>Montaje: riel DIN de 35mm Soporte: hasta 6 módulos de Expansión. Dimensiones: 2,9 x 9,3 x 12,7 cm</p>
	<p>APROBACIÓN DE AGENCIAS:</p>	<p>UL/Cul</p>
	<p>ENERGÍA (MÓDULO BASE):</p>	<p>Fuente: Se requiere una fuente de alimentación externa. Voltaje: 10 a 40 VDC, 24 VAC; Clase 2, (2.7ª máximo) Conexión: bloque de terminales extraíble, 3,81 mm de distancia.</p>
 <p>Figura V. 11. Módulo de expansión para tarjeta Wireless I/O Fuente: http://www.bb-elec.com/</p>	<p>MÓDULO DE EXPANSIÓN:</p>	<p>ZZ-4DI4DO-DCT</p>
	<p>ENERGÍA (MÓDULO DE EXPANSIÓN):</p>	<p>Fuente: Clase 2 Potencia Derivado de módulos base. Consumo: 8.1 W</p>
	<p>CARACTERÍSTICAS DE ENTRADAS Y SALIDAS:</p>	<p>Número de entradas: 4 Número de Salidas: 4 Tipo de entradas: Discretas Tipo de salidas: Discretas NOTA: tienen las mismas características de operación que las entradas y salidas de la Base</p>

Fuente: ZlinxIO Datasheet (<http://www.bb-elec.com>)

TABLA V. II. Hoja técnica de Radio Modem Modbus

MODELO:	ZZ24D-250RM-SR
PROPIEDADES:	Estándar: IEEE 802.15.4 Rango: 91 metros (Interno); 1.6 km (Externo). Frecuencia: 2.4GHz Potencia de transmisión: 100mW
ANTENA	Tipo: Omnidireccional Potencia: 2.1dBi
PROPIEDADES SERIALES	Baudios: 1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400, 57600, 115200. Data Bit: 8 solamente Paridad: ninguno Stop bit: 1 solamente RS-232: DB9F DCE o Bloque de terminales (TX, RX, GND) RS-422: Terminal Block, 2 o 4 hilos. RS-485: Terminal Block, 2 o 4 hilos.
POTENCIA:	Fuente de alimentación: 10 a 48VDC, 18 a 30VAC. Potencia de consumo: 2 W máximo.
AMBIENTE:	Temperatura de operación: -40 a 85°C Humedad de operación: 10 a 90% no condensado
ENVOLVENTE:	Rating: IP30 Montaje: Riel DIN de 35mm
CERTIFICACIONES:	FCC Part 15 Clase B CE EN61000-6-1 UL, Cul



Figura V. 12.
Radio Modem
Fuente:
<http://www.bb-elec.com/>

Fuente: ZP24D-250RM-SR Datasheet (<http://www.bb-elec.com>)

TABLA V. III. Hoja técnica de PLC y módulo de comunicación

 <p>Figura V. 13. PLC Twido de I/O discretas Fuente: http://www.opsecat.schneider-electric.com</p>	MODELO:	TWIDO TWDLMDA20DRT
	TIPO:	Base Modular
	NÚMERO DE I/O DISCRETAS	20
	ENTRADAS DISCRETAS	Número: 12 Voltaje de entrada: 24VDC Límites de Voltaje: 20.4 – 26.4 V Corriente: 5Ma I0.0 a I0.1; 7Ma I0.2 a I0.5; 5Ma I0.6 a I0.7; 7Ma I0.8 a I0.11
	SALIDAS DICRETAS:	Número: 2 tipo transistor; 6 tipo relé. Voltaje: 24VDC. Límites de Voltaje: 20.4 a 28.8 VDC Corriente por canal: 0.36A salida por transmisor; 2A salida por relé. Corriente por salida común: 1ª salida por transmisor; 8ª salida por relé.
	VOLTAJE DE ALIMENTACIÓN	20.4 a 26.4 VDC
	POTENCIA DE CONSUMO	<= 19W + 4 módulos de expansión
	MEMORIA DE PROGRAMA	3000 instrucciones 6000 instrucciones con 64K por cartucho de memoria.
	AMBIENTE	Temperatura de operación: 0 a 55°C Humedad Relativa: 30 a 95% sin condensación. Grado de protección: IP20
	CERTIFICACIONES	CSA UL
	 <p>Figura V. 14. Módulo de comunicación Fuente: http://www.opsecat.schneider-electric.com</p>	MODULO DE EXPANSIÓN
TIPO DE COMUNICACIÓN		Modbus 485 de 2 hilos
TERMINALES		A+, B+, SHIELD

Fuente: Twido TWDLMDA20DRT Datasheet (<http://www.opsecat.schneider-electric.com>)

TABLA V. IV. Hoja técnica de conversores

 <p>Figura V. 15. Conversor RS-422/485 a USB Fuente: http://www.bb-elec.com</p>	MODELO:	ISOLATED RS-422/485 INLINE USB CONVETER
	TECNOLOGÍA SERIAL	RS-422/485 4 HILOS: TDA(-), RDA(-), TDB(+), RDB(-), GND RS-485 2 HILOS: DATA A(-), DATA B(+), GND Conector: bloque de terminales Data rate: 460.8 Kbps Aislamiento: 2kV RMS Bus Industrial: Modbus ASCII/RTU
	TENCOLOGÍA USB:	Compatibilidad: 1.1 y 2.0 Velocidad: 1.5, 12 Mbps Sistema de operación: Windows XP, Vista, 7, 8, Server 2003 & 2008.
	ALIMENTACIÓN	USB, Dispositivo de baja potencia (Consumo <100mA)
	CARCAZA	IP30 De plástico.
	AMBIENTE	Temperatura de operación: 0 a 70°C Humedad de operación: 0 a 95% sin condensación.
	CERTIFICACIÓN	CE
 <p>Figura II. 16. Conversor RS-232 a USB Fuente: http://www.electromundo.com</p>	MODELO	USB High Speed Serial Converter
	TECNOLOGÍA SERIAL	RS-232 Conector DB9
	TECNOLOGÍA USB	Compatibilidad con USB 1.1
CARACTERÍSTICAS	Velocidad de transferencia de datos a través de 1Mbps Apoyo a la reactivación remota y administración de energía.	

Fuente: ISOLATED RS-422/485 INLINE USB CONVETER Datasheet (<http://www.bb-elec.com>)

5.8. DIRECCIONAMIENTO

Las direcciones de los esclavos estarán configuradas de las siguientes formas con sus respectivas salidas en cada módulo o PLC.

TABLA V. V. Direcciones de esclavos Modbus

ITEM	DESCRIPCIÓN	COMUNICACIÓN	DIRECCIÓN
1	TARJETA WIRELESS I/O	INALÁMBRICA	4
2	PLC TWIDO	ALÁMBRICA	7

Fuente: Jessica P. Bedoya M. (Autora)

TABLA V. VI. Direcciones de registros Modbus del PLC Twido

ITEM	DESCRIPCIÓN	TIPO I/O	SALIDA FÍSICA	REGISTRO MODBUS
1	Final de carrera A0	DI	I0.0	40010
2	Final de carrera A1	DI	I0.1	40011
3	Final de carrera B0	DI	I0.2	40012
4	Final de carrera B1	DI	I0.3	40013
5	Botón Start	DI	I0.4	40014
6	Botón Stop	DI	I0.5	40015
7	Botón Emergencia	DI	I0.6	40016
8	Hold	DI	I0.7	40017
9	Cilindro A afuera	DO	Q0.0	40020
10	Cilindro A adentro	DO	Q0.1	40021
11	Cilindro B afuera	DO	Q0.2	40022
12	Cilindro B adentro	DO	Q0.3	40023
13	Luz piloto Verde	DO	Q0.4	40024
14	Luz piloto roja	DO	Q0.5	40025
15	Luz piloto amarilla	DO	Q0.6	40026
16	Motor	DO	Q0.7	40027

Fuente: Jessica P. Bedoya M. (Autora)

TABLA V. VII. Direcciones de registros Modbus de la tarjeta Wireless I/O

ITEM	DESCRIPCIÓN	TIPO I/O	SALIDA FÍSICA	REGISTRO MODBUS
1	Final de carrera A0	DI	DI1 (Base)	10001
2	Final de carrera A1	DI	DI2 (Base)	10002
3	Final de carrera B0	DI	DI3 (Base)	10003
4	Final de carrera B1	DI	DI4 (Base)	10004
5	Botón Start	DI	DI1 (Expansión)	10017
6	Botón Stop	DI	DI2 (Expansión)	10018
7	Botón Emergencia	DI	DI3 (Expansión)	10019
8	Hold	DI	DI4 (Expansión)	10020
9	Cilindro A afuera	DO	DO1 (Base)	00001
10	Cilindro A adentro	DO	DO2 (Base)	00002
11	Cilindro B afuera	DO	DO3 (Base)	00003
12	Cilindro B adentro	DO	DO4 (Base)	00004
13	Luz piloto Verde	DO	DO1 (Expansión)	00017
14	Luz piloto roja	DO	DO2 (Expansión)	00018
15	Luz piloto amarilla	DO	DO3 (Expansión)	00019
16	Motor	DO	DO4 (Expansión)	00020

Fuente: Jessica P. Bedoya M. (Autora)

5.9. CONFIGURACIÓN DE LA TARJETA WIRELESS I/O

Para la configuración de la tarjeta Wireless utilizaremos el propio software “**ZLINX MANAGER**”. Debemos conectar la base con el módulo de expansión y el módulo de programación para poder realizar la configuración y direccionamiento de la tarjeta Base. La tarjeta base debe estar alimentada a 24VDC.

- Instalamos el programa “Zlinx Manager”
- Ejecutamos como administrador
- Clic en “Zlinx I/O”



Figura V. 17. Panel Principal de Zlinx Manager
Fuente: Jessica P. Bedoya M. (Autora)

Seleccionar “Zlinx I/O Configuration”



Figura V. 18. Opciones del panel de Zlinx I/O
Fuente: Jessica P. Bedoya M. (Autora)

Configuración de los parámetros según las necesidades de comunicación.

Wireless:

- **Transmit Power:** +10 dBm (10mW), de acuerdo a la distancia que vaya estar la radio y la tarjeta Wireless.

- **Channel Number:** Número de canal, colocar el que este libre (rango de 0C-17).
- **Network Identifier:** Número de identificación, colocar el que este libre (rango de 00 a FF).

Communication Mode: Seleccionar “Modbus”

Address: Dirección del esclavo Modbus.

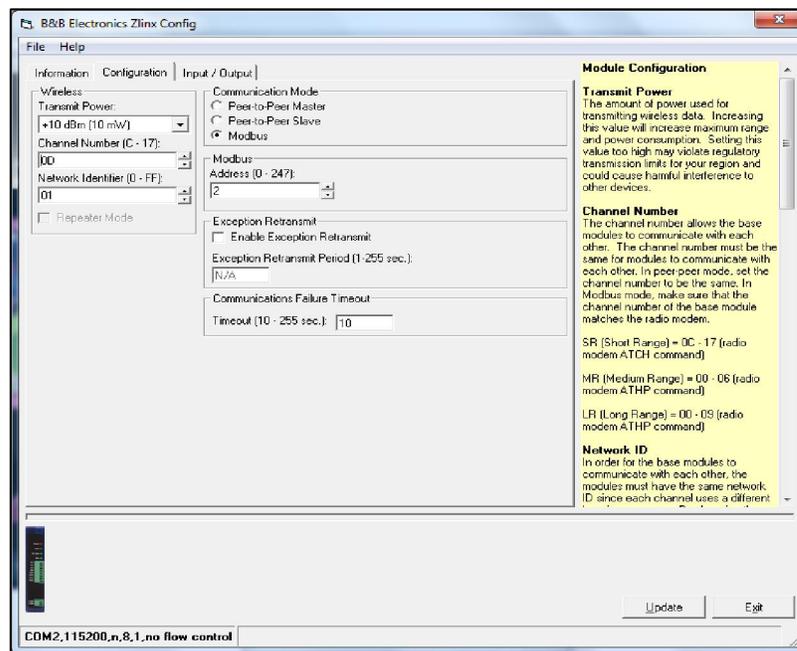


Figura V. 19. Parámetros de configuración Zlinx.

Fuente: Jessica P. Bedoya M. (Autora)

Seleccionar “Update”.

5.10. CONFIGURACIÓN DE RADIO MODEM

Para configurar la radio modem podemos ocupar tanto el puerto RS-232 como el RS-485. Al ocupar estos puertos podemos utilizar un conversor tranquilamente (considerar el puerto COM utilizado).

- Instalamos el programa “Zlinx Manager”
- Ejecutamos como administrador
- Seleccionamos “Radio Modem” (Ver Figura V.9.)

Click en “Radio Modem Configuration”



Figura V. 20. Opciones de Panel “Radio Modem”

Fuente: Jessica P. Bedoya. M. (Autora)

La configuración de los parámetros de comunicación, tiene que tener las mismas configuraciones que la tarjeta Wireless I/O.

Channel Number: Colocar el número de canal.

Network Identifier: Dirección de la red.

Destination Address: Dirección Modbus del Esclavo.

Baud Rate: Velocidad de transmisión, para nuestro caso 9600 baudios.

Click en “Update”

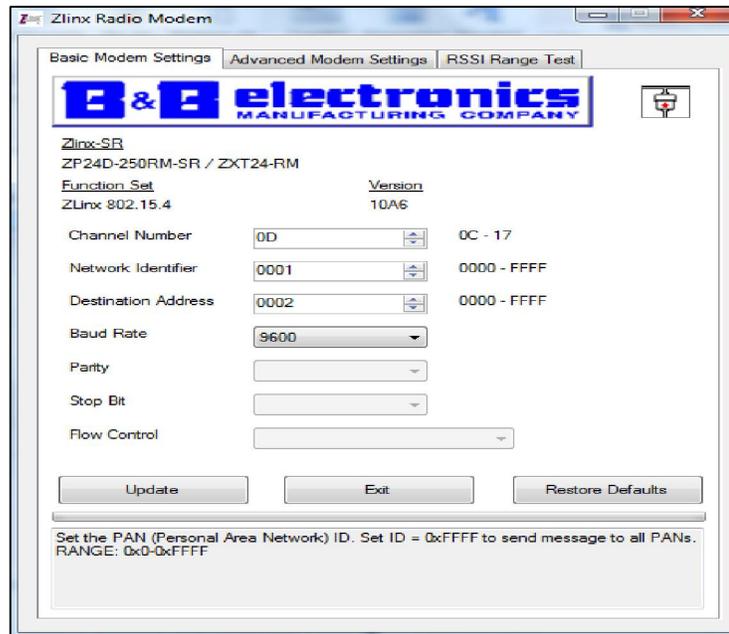


Figura V. 21. Parámetros de configuración de la Radio Modem
Fuente: Jessica P. Bedoya M. (Autora)

5.11. CONFIGURACIÓN DEL PLC TWIDO Y EL MÓDULO DE COMUNICACIÓN

Para la configuración del PLC Twido se utilizara el programa “Twido Suite” que se puede descargar en la propia página de Schneider.

- Ejecutar como administrador “Twido Suite”
- Crear un nuevo programa
- En “Describir” seleccionar el PLC que se está ocupando e insertar.
- Insertar el módulo de comunicación TWDNOZ485T
- Insertar un “Elemento genérico Modbus”
- En el puerto TWDNOZ485T colocar una dirección Modbus.
- En el elemento genérico Modbus colocar o seleccionar como maestro.

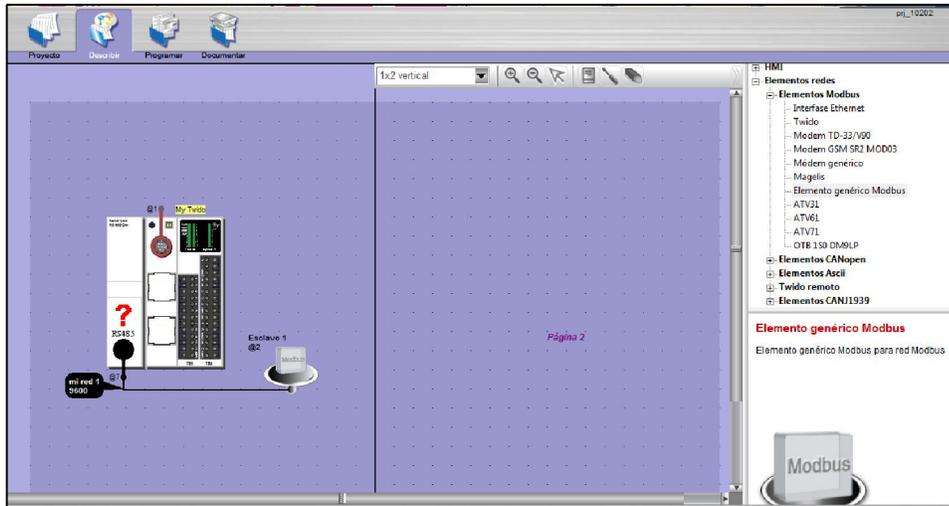


Figura V. 22. Partes principales para la configuración de la comunicación de Twido.
Fuente: Jessica P. Bedoya M. (Autora)

Configurar la red con los parámetros de comunicación que se va a establecer.

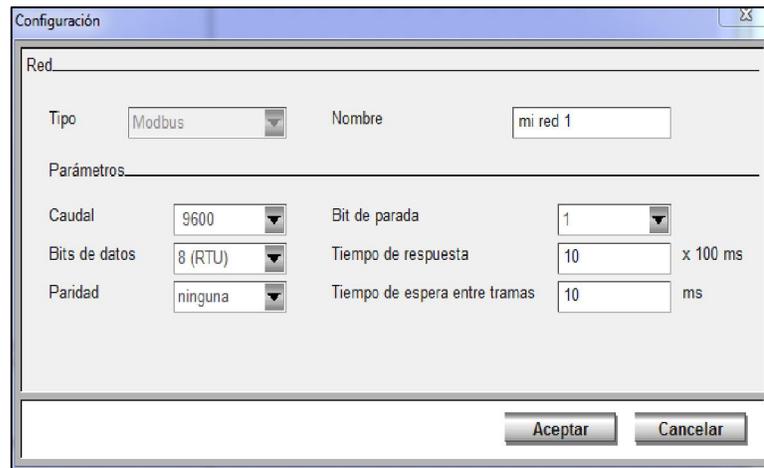


Figura V. 23. Ventana de configuración de la Red
Fuente: Jessica P. Bedoya M. (La autora)

Configurar las macros de comunicación, para realizar la comunicación Modbus. Primeramente seleccionamos “Programar”, “Configurar”, “Configurar los datos”, “Objetos avanzados”, “Macros Com”.

- Seleccionar las macros que se desea activar: “C_RD1W; C_WR1W”.

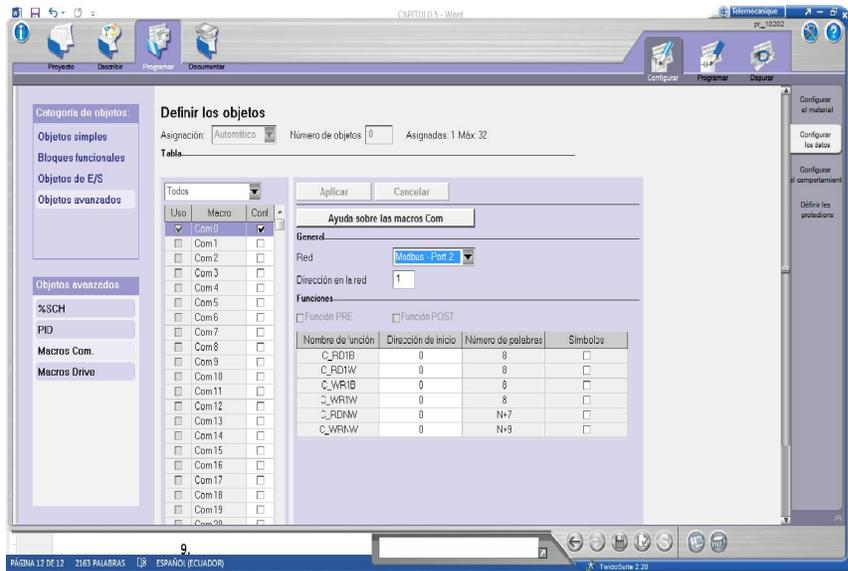


Figura V. 24. Ventana de configuración de las Macros de comunicación
Fuente: Jessica P. Bedoya M. (Autora)

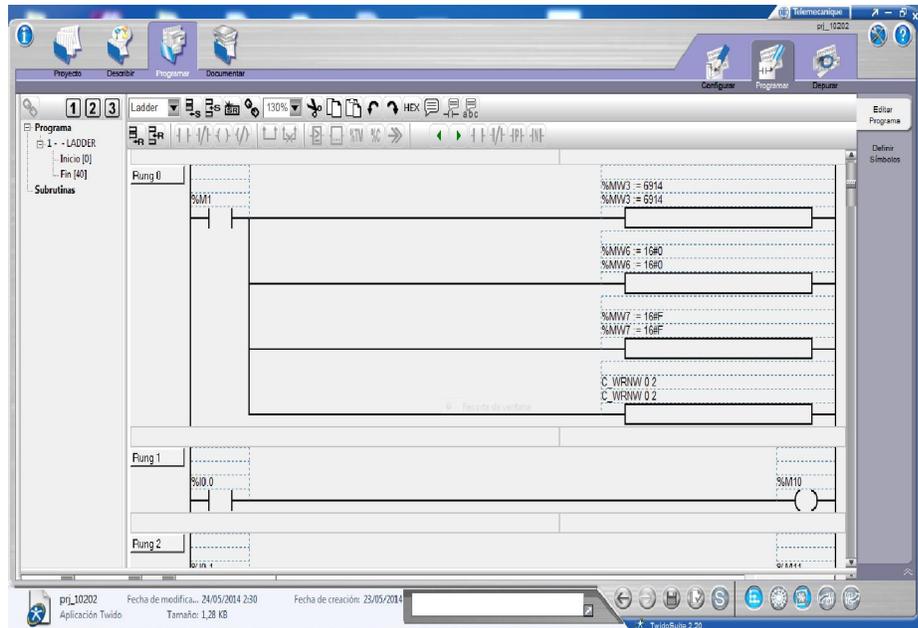


Figura V. 25. Programa principal para la activación de registros Modbus
Fuente: Jessica P. Bedoya M. (Autora)

Se realiza el programa de control de las entradas y salidas después de las sentencias de activación de macros, para finalmente cargar el programa al PLC mediante el cable de programación.

5.12. CONFIGURACIÓN Y ASIGNACIÓN DE LAS LIBRERÍAS MODBUS DE LABVIEW

5.12.1. CONFIGURACIÓN MODBUS INALÁMBRICA

La lectura de las variables Modbus se ocupa las librerías de Modbus de Labview para leer en forma serial los datos transmitidos. Para ello iniciamos la comunicación Modbus colocando o seleccionando el esclavo y de que puerto COM se está leyendo, así como velocidad de transmisión, entre otros.

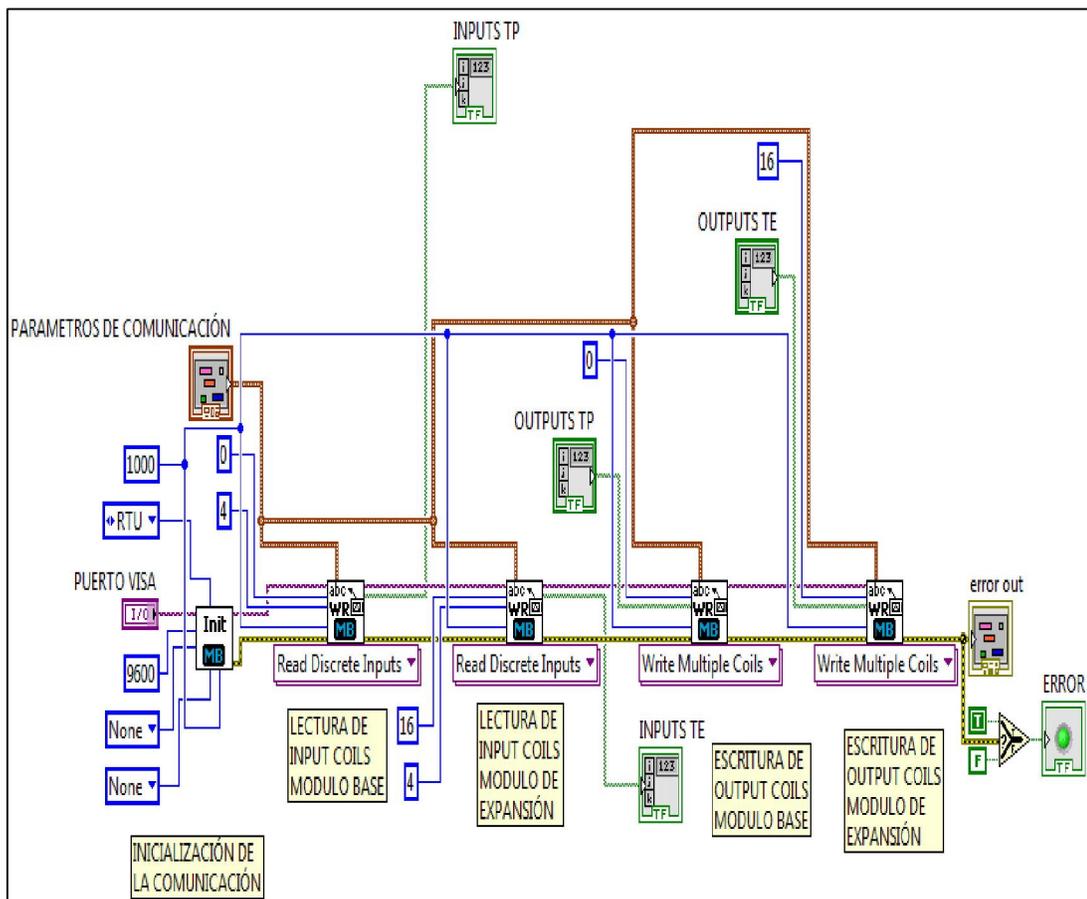


Figura V. 26. Programa Principal para lectura y escritura de Modbus Inalámbrica
Fuente: Jessica P. Bedoya M. (Autora)

Para entender que se lo que se realizó en cada bloque hablaremos de dos:

MB Serial Init.vi: es un subvi de Labview que permite establecer la comunicación entre los dispositivos y en este caso el maestro que vendría a ser la computadora.

Se debe asignar las variables:

Mode: que será el modo de comunicación RTU o ASCII.

VISA resource name: el puerto COM que se está ocupando para acceder a la comunicación.

Baud Rate: La velocidad de Transmisión de la comunicación

Parity: qué tipo de paridad tiene la comunicación (par, impar o ninguna)

Flow Control: El tipo de control que se está ocupando

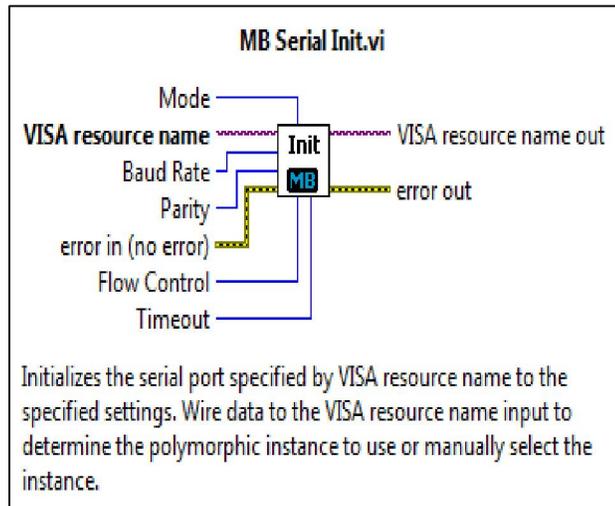


Figura V. 27. Bloque para inicializar la comunicación de Labview
Fuente: Labview Help

Para lectura o escritura de datos Labview, reconoce a los registros desde un punto de partida que se asigna en el bloque, y se añade cuantos datos se quiere leer, si se introduce una cantidad de datos que no se va a leer, Labview, reiniciara la comunicación, causando problemas de fallo de lectura.

5.12.2. CONFIGURACIÓN MODBUS ALÁMBRICA

Para la configuración de Modbus alámbrica se tuvo se escribió un código en Labview con su lenguaje gráfico que permita leer los holding registers asignados a cada variable, con el uso de la librería de Modbus de Labview.

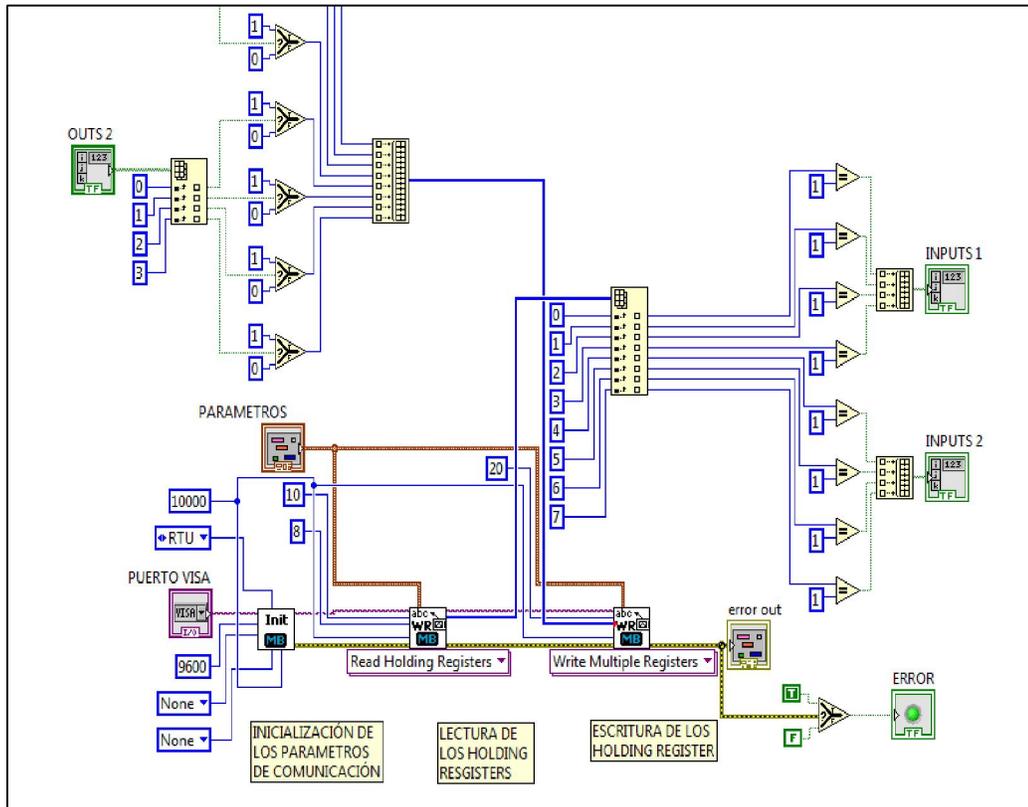


Figura V. 28. Programa principal para lectura y escritura de los holdings registers
Fuente: Jessica P. Bedoya. M. (Autora)

5.13. BASE DE DATOS

Se implementó una base de datos con el propósito, de almacenar datos q sirvan para el objetivo de la del control del proceso. Se desarrolló un diagrama entidad relación donde se almacenaron los datos con MySQL, en un servidor de Base de Datos.

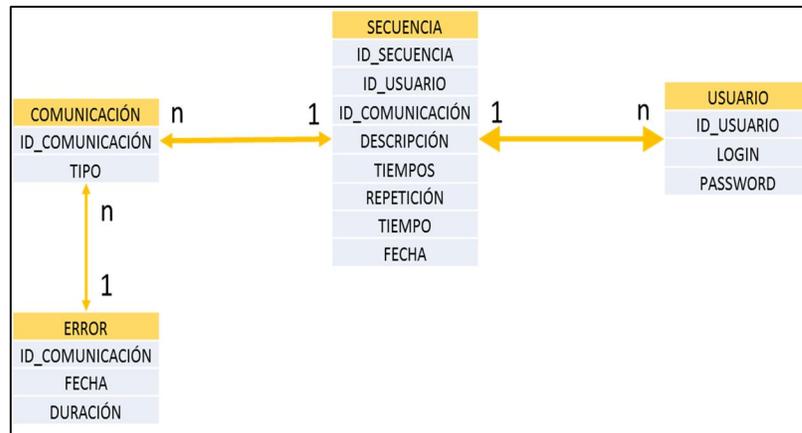


Figura V. 29. Base de datos relacional
Fuente: Jessica P. Bedoya M. (Autora)

Para desarrollar la base de datos, se utilizó el programa Wampserver, y la conexión se tiene que conectar la base de datos con el conector de MySQL. Para el desarrollo de la base de datos le implementamos en phpMyAdmin.

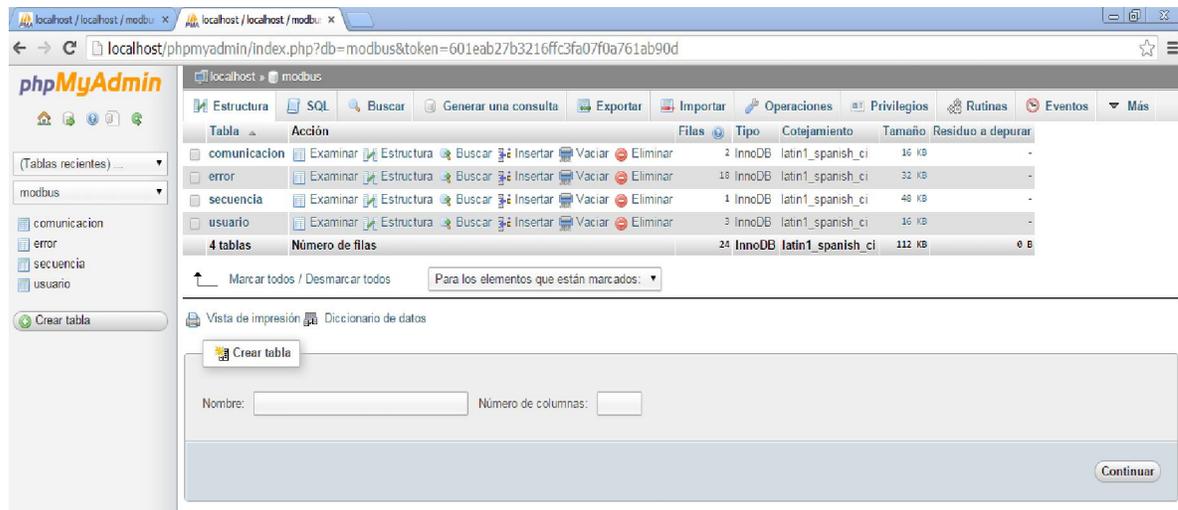


Figura V. 30. Tablas principales de la base de datos en phpMyAdmin
Fuente: Jessica P. Bedoya M. (Autora)

Se establecieron relaciones en las tablas en el programa mediante la asignación de relaciones. Al momento de crear las tablas y su respectivo campo se tienen que establecer relaciones que existen entre campos.

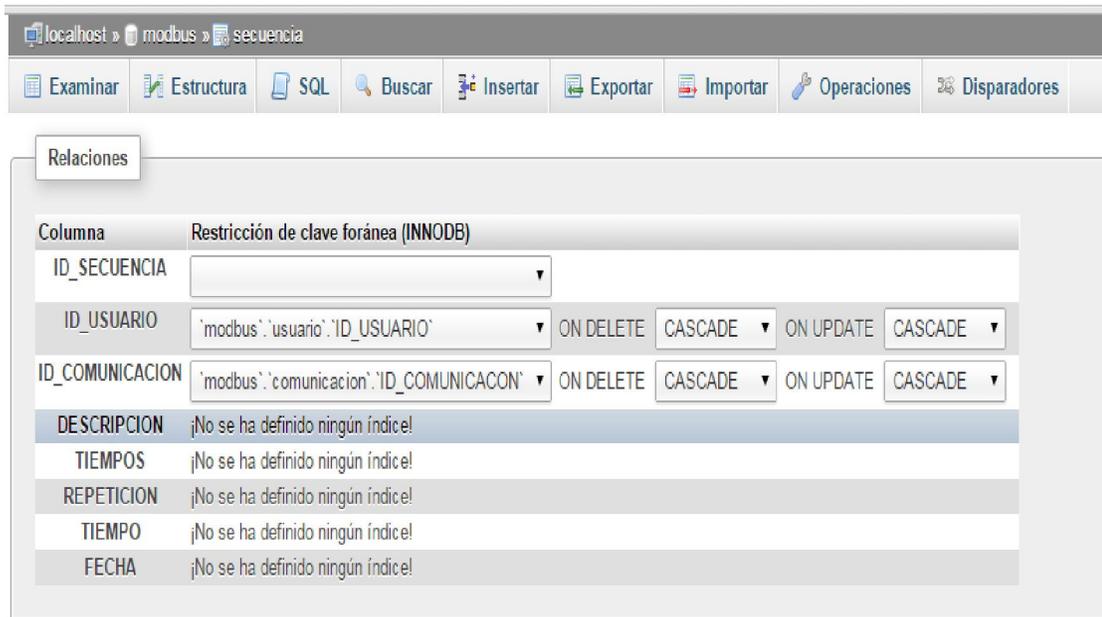


Figura V. 31. Vista de relaciones de la tabla Secuencia
Fuente: Jessica P. Bedoya M. (Autora)

5.14. PROGRAMACIÓN DEL HMI Y ASIGNACIÓN DE VARIABLES EN EL CONTROL

Para la programación del HMI se estableció una lógica de control, implementado en Labview ya que permite realizar varios procesos a la vez. Todo el sistema de control tanto de la comunicación inalámbrica como de la alámbrica esta implementado en uno solo. Ahora para realizar la implementación primero diseñaremos el control mediante la utilización del diagrama de flujo.

Labview tiene dos paneles uno de visualización (Panel Frontal) y otro de programación (Diagrama de bloques), maneja un lenguaje gráfico. Con el diagrama de flujo se procedió a realizar la página principal y la programación. El diagrama de flujo funciona para las dos comunicaciones. Mediante un control se selecciona si se requiere o no.

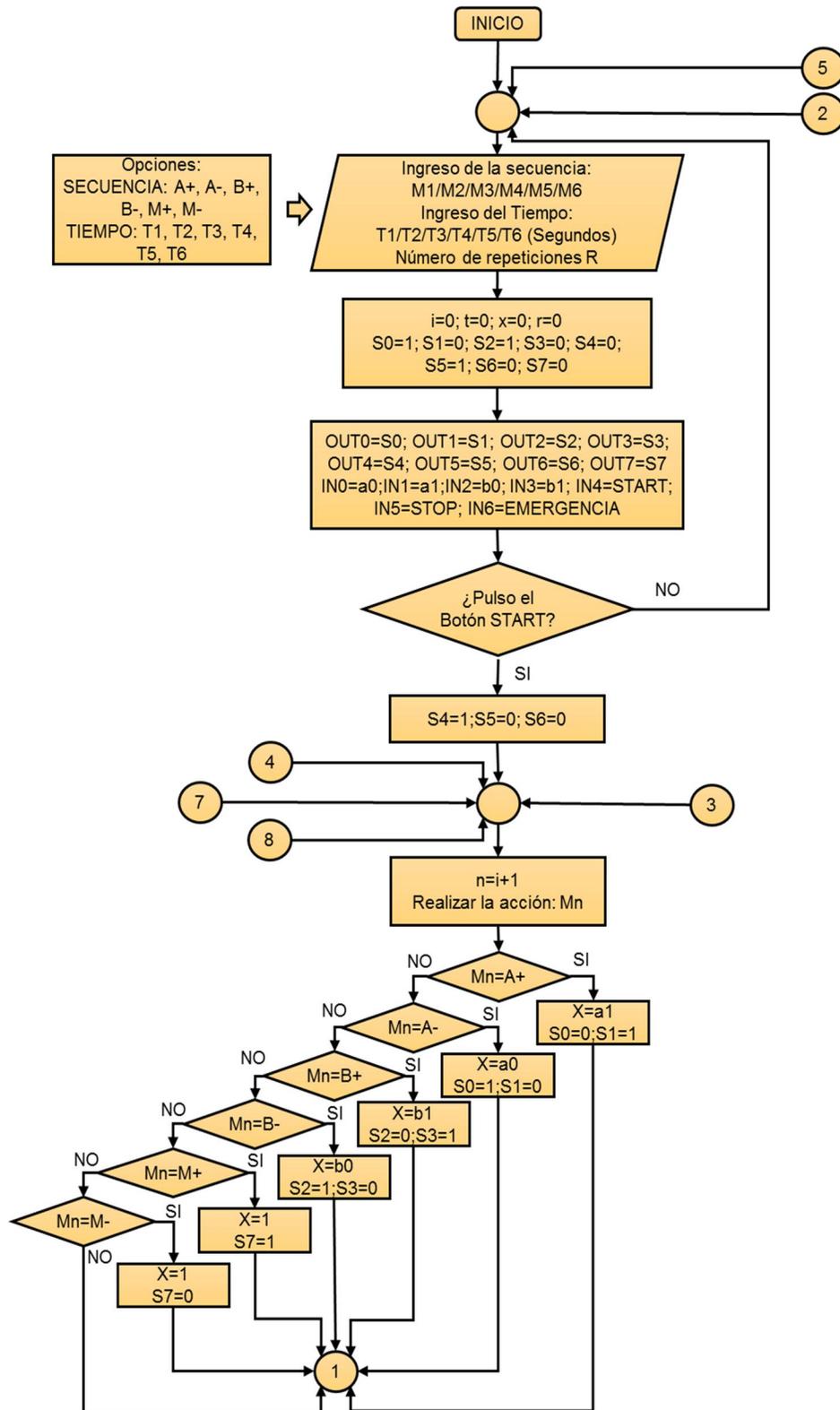


Figura V. 32. Diagrama de flujo del control de del proceso modular Parte 1

Fuente: Jessica P. Bedoya M. (La autora)

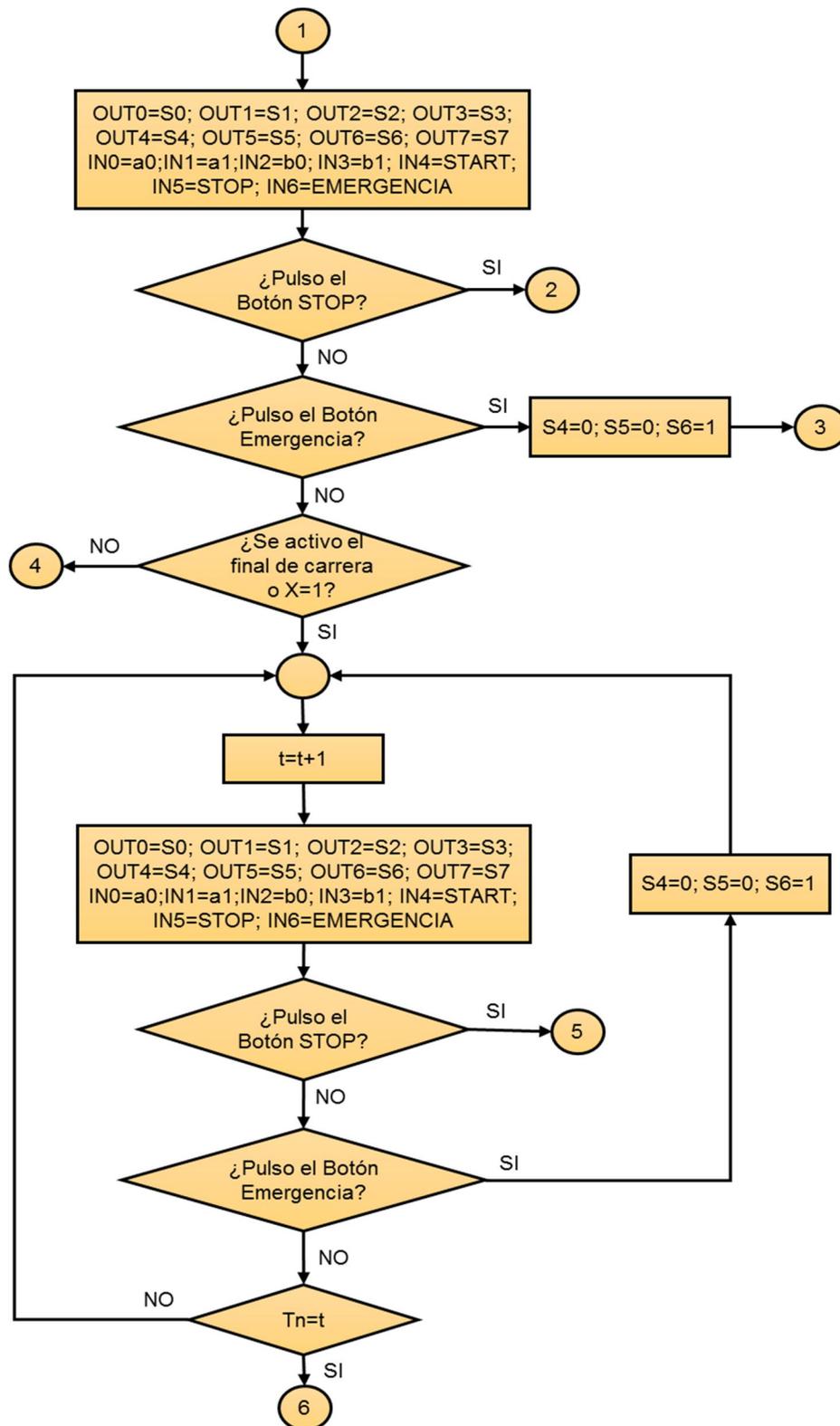


Figura V. 33. Diagrama de flujo del control de del proceso modular Parte 2
Fuente: Jessica P. Bedoya M. (Autora)

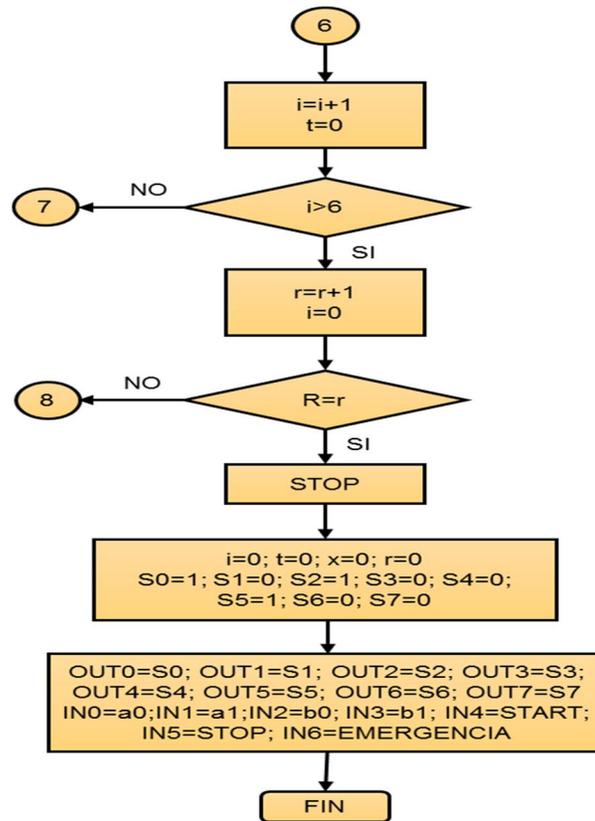


Figura V. 34. Diagrama de flujo del control de del proceso modular Parte 3
Fuente: Jessica P. Bedoya M. (Autora)

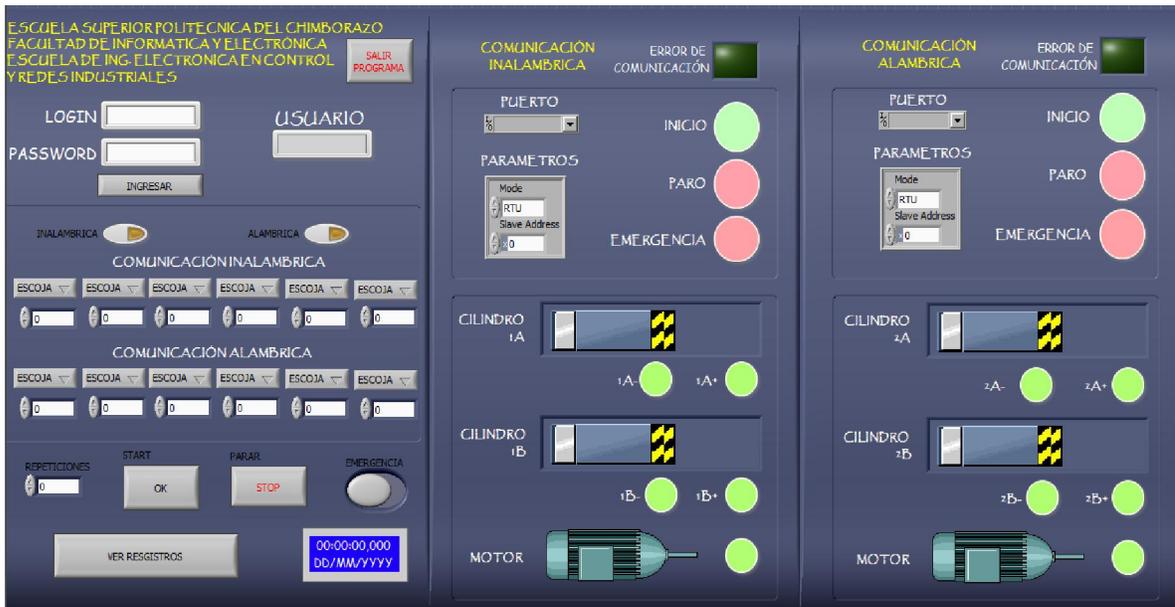


Figura V. 35. Panel Local (HMI)
Fuente: Jessica P. Bedoya M. (Autora)

Como visualizamos tenemos un control para el ingreso de las variables a manejar.

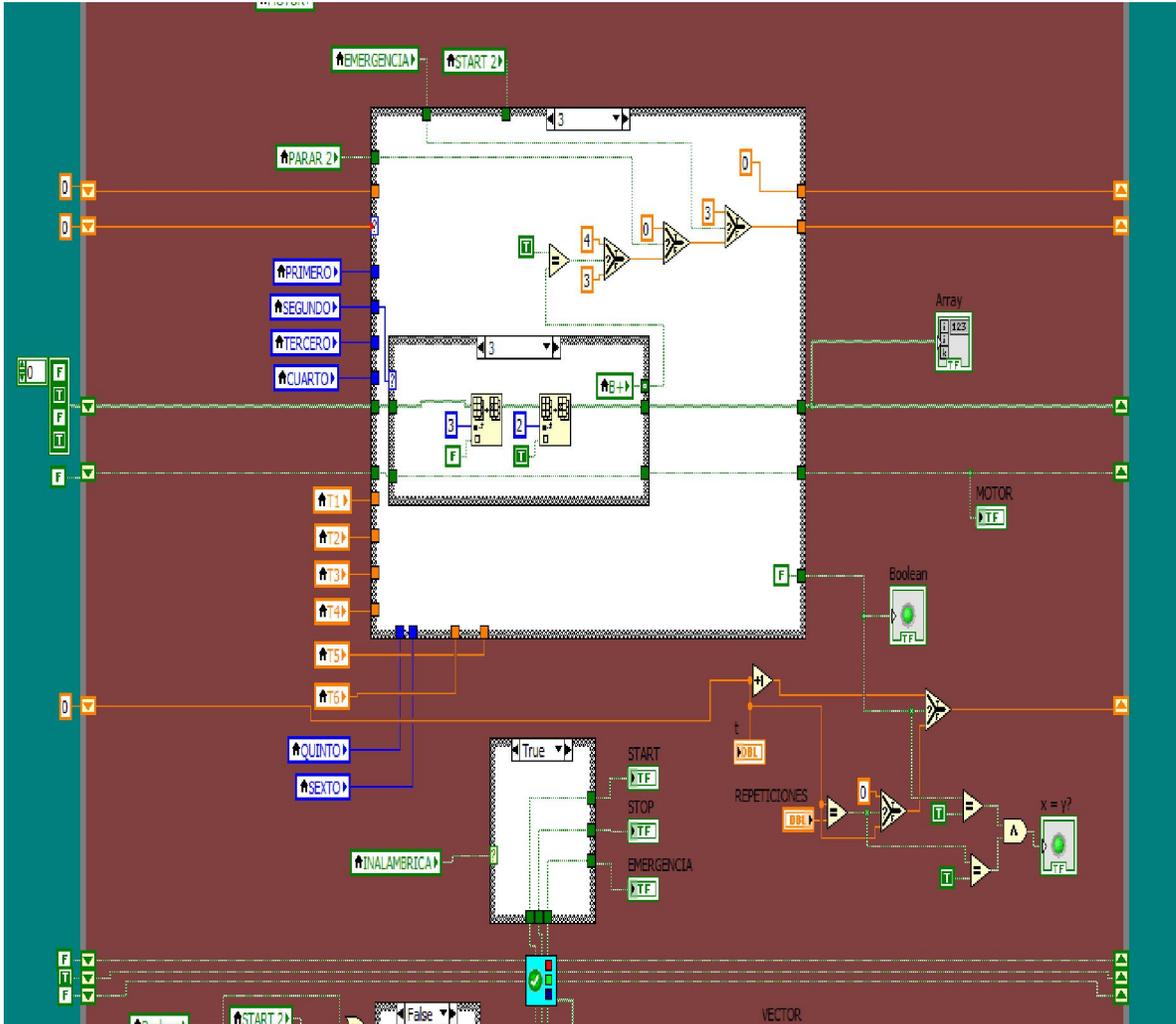


Figura V. 36. Diagrama de bloque para el control del proceso
Fuente: Jessica P. Bedoya M. (Autora)

5.15. IMPLEMENTACIÓN DEL TABLERO DE CONTROL DEL PROCESO MODULAR.

El tablero de control está compuesto por la tarjeta Wireless I/O, PLC y módulo de comunicación, Borneras, y plugs de conexión para el proceso. La clasificación del Tablero es IP-20 de plástico, con una base de plafón.

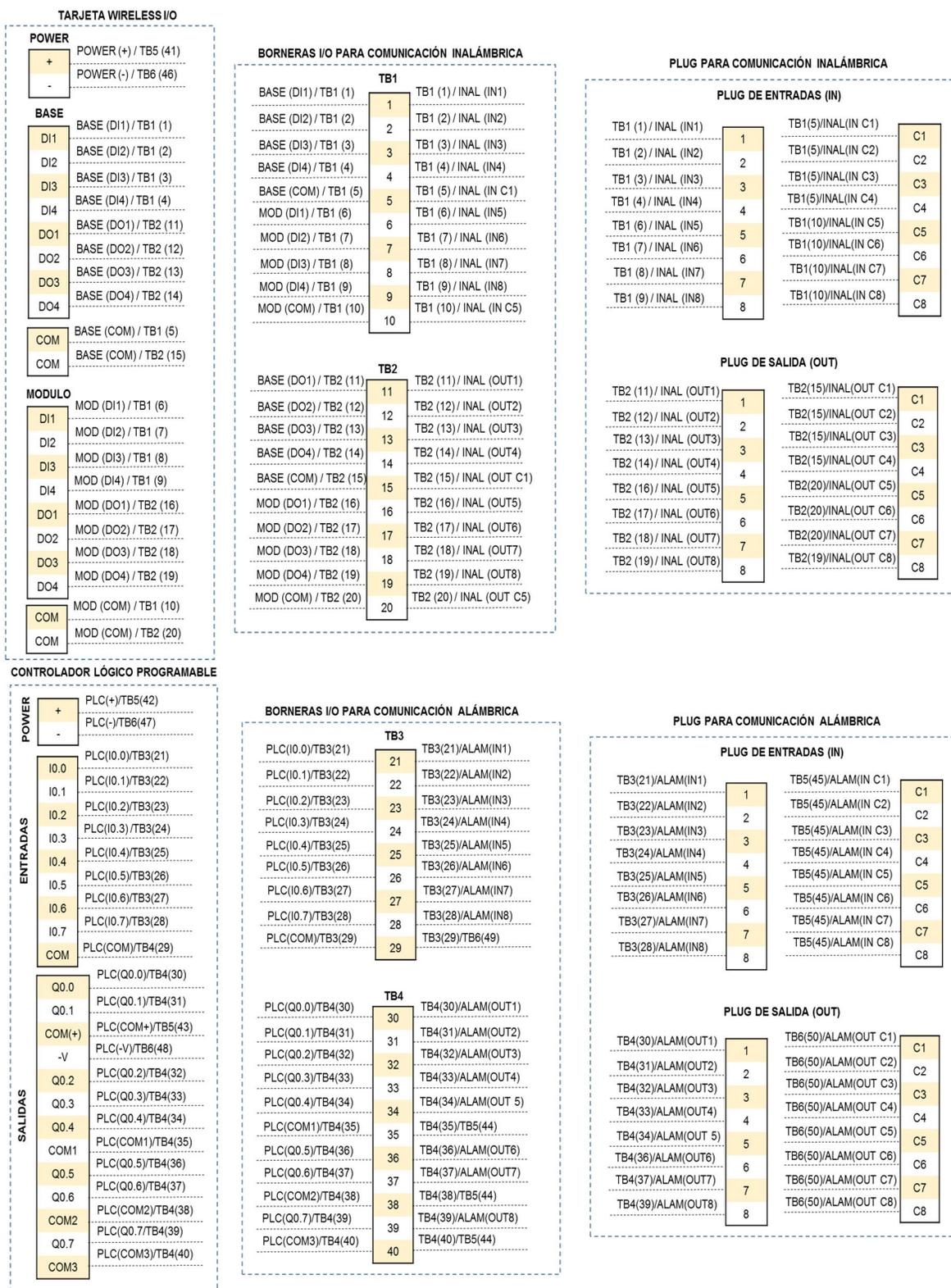


Figura V. 37. Entradas y salidas del tablero
Fuente: Jessica P. Bedoya M. (Autora)

5.16. IMPLEMENTACIÓN DEL ACCESO REMOTO

Para realizar el acceso remoto se instala en los dos dispositivos el programa TeamViewer si es un teléfono o una Tablet debe tener sistema operativo Android, el programa en el equipo principal se genera un ID y la contraseña el cual se debe ingresar en el otro dispositivo pero debe estar conectado a internet los dos equipos para acceder.



Figura V. 38. Acceso Remoto
Fuente: Jessica P. Bedoya M. (Autora)

CAPÍTULO VI

PRUEBAS Y RESULTADOS

En el presente capítulo se va a seleccionar cual es el protocolo más eficiente, entre el protocolo Modbus inalámbrico y el protocolo Modbus alámbrico. Pero mediante la investigación bibliográfica colocaremos tablas comparativas con respecto a otros protocolos industriales. Se debe considerar que las distintas características de cada protocolo están dedicadas a cada proceso, y la mejor solución para cada uno dependerá de su aplicación.

TABLA VI. VIII. Tabla comparativa de las características generales de los buses industriales

GENERAL	AS-Interface	Interbus	Profibus	DeviceNet	Modbus	Ethernet
Disponible desde	1995	1988	1990	1995	1979	1975
Fabricante	AS-Interface Consortium (Germany)	Phoenix (Germany)	Profibus Consortium (Germany)	Omron, Rockwell	Modicon / Gould / Groupe Schneider	Xerox (US)
Estándar	EN 50295, IEC 62026/2, IEC 947	DIN 19258, EN 50254/1, IEC 61158 Type 8	EN 50254/2, EN50170/2, EN50170/2, IEC61158 Type 3, SEMI E54.8 (DP)	ISO 11898	No Internacional Standard	IEEE 802.3
Website	www.as-interface.net	www.interbusclub.com	www.profibus.com	www.odva.org	www.Modbus.org	
Variantes	V1.0, V2.0, V2.10, V2.11	V1, V2, V3, V4, Interbus/Loop	FMS, PD, PA		ASCII, RTU	10BaseT, 100BaseTX
Aplicable para E/S sensores/actuadores	Si (especialmente dedicado para ello)	Si	No (demasiado complejo y hardware excesivo)	Si	Si	Hardware excesivo
¿Aplicable a E/S remotas?	Limitado a 4E/S digitales o 2 analógicas	Si	Si	Si	Si	Si
Aplicable para comunicación controladores o equipos inteligentes	No	Limitado	Si	Si	Si	Si
Variante más empleada	V2.0	V4	DP/V1		RTU	10BaseT, 100BaseTX
Áreas de aplicación	Industria discreta (DP), Industria de proceso (PA) parcialmente	Industria Discreta	Industria discreta (DP), industria de proceso (PA)	Industria discreta (DP), Industria de proceso (PA)	Industria discreta (DP), Industria de proceso (PA)	Niveles Medio y alto de automatización Industrial
Competidor más importante	Ninguno	Profibus	Interbus, CAN, Foundation Fieldbus, DeviceNet	Profibus, Modbus	Profibus, DeviceNet	Ninguno
Interfaz para PC	Si, varios vendedores	Si, vía Phoenix	Si, varios vendedores	Si	RS-485/422	Incluida para PC

Fuente: <http://isa.uniovi.es/docencia/iea/teoria/comunicacionesindustrialesdocumento.pdf>

Esta tabla compara en forma general cada protocolo, y se puede observar que la mayoría de protocolos son propietarios, pero Modbus que el punto de estudio tiene una particularidad muy importante, que es libre, y cualquier empresa lo puede ocupar, y realizar sus respectivas modificaciones, uno de los ejemplos más claro es el protocolo PACKSCAN, que está basado en Modbus, y tiene la mayoría de sus características. En esta tabla no son todos los protocolos porque existen una gran variedad. Pero se tomó los principales que están entre la capa 1, 2 y 3 de la pirámide de automatización. Un caso muy particular Ethernet en sus mayorías de aplicaciones no se ocupa en capa 1 y 2 en la pirámide de automatización ya que sus características no son idóneas para el trabajo en campo, y que a su vez no

están veloz, pero se puede enviar más información a través d ella. Por eso en una integración de dispositivos de capa 2, se las puede realizar entre Ethernet, siempre y cuanto se respete ciertas características de comunicación, como medio, distancias, entre otras. Modbus también tiene una variante con Ethernet, que puede realizar esta misma función. Protocolos de campo a nivel 1 y 2, Profibus está basado en Fieldbus que es muy robusto pero a la vez costoso, si comparamos con Modbus es mejor Fielbus para cuantificar señales y tener redundancia, pero para aplicaciones a largas distancias en campo es Modbus. Pero para resolver este caso con Profibus o Fielbus se puede utilizar gateways para convertir de un protocolo en otro, que me maneje este tipo se señales. Por ejemplo una interacción entre Fieldbus y luego convertirle en Modbus o Ethernet.

TABLA VI. IX. Tabla comparativa del cableado de los buses industriales.

CABLEADO	AS-Interface	Interbus	Profibus	DeviceNet	Modbus	Ethernet
Cable	2 hilos	4 hilos	2 hilos	4 hilos	RS-232, RS-422/485	Par trenzado (10BaseT, 100BaseTx)
Posibilidad de cableado	No	No	No	No	Depende del proveedor	Si
Posibilidad de uso de fibra óptica	No	Si	Si (Con repetidores)	Si	Si	Si
Alimentación de los nodos	Incluida en la red (30V/8 ^a)	Conexión independiente	Conexión separada (DP) ó incluida en la red (PA)	Incluida en la red	No especifica	Conexión independiente
Conector	Conexiones vampiro	9 pins sub-D conector	9 pins sub-D el más común	Conector específico	No especificado	RJ-45
Topología	Tree, bus, star	Bus, Tree, star	Bus, chicken feet	Bus	Bus	Star
Transmisión de señal	Específico AS-Interface	De acuerdo con RS-485	De acuerdo con RS-485 or IEC 61158/2	Especificación CAN	De acuerdo con RS232, RS422/485 o Ethernet	Específico de Ethernet
Longitud máxima entre nodos (sin repetidores)	100m	No aplicable	1200 metros	100m cn cable fino, 250 y 500m con cable grueso	15-60m (RS-232); 1200m (RS-422/485)	100m
Velocidad de Transferencia	Siempre 167Kbits/s	500Kbaud/s or 2Mbit/s con la nueva versión	500kbits/s (FMS); 12Mbit/s (PA); 31.25kbit/s (PD)	125kbits/s (100m); 250kbits/s (250m); 500kbits/s (100m)	No especificada normalmente no superior a 38,4 Kbit/s	10 Mbit/s 100 Mbits/s

Fuente: <http://isa.uniovi.es/docencia/iea/teoria/comunicacionesindustrialesdocumento.pdf>

En la comparación del cableado, la mayoría se comunica en bus y se puede ocupar repetidores, una característica importante ya que se puede crear derivaciones o que sea más dinámica la red. En velocidad es mucho mejor Ethernet como se explicó antes. Considerar que la distancia con Modbus y que el ruido no le afecte demasiado en el medio, le hace un gran competidor entre dispositivos de campo. El manejo de sistemas en anillo es una gran solución para que siempre exista una redundancia en cableado virtualmente, quiere decir si la comunicación se pierde en un punto se lo realiza por el otro sentido.

TABLA VI. X. Tabla comparativa de nodos de los buses industriales.

NODOS	AS-Interface	Interbus	Profibus	DeviceNet	Modbus	Ethernet
Máximo número de nodos (sin repetidor)	31 V2.0 o 62 V2.1	512	32 (limitación RS-485)	2048	2 (RS-232); 10 (RS-422); 32 (RS-485)	Prácticamente sin límites
Máximo número de nodos con repetidor	31 V2.0 o 62 V2.1	512	126	2048	2 (RS-232); 250 (RS-422/485)	Sin límite
Tipo de comunicación entre nodos	Maestro/esclavo	Maestro/esclavo	Maestro múltiple (FMS). Maestro/Escavo (DP, PA)	Maestros múltiple, maestro/esclavo, punto a punto, con multicast	Maestro/esclavo	Maestro múltiple por protocolos de capas superiores.
Destino de los mensajes	Punto a punto	Punto a punto	Punto a punto, multicast, broadcast	Punto a punto	Punto a punto, broadcast	Punto a punto multicast y broadcast
Gestión de acceso al medio	Maestro/esclavo	Maestro/esclavo	Token Ring entre maestros, maestros/esclavos	CSMA/CD/NDA	Maestro/Escavo	CSMA/CD, herramientas software, pueden aportar otros medios de gestión.
Número máximo de maestros	1	1	Sin límites (en la práctica solo 1)	1	1	Sin límite

Fuente: <http://isa.uniovi.es/docencia/iea/teoria/comunicacionesindustrialesdocumento.pdf>

TABLA VI. XI. Tabla comparativa de mensajes de los buses industriales.

MENSAJES	AS-Interface	Interbus	Profibus	DeviceNet	Modbus	Ethernet
Tamaño máximo de los datos	4 bits para entradas y 4 para salidas	8192 bits	241 (FMS), 244 (DP, PA), a veces limitado a 32 bits, 0 bytes.	8 bytes	250 bytes	1500 bytes
Tamaño mínimo	4 bits	4 bits	0 bytes	0 bytes	0 bits	46 bytes
Detección de errores	Paridad y codificación Manchester	Transmisión equilibrada, CRC de 16 bits	Paridad. Cheksum de 8bits y haming	CRC	Paridad, checksum de 8 bits y CRC de 16 bits	CRC de 32 bits

Fuente: <http://isa.uniovi.es/docencia/iea/teoria/comunicacionesindustrialesdocumento.pdf>

Es difícil comparar cuál es el mejor protocolo, pero se lo puede elegir dependiendo de la aplicación que se quiera realizar. Algo muy complejo es la integración de buses de campo, por eso la mayoría de empresas tiende a escoger una de acuerdo a su necesidad. Pero la integración se la puede realizar, ya utilizando vía software, mediante DCS, o gateways. Pero considerando que la información o la velocidad se pueden encarecer, aunque no se note, dependiendo si se hicieron bien las configuraciones o la cantidad de dispositivos que se quieran manejar.

COMPARACIÓN ENTRE MODBUS ALÁMBRICA Y MODBUS INALÁMBRICA

Comparar entre dos protocolos y su medio de transmisión es más viable que compararles con otro protocolo, ya que se tendrá las mismas características en cuanto a configuración, velocidad de transmisión, latencia, el mismo proceso, el mismo tipo de configuración en el modelo OSI, solo cambia el medio de comunicación, costos, entre otras características que se puede analizar.

Para analizar la red, discriminaremos ciertas variables ya que por el mismo protocolo no es necesario que se encuentren en análisis o en los resultados.

Variable 1: Costo

Variable 2: Rendimiento.

Variable 3: Implementación

Variable 4. Mantenimiento

Variable 5: Confiabilidad

Usaremos la base de datos para recolectar la información necesaria así podremos determinar el rendimiento y la confiabilidad mediante una prueba. El almacenamiento de la base de datos se realizara en forma automática, luego que se haya seleccionado la secuencia. Los pasos para realizar una secuencia será.

1. Ejecutar el programa.
2. Seleccionar un Usuario.
3. Escoger el puerto y el medio de comunicación que se desea ocupar.
4. Seleccionar la secuencia a utilizar.
5. Clic en Arrancar.

El programa ejecutara la secuencia, en el tiempo aproximado que se encuentra seteado. El dato de error se guardara desde que se haya activado la comunicación, en forma automática. Al igual que el tiempo que se demora cada secuencia.

- **Costo:** para conocer el costo se realizó un sondeo de los valores que se gastaron en la tesis, como son dispositivos industriales, son aplicables en la industria. Se reconocerá las cosas que se utilizaron para la comunicación.

TABLA VI. XII. Costo de la comunicación Modbus Wireless

ITEM	DESCRIPCIÓN	COSTO (USD)
1	Tarjeta Wireless I/O	390
2	Radio Modem	280
3	Conversor RS-232 a USB	15
4	Módulo de expansión	215
	TOTAL	900

Fuente: Jessica P. Bedoya M. (Autora)

TABLA VI. XIII. Costo de la comunicación Modbus RS-485

ITEM	DESCRIPCIÓN	COSTO (USD)
1	PLC	500
2	Módulo de comunicación Modbus 485	170
3	Convertor RS-485 a USB	180
4	Cable 1 par 18 AWG con shield (90 metros)	150
TOTAL		1000

Fuente: Jessica P. Bedoya M. (Autora)

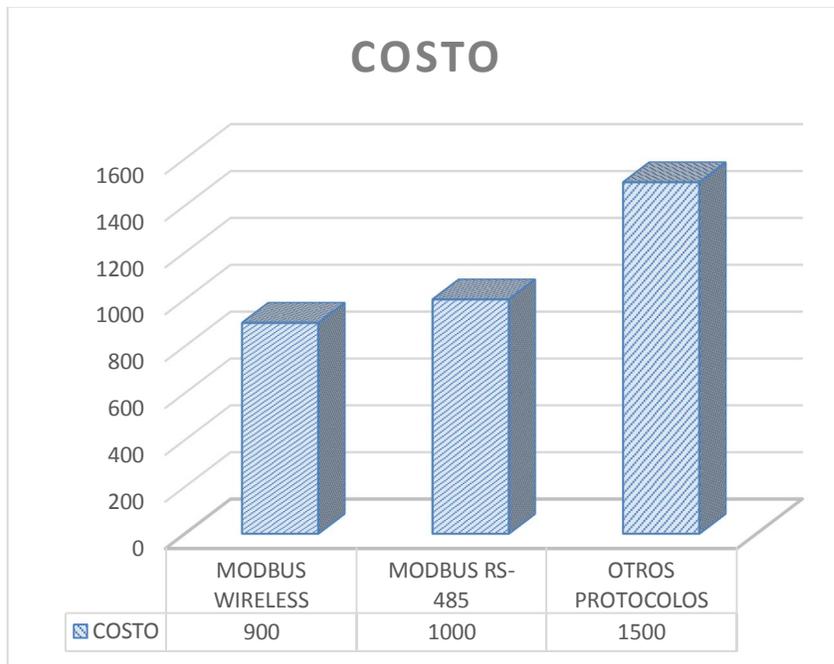


Figura VI. 39. Comparación de los costos para implementación de la comunicación.

Fuente: Jessica P. Bedoya M. (La autora)

TABLA VI. XIV Tabla comparativa de los Costó de la comunicación Modbus.

ITEM	DESCRIPCIÓN	COSTO	%	% MENOR COSTO
1	MODBUS WIRELESS	900	60	40
2	MODBUS RS-485	1000	67	33
3	OTROS PROTOCOLOS	1500	100	0

Fuente: Jessica P. Bedoya M. (Autora)

Para el análisis de costos, se dirá que la comunicación Wireless Modbus es más barato que transmitir por Modbus RS-485 en 33%, mientras que la otra en una 40%.

- **Rendimiento:** Para el análisis del rendimiento se basó en la base de datos, ya que con ella se archivó los datos necesarios para conocer el tiempo de duración de cada secuencia. Se tomaron cuatro muestras en el laboratorio con el proceso modular.

En particular se obtuvieron los siguientes resultados

TABLA VI. XV. Duración de las secuencias del proceso

ITEM	SECUENCIA	DURACIÓN		
		MODBUS WIRELESS	MODBUS RS-485	TIEMPO ESPERADO
1	A+/B+/M+/A-/B-/M-	30	30	30
2	A+/A-/M+/B+/B-/M-	42	40	40
3	B+/A+/A-/M+/M-/B-	635	614	600
4	B+/B-/M+/A+/A-/M-	1535	1515	1500

Fuente: Jessica P. Bedoya M. (La autora)

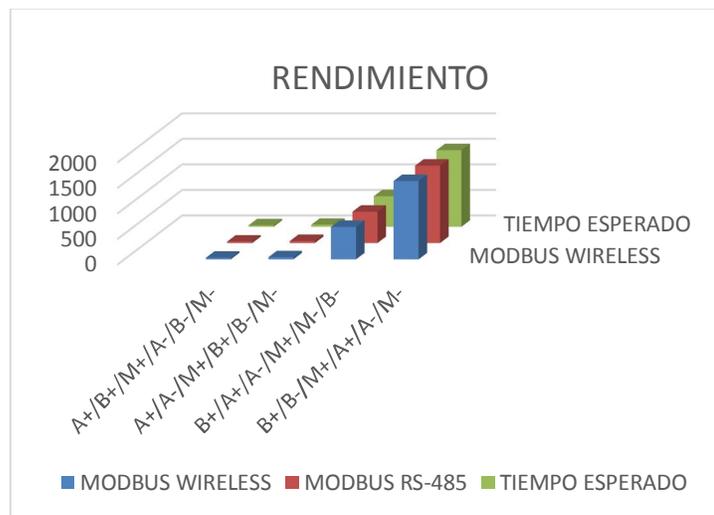


Figura VI. 40. Comparación del rendimiento de la comunicación Modbus.

Fuente: Jessica P. Bedoya M. (La autora)

Como dato del análisis se obtuvieron los siguientes resultados

TABLA VI. XVI. Duración de las secuencias del proceso

ITEM	DESCRIPCIÓN	RENDIMIENTO VALOR %
1	COMUNICACIÓN WIRELESS	96.71
2	COMUNICACIÓN RS-485	99.17

Fuente: Jessica P. Bedoya M. (La autora)

Los resultados obtenidos dan a interpretar que la comunicación Modbus alámbrica es más eficiente comprándola con la comunicación Modbus alámbrica

- **Implementación:** para esta variable analizaremos, el tiempo que se demoró en implementar, configurar y programar.

TABLA VI. XVII. Duración del tiempo de la implementación

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD DE DÍAS OCUPADOS	CANTIDAD DÍAS ESTIMADOS
1	MODBUS WIRELESS	20	40
2	MODBUS RS-485	35	40

Fuente: Jessica P. Bedoya M. (La autora)

TABLA VI. XVIII. Resultados de la implementación

ITEM	DESCRIPCIÓN	AHORROS DE DÍAS (%)
1	MODBUS WIRELESS	25
2	MODBUS RS-485	12.5

Fuente: Jessica P. Bedoya M. (La autora)

Como análisis de la implementación se dice que se ahorraron con la comunicación Modbus Wireless un 25% de 40 días planificado, mucho menor a la del Modbus de comunicación alámbrica.

- **Confiabilidad:** Para medir la confiabilidad nos basaremos en cuantas veces se perdió la comunicación, este dato se almaceno en la base de datos en un transcurso de tiempo. Con esto podemos analizar.

TABLA VI. XIX. Tabla comparativa del tiempo y la confiabilidad en la comunicación.

ITEM	TIEMPO	ERRORES	
		MODBUS WIRELESS	MODBUS RS-485
1	180	3	0
2	480	6	0
3	600	10	2

Fuente: Jessica P. Bedoya M. (Autora)

TABLA VI. XX. Tabla de resultados confiabilidad en la comunicación

ITEM	DESCRIPCIÓN	PORCENTAJE
1	MODBUS WIRELESS	93.7
2	MODBUS RS-485	99.3

Fuente: Jessica P. Bedoya M. (Autora)

Para la medición de la confiabilidad se tomó en cuenta cuanto errores existía en la comunicación, por lo que la comunicación Modbus alámbrica es más confiable que la comunicación Modbus inalámbrica con los valores de 99.3% frente 93.7%.

- **Mantenimiento:** para conocer el mantenimiento deberemos analizar, tiempo de importación de las partes, la complejidad de la configuración, entre otros valores. Para logran daremos peso a cada variable y le asignaremos un valor acuerdo.

TABLA VI. XXI. Tabla de ponderación

DESCRIPCIÓN	CALIFICACIÓN
MUY ALTA	1
ALTA	2
MEDIA	3
BAJA	4
MUY BAJA	5

Fuente: Jessica P. Bedoya M. (Autora)

TABLA VI. XXII. Tabla de calificación

ITEM	DESCRIPCIÓN	IMPORTACIÓN	COMPLEJIDAD	IMPLEMENTACIÓN	TIEMPO	TOTAL	%
1	MODBUS WIRELESS	1	5	4	5	15	60
2	MODBUS RS-485	2	4	3	4	13	52

Fuente: Jessica P. Bedoya M. (Autora)

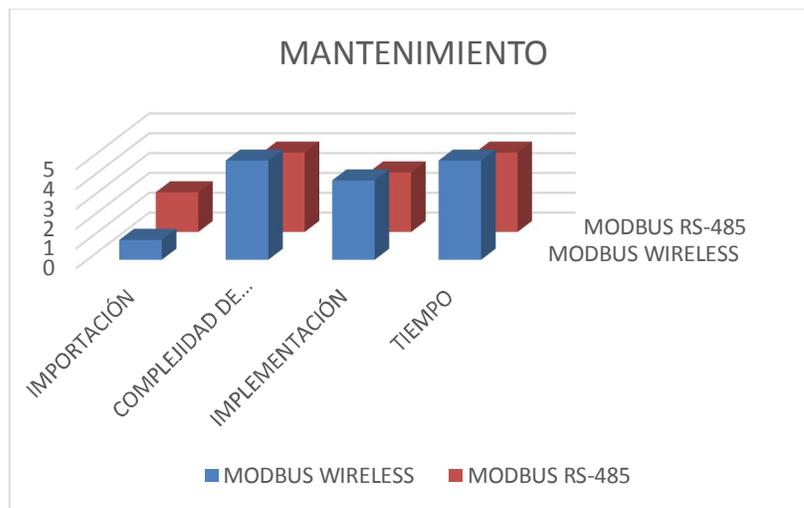


Figura Vi. 41. Gráfico de calificación para el Mantenimiento

Fuente: Jessica P. Bedoya M. (Autora)

Los resultados demuestran que es mucho más fácil dar mantenimiento en la comunicación vía Wireless que lo que es enviado por cable.

RESULTADOS DE LA CALIFICACIÓN DE LAS VARIABLES

Para la calificación de las variables utilizaremos el método del convenio por ponderación. Para el cálculo de y encontrar el resultado se tomara que las variables no tiene la misma importancia.

Este tipo de cálculo de media es empleado cuando las observaciones no tienen la misma importancia. Así que se asignará un peso relativo a cada variable de la observación para realizar la ponderación.

La ponderación es igual a la media de las observaciones multiplicadas por su peso (o ponderación) divididas por la suma de los pesos.

La ponderación sirve para expresar la importancia de los distintos elementos, en forma cuantitativa. Se asignara pesos a los criterios.

Donde daremos un peso a cada variable asignada.

TABLA VI. XXIII. Tabla de ponderación

ITEM	DESCRIPCIÓN	VALOR
1	COSTO	0,1
2	RENDIMIENTO	0,4
3	IMPLEMENTACIÓN	0,05
4	CONFIABILIDAD	0,4
5	MANTENIMIENTO	0,05

Fuente: Jessica P. Bedoya M. (Autora)

Entonces a cada variable le daremos un peso y un valor calculado de acuerdo a la siguiente formula:

$$I_s = \mu A \times PA\% + \mu B \times PB\% + \dots + \mu Z \times PZ\%$$

Dónde:

Is: Índice de satisfacción.

Ux: índice en cada pregunta.

Px%: peso de cada pregunta.

Como resultados se obtuvieron los siguientes datos:

TABLA VI. XXIV. Tabla de calificación de las variables

ITEM	DESCRIPCIÓN	VALOR	MODBUS WIRELESS	MODBUS RS-485	CALIFICACIÓN	MODBUS WIRELESS	CALIFICACIÓN	MODBUS RS-485
1	COSTO	0,10	40,00	33,00	4,00	3,30		
2	RENDIMIENTO	0,40	96,71	99,17	38,68	39,67		
3	IMPLEMENTACIÓN	0,05	25,00	12,50	1,25	0,63		
4	CONFIABILIDAD	0,40	93,00	99,30	37,20	39,72		
5	MANTENIMIENTO	0,05	60,00	52,00	3,00	2,60		
TOTAL					84,13	85,91		

Fuente: Jessica P. Bedoya M. (Autora)

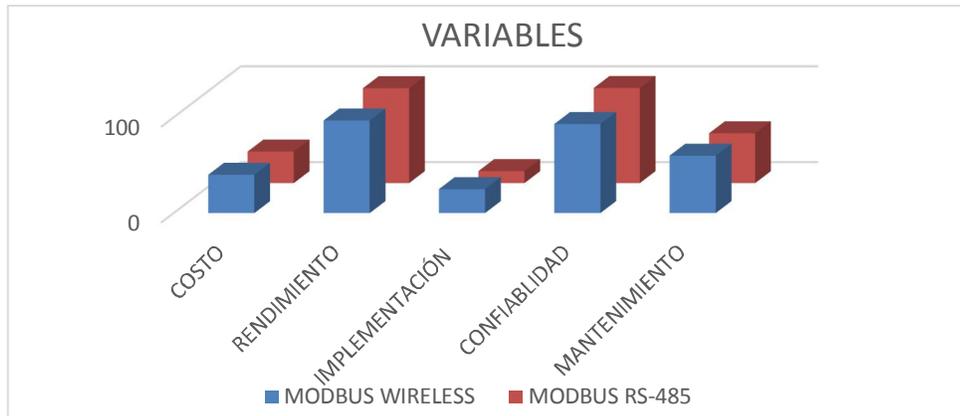


Figura VI. 42. Gráfico de valores de las variables
Fuente: Jessica P. Bedoya M. (Autora)

Entonces como resultado que el protocolo Modbus alámbrica tiene una calificación 85.91%, mientras el protocolo Modbus inalámbrica tiene la calificación de 84.13%, entonces el protocolo Modbus Wireless es menos eficiente que el protocolo Modbus RS-485.

Paquetes transmitidos: para conocer los paquetes que se envían y se reciben en la comunicación durante un tiempo determinado se consideró a una distancia de 10 metros más la ayuda del programa ModScan se visualizó los siguientes datos.

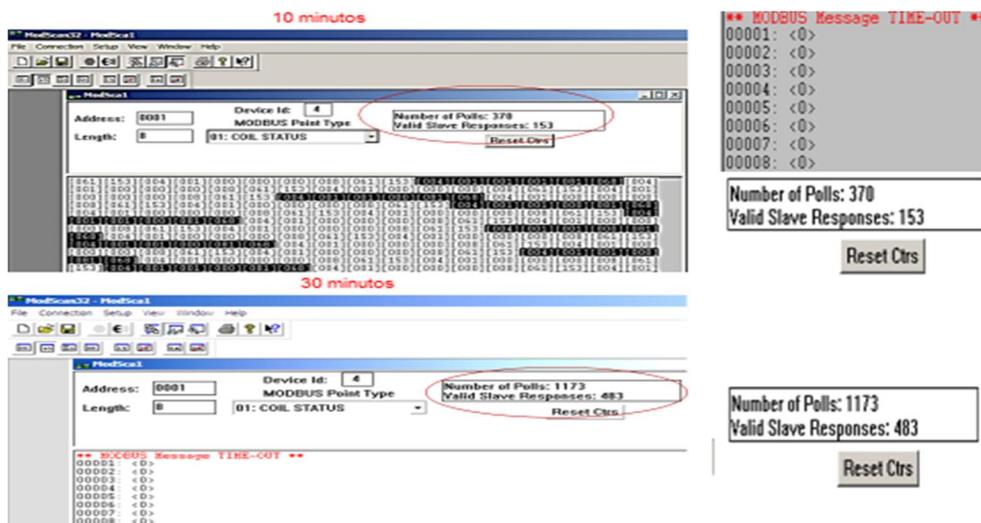


Figura VI. 43. Monitoreo de paquetes en forma inalámbrica
Fuente: Jessica P. Bedoya M. (Autora)

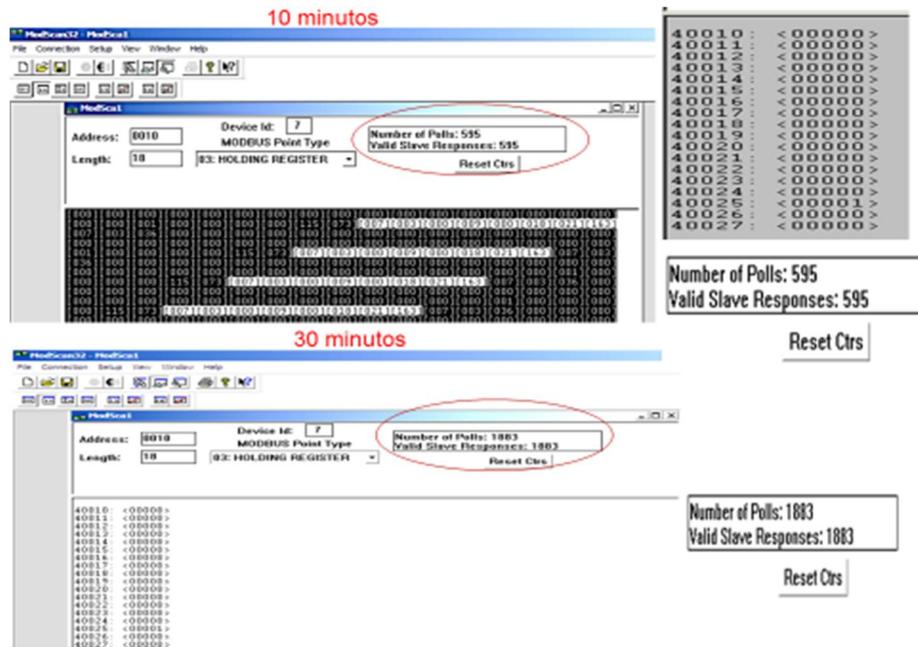


Figura VI. 44. Monitoreo de paquetes en forma alámbrico

Fuente: Jessica P. Bedoya M. (Autora)

TABLA VI. XXV. Paquetes perdidos

INALÁMBRICA					
	10[MIN]	%	30[MIN]	%	Total
PAQUETES ENVIADOS	370	100	1173	100	58.74%
PAQUETES RECIBIDOS	153	41.35	483	41.18	
PAQUETES PERDIDOS	217	58.65	690	58,82	
ALÁMBRICA					
	TIEMPO [MIN]				
	10[MIN]	%	30[MIN]	%	
PAQUETES ENVIADOS	595	100	1883	100	0%
PAQUETES RECIBIDOS	595	100	1883	100	
PAQUETES PERDIDOS	0	0	0	0	

Fuente: Jessica P. Bedoya M. (Autora)

De acuerdo a lo monitoreado se puede observar que la perdida de datos en forma Wireless con Modbus es de 58.74% mientras en el alámbrico no hay perdidas esto se debe a que el medio inalámbrico influyen ya que no es una conexión física los efectos ambientales pueden perturbar la señal, por eso es aconsejable para el

control por partes del proceso que sean de vital importancia utilizar la comunicación alámbrica ya que ha esta no se afecta demasiado el ambiente siempre y cuando se use el cable adecuado para ese tipo de áreas.

CONCLUSIONES

Mediante la configuración de los parámetros de comunicación Modbus en un HMI se demostró que la cantidad de datos enviados y recibidos pueden variar de acuerdo al medio de transmisión, bajando la latencia de paquetes recibidos en la forma inalámbrica, concluyendo que al pesar de utilizar el propio software de cada uno es mejor la comunicación alámbrica.

Con la implementación de la comunicación desde las tarjetas o controladores hasta el HMI se ocupó Modbus, sin interactuar con otro tipo de protocolo. Ya que si se introduce otro protocolo cambiando la trama esto conlleva a un tiempo de conversión perdiendo la velocidad de pregunta y respuesta; pero aunque esos tiempos sean microsegundos si se desea una comunicación en tiempo real afecta al monitoreo.

El acceso remoto se puede ingresar, controlar y monitorear desde cualquier parte del planeta siempre y cuando se encuentre conectado los dos dispositivos en internet sin importar el sistema operativo y sin afectar al proceso ya que ocupa otro tipo de protocolo no basado en Ethernet.

Para la comparación con otros protocolos dependerá del campo de aplicación, la precisión que se dese obtener, la importancia del proceso, la seguridad entre otros factores, no todos se puede calificar de la misma manera, cada protocolo servirá para propósito y un fin determinado calificado solamente por el usuario.

Los buses de campo y los distintos protocolos ubicadas en distintas capas proporcionan ciertas ventajas frente al cableado tradicional. Donde Modbus no solamente por ser libre, brinda ciertas ventajas en velocidad, distancia, y de fácil configuración, frente a otros protocolos.

Modbus inalámbrico tiene una gran desventaja, ya que su propio medio puede existir interferencias que puede que la comunicación falle, por eso generalmente se las ocupa para monitoreo más para control en procesos que son de vital importancia.

RECOMENDACIONES

Para realizar las respectivas configuraciones en cada medio de transmisión deberá proporcionar de forma correcta los parámetros de configuración, ya que si uno no es bien configurado la comunicación no se establecerá.

Conectar en forma ideal y adecuada cada dispositivo para su manipulación, así como la verificación del cableado, voltajes, continuidad, para evitar averías en los dispositivos. Realizar un diagrama de flujo que cumpla todos los requisitos de control y monitoreo para una programación adecuada.

Para la conexión física RS-485, en el maestro el transmisor será conectado con el receptor del esclavo; y a su vez el receptor del maestro con el receptor del esclavo. Si se desea conectar con más esclavos será receptor con receptor y transmisor con transmisor de los esclavos.

Recordar que las librerías Modbus de Labview piden un determinado número de registros para leer y escribir, solo colocar lo necesario, ya que el aumento desproporcionado, puede provocar fallas en la red debido a que Modbus no recibe respuesta y su acción es reinicializar la comunicación.

Considerar que el medio de transmisión es viable para su implementación analizando el costo vs beneficio, aplicación, tipo de ambiente a implementar.

Nunca introducir la programación de control con otra que tenga otro fin, como la base de datos, tiene que ser independientes para evitar un error en el proceso.

RESUMEN

Estudio comparativo de eficiencia del protocolo Modbus, en un medio de transmisión (Tx) alámbrico e inalámbrico, mediante la implementación de dos buses de comunicación (Wireless y RS-485) en un proceso modular del Laboratorio de Automatización de La Facultad de Mecánica ESPOCH, con propósito de proporcionar criterios de selección, brindando soluciones, al momento de implementar una red industrial con Modbus.

Con método deductivo se diseñó una lógica de control que funcione de igual forma en cada medio de Tx. Implementando una red inalámbrica con tarjeta Wireless I/O Modbus y Radio Modem; y una red alámbrica con PLC. Se llenó una base MySQL almacenando el tiempo de duración del proceso y errores de comunicación de cada enlace de la red.

Con valoración cuantitativa del costo, rendimiento, implementación, seguridad, mantenimiento y confiabilidad, mediante método de ponderación por convenio, se determinó que la satisfacción en comunicación inalámbrica es de 84.13%; mientras que la comunicación alámbrica es de 85.91%, por consiguiente es más eficiente un 1.78% que la red inalámbrica.

El estudio permitió conocer que el protocolo Modbus alámbrica es más eficiente por su rendimiento, seguridad y confiabilidad, importantes para el funcionamiento de una planta industrial. Recomendándose utilizar la comunicación inalámbrica para monitoreo no para el control de procesos críticos.

ABSTRACT

The comparative study of efficiency of Modbus protocol, in a transmission environment (Tx) wired and wireless, by implementing two communicating buses (wireless and RS-485) in a modular process in the Automation Laboratory of Faculty of Mechanics in ESPOCH, with the purpose of providing criteria selection, providing solutions when implementing an industrial network with Modbus.

With a deductive method a logic control that works similarly in each environment of Tx was designed. Implementing a wireless network with a Wireless card I/O Modbus and Radio Modem; and a wired network with PLC. A MySQL database was filled storing: length of time processing and miscommunications of each network link.

Whit a quantifying valuation of the cost, performance, implementation, security, maintenance and reliability, by an agreement deliberation method was determined that the satisfaction in wireless communication is 84.13%; while wired communication is 85.91%, therefore it is more efficient in a 1.78% than the wireless network.

The study allowed us to know that the protocol wired Modbus is more efficient by its performance, security and reliability, very important for the operation of an industrial plant. Recommending the use of wireless communication for monitoring but not for critical control processes.

GLOSARIO

ACCESO REMOTO Es acceder desde una computadora a un recurso ubicado físicamente en otro dispositivo, mediante una red para trabajar desde un lugar fuera de la empresa usando sus sistemas informáticos.

COMUNICACIÓN ALÁMBRICA En el medio físico (cable) se utiliza en la transmisión de información para comunicar una estación de trabajo con un dispositivo.

LABVIEW es un entorno de programación gráfico para diseñar aplicaciones que involucran adquisición, control, instrumentación, monitoreo de datos.

MEDIOS DE TRANSMISIÓN es el canal por el cual se envía y recibe los datos es usado para conectar diferentes dispositivos.

MODBUS Es un protocolo de comunicación industrial no propietario ofrece conectividad a controladores de distinto origen. La topología de red puede ser de punto a punto o de red multipunto.

PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN Es conjunto de reglas que permiten la transferencia e intercambio de información entre distintos dispositivos

WIRELESS I/O Las señales I/O, se conecta directamente a los dispositivos para detectar y controlar señales transmitiendo los datos por radio (medios de transmisión no guiados).

PALABRAS CLAVES

/ ESTUDIO COMPARATIVO /

/ COMUNICACIONES INALÁMBRICA /

/ COMUNICACIONES ALÁMBRICA /

/ PROTOCOLOS INDUSTRIALES /

/ REDES INDUSTRIALES /

/ MODBUS [PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN] /

BIBLIOGRAFÍA

Acedo Sanchez, J. (2006). *Instrumentacion y Control Avanzado De procesos 2a ed.* Madrid: Diaz de santos.

ACROMAG. (s.f.). *INTRODUCTION TO MODBUS TCP/IP*. Recuperado el 11 de Junio de 2014, de Aplicom: http://www.amplicon.com/docs/White-Papers/Intro_modbusTCP_765a-white-paper.pdf

AIE. (s.f.). *Protocolo de Comunicaciones Industriales*. Recuperado el 28 de Noviembre de 2013, de <http://www.aie.cl/files/file/comites/ca/articulos/agosto-06.pdf>

Aillón Abril, M.X. (Noviembre de 2010). *Diseño de un Sistema Scada de Control Automatico de Temperatura y Humedad para los Lechos de Produccion de Humus de Lombriz en la empresa BIOaGROTECSA CIA LTDA.*
Recuperado el 20 de 01 de 2014, de UTA:

<http://repo.uta.edu.ec/bitstream/handle/123456789/101/t552e.pdf?sequence=1>

Alonso Olivia, N. (2013). Principios Básicos de las Redes de Comunicación Analógicas y Digitales. En *Redes de Comunicación Industrial* (págs. 24-34). Madrid: Universidad Nacional de Educación a Distancia.

AMPLICOM. (s.f.). *Process Control and Automation using Modbus*. Recuperado el 11 de Junio de 2014, de AMPLICOM: <http://www.amplicon.com/docs/white-papers/MODBUS-in-Process-control.pdf>

Asqui Paguay, L.M. y Lema Holgui, I.M. (2013). *DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED DE COMUNICACIÓN ETHERNET DIDÁCTICA CON PLC'S PARA EL CONTROL Y MONITOREO DE PROCESOS MODULARES*. Recuperado el 18 de Junio de 2014, de Dspace ESPOCH: <http://si.ua.es/es/documentos/documentacion/office/access/teoria-de-bases-de-datos.pdf>

B&Belectronics . (s.f.). *Conversor Serial a USB*. Recuperado el 08 de Abril de 2014, de B&Belectronics : <http://www.bb-elec.com/Products/USB-Connectivity/USB-to-Serial-Adapters.aspx>

B&Belectronics. (s.f.). *Radio-Modems*. Recuperado el 21 de Marzo de 2014, de B&Belectronics: http://www.bb-elec.com/Products/Datasheets/Zlinx-Wireless-Radio-Modems_3713ds.pdf

B&Belectronics. (s.f.). *Redefiniendo cómo "Llegar de Aquí a Allí"*. Recuperado el 08 de Mayo de 2014, de B&Belectronics: <http://www.bb-elec.es/wireless-overview.htm>

B&Belectronics. (s.f.). *Wireless-IO*. Recuperado el 21 de Marzo de 2014, de B&Belectronics: http://www.bb-elec.com/Products/Datasheets/Zlinx-Standard-Wireless-IO_3713ds.pdf

Castillo Rubio, P. (6 de Mayo de 2008). *La Estructura de un Sistema de Control Distribuido*. Recuperado el 15 de Enero de 2014, de slideshare: http://www.slideshare.net/ptah_enki/sistemas-de-control-distribuidos

Castro Lozano, C. y Moreles Romero, C. (s.f.). *Introduccion a SCADA*. Recuperado el 20 de Enero de 2014, de Universidad de Cordoba: <http://www.uco.es/grupos/eatco/automatica/ihm/descargar/scada.pdf>

Control Lógico Programable. (s.f.). Recuperado el 21 de febrero de 2014, de efr: http://www.efn.uncor.edu/departamentos/electro/cat/eye_archivos/apuntes/a_practico/CAP%209%20Pco.pdf

Controlador Lógico. (s.f.). Recuperado el 24 de Febrero de 2014, de upla: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lmt/maza_c_ac/capitulo4.pdf

Corrales, L. (Diciembre de 2007). *Interface de Comunicación Industrial*.

Recuperado el 20 de Enero de 2014, de Escuela Politécnica Nacional:

<http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/10020/2/PARTE%20.pdf>

Definicion Acceso Remoto. (s.f.). Recuperado el 3 de Febrero de 2014, de

ALEGSA: <http://www.alegsa.com.ar/Dic/acceso%20remoto.php>

DITEL. (4 de Junio de 2013). *DMG-MODBUS*. Recuperado el 4 de Julio de 2014,

de DITEL:

http://www.ditel.es/manuales/es/DMG_MODBUS_ES%20Rev1.1_040613.pdf

DITEL. (s.f.). *Comunicaciones Modbus*. Recuperado el 27 de Junio de 2014, de

DITEL:

http://www.ditel.es/manuales/obsoletos/reguladores/Modbus_Akros_Cas.pdf

Ecatalog. (Diciembre de 2012). *Manual de Comunicaciones Modbus RTU*.

Recuperado el 27 de 06 de 2014, de ecatalog:

<http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-srw01-manual-de-la-comunicacion-modbus-rtu-10000521680-4.0x-manual-espanol.pdf>

Electro Industria. (Noviembre de 2007). *Sistemas de Interfaz Hombre-Máquina,*

HMI. Recuperado el 21 de Mayo de 2014, de Electro Industria:

<http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=837>

Gomez Zeballos, A.H. (Mayo de 2014). *DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UNA RED INALAMBRICA PARA UN PROCESO INDUSTRIAL UTILIZANDO PROTOCOLO MODBUS*. Recuperado el 11 de Julio de 2014, de Pontificia Universidad Católica del Perú:
http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/5426/GOMEZ_ALONSO_DISE%C3%91O_RED_INALAMBRICA_PROCESO INDUSTRIAL_MODBUS.pdf?sequence=1

Guerrero, V.; Yuste, R. y Martinez, L. (2010). *Comunicaciones Industriales*. Mexico: Alfaomega.

Hernández Hernandez, D. (s.f.). *Automatizacion industrial*. Recuperado el 06 de Noviembre de 2013, de
<http://www.slideshare.net/DianaNanah/automatizacin-industrial-15058236>

Herrera Perez, E. (2003). Medios de Transmision. En E. Herrera Perez, *Tecnologias y Redes de Transmision de Datos* (págs. 81-96). Mexico: Limusa.

IACI. (s.f.). *Interfaz Hombre-Maquina*. Recuperado el 21 de 05 de 2014, de Universidad Nacional de Quilmes:
<http://iaci.unq.edu.ar/materias/laboratorio2/HMI%5CIntroduccion%20HMI.pdf>

f

Instalacion de WAMP SERVER. (s.f.). Recuperado el 24 de Junio de 2014, de Scribd: <http://es.scribd.com/doc/23633288/INSTALACION-DE-WAMP-SERVER-Y-PHP-CON-BASE-DE-DATOS>

Introducción a la Redes de Comunicación Industrial. (s.f.). Recuperado el 08 de diciembre de 2013, de http://www.disa.bi.ehu.es/spanish/ftp/material_asignaturas/Fundamentos%20de%20Automatizaci%F3n%20Industrial/Comunicaciones%20y%20Supervisi%F3n/Introducci%F3n%20a%20las%20Comunicaciones%20Industriales.pdf

Leon, A.S. (17 de Marzo de 2011). *Sistema de Control Distribuido.* Recuperado el 15 de Enero de 2014, de Slideshare: <http://www.slideshare.net/alleonchile/sistemas-de-control-distribuido-dcs-7298975>

M.P.M.; F.P.M. (s.f.). *Comunicaciones Industriales.* Recuperado el 10 de Febrero de 2014, de infopl: http://www.infopl.net/files/documentacion/comunicaciones/infopl_net_00presentacioncursocomindbabel.pdf

Marti Carne, J. (s.f.). *Introduccion a Modbus.* Recuperado el 6 de Julio de 2014, de xmcarne: <http://www.xmcarne.com/blog-tecnico/introduccion-modbus/>

MAVAINSA. (s.f.). *Control de Procesos*. Recuperado el 21 de 01 de 2014, de http://pastranamoreno.files.wordpress.com/2011/03/control_procesos-valvulas.pdf

NATIONAL INSTRUMENTS. (19 de Septiembre de 2012). *Librerías de Modbus*. Recuperado el 12 de Marzo de 2014, de NATIONAL INSTRUMENTS: <http://www.ni.com/example/29756/en/>

Pastor Mondejar, J. (25 de Abril de 2008). *Tecnologías de Acceso Remoto a Aplicaciones Corporativas y Teletrabajo*. Recuperado el 3 de Febrero de 2014, de <http://www.teleco.upct.es/documentos/empresas/AccesoRemoto.pdf>

Predo, J. (23 de Mayo de 2012). *Etherent Industrial*. Recuperado el 21 de 12 de 2013, de SEDICI: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/18171>

Quiroz Herrera, J. (s.f.). *Control Industrial*. Recuperado el 06 de Noviembre de 2013, de Electroindustria: <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=81>

Rueda, Carlos. (s.f.). *Automatización Industrial*. Recuperado el 6 de Noviembre de 2013, de http://www.tec.url.edu.gt/boletin/URL_10_MEC01.pdf

Schneider-Electric. (s.f.). *Redes Industriales*. Recuperado el 28 de Noviembre de 2013, de Schneider-Electric: <http://www.schneiderelectric.es/documents/local/productos->

servicios/automatizacion-control/guia-soluciones-aut/guia-soluciones-aut-capitulo9.pdf

Schneider-Electric. (s.f.). *Twido Modular Bases TWDLMDA20DRT*. Recuperado el 03 de Mayo de 2014, de http://www.schneider-electric.com/ww/en/download/document/1606344_01A55?showAsIframe=true&xtmc=TWDLMDA20DRT&xtcr=2

TeamViewer. (2014). *Acceso Remoto*. Recuperado el 27 de Agosto de 2014, de TeamViewer: <http://www.teamviewer.com/es/>

Tecnología Digital del Bajío. (11 de Septiembre de 2012). *Modbus*. Recuperado el 11 de Junio de 2014, de Tecnología Digital del Bajío: <http://www.tecdigitaldelbajio.com/blog/27-modbus-parte-iii-que-es-el-modbus.html>

Villanueva Molina, J.F. (s.f.). *Redes Industriales*. Recuperado el 28 de Noviembre de 2013, de infopl: http://www.infopl.net/files/documentacion/comunicaciones/infoPLC_net_Reddes_Industriales.pdf

Weidmuller. (s.f.). *I/O Inálambricas*. Recuperado el 08 de Mayo de 2014, de Weidmuller: http://www.weidmuller.com.mx/docs/cw_index_v2.aspx?id=95161&domid=1031&sp=M&m1=91500&m2=91509&m3=95160&m4=95161 <http://www.bb-elec.es/wireless-overview.htm>