



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMATICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA DE INGENIERIA EN SISTEMAS**

**“IMPLEMENTACIÓN DE LA ARQUITECTURA PARA
AUTOMATIZACIÓN DISTRIBUIDA MODBUS-IDA PARA EL
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL (EIS)”.**

TESIS DE GRADO

**Previa la obtención del título de
INGENIERO EN SISTEMAS INFORMÁTICOS**

**Presentado por:
MANUEL MESIAS ALVAREZ PICHIZACA**

Riobamba – Ecuador

2010

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mis más sinceros agradecimientos a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, por ser forjadora de mi educación, a todos los maestros que aportaron con sus conocimientos para que pueda culminar esta etapa de mi vida.

Un reconocimiento especial a mi Director de Tesis Ing. Marco Viteri quien por su guía, apoyo y paciencia contribuyó en gran manera al desarrollo de este trabajo, quien más que un maestro ha sido un amigo para mi.

A mis queridos padres por ser el sostén de mi vida y darme su apoyo incondicional así como a mis hermanos por su apoyo desinteresado.

DEDICATORIA

Este trabajo de Investigación está dedicado aun ser celestial al Señor Belén por darme la vida y la fortaleza necesaria para vencer los obstáculos que se me presentan, y a mis Padres Julio y Vicenta por haber moldeado mi personalidad, quienes con su ayuda y cuidado constante han hecho de mí una mejor persona.

FIRMAS DE RESPONSABILIDAD

	FIRMA	FECHA
Ing. Iván Menes DECANO DE LA F.I.E.	_____	_____
Ing. Raúl Rosero DIRECTOR DE LA E.I.S.	_____	_____
Ing. Marco Viteri DIRECTOR DE TESIS	_____	_____
Ing. Diego Avila MIEMBRO DEL TRIBUNAL	_____	_____
Tec. Carlos Rodríguez DIRECTOR DEL DPTO. DE DOCUMENTACIÓN	_____	_____
Nota de la Tesis:	_____	

RESPONSABILIDAD DEL AUTOR

Manuel Mesias Alvarez Pichizaca soy el 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”.

Manuel Alvarez

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

ASCII	American Standard Code for Information Interchange
ASI	Actuador sensor interface
AVG	Vehículo de guiado automático
CAD	Diseño asistido por computador
CNC	Máquina de control numérico
CRC	Comprobación de redundancia cíclica
DHCP	Protocolo de configuración dinámico de host
DP	Decentralized periphery
FMS	Fieldbus message specification
IEC	Comité Electrotécnico Internacional.
IP	Protocolo de Internet
I/O	Entrada y/o salida
KM	Kilómetro
LAN	Local Área Network.
LRC	Comprobación longitudinal redundante
LSB	Bit menos significativo
MAP	Manufactured automation protocol
MB+	Modbus plus
MSB	Bit más significativo
Modbus-IDA	The architecture for distributed automation
ODVA	Open device net vendor association
OSI	Open Systems Interconnection.
PA	Process automation
PC	Computador Personal.
PROFIBUS	Process Field Bus.
PNO	Profibus user organization
PTO	Profibus trade organization
RTU	Unidad de estación remota.
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition.
SDS	Smart distributed system
SRS	Especificación de requerimiento de software
TCP	Protocolo de Control de Transmisión
TETF	Internet engineering task force
WAN	Wide Área Network.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO

DEDICATORIA

FIRMAS DE RESPONSABILIDAD

RESPONSABILIDAD DEL AUTOR

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

ÍNDICE GENERAL

Índice de Figuras

ÍNDICE DE TABLAS

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO I

MARCO REFERENCIAL	17
1.1 Antecedentes.	17
1.2. Justificación.	18
1.2.1. Justificación Teórica	18
1.2.2. Justificación Práctica Aplicativa	19
1.3. Objetivos	20
1.3.1. Objetivo General.....	20
1.3.2. Objetivos Específicos.....	20
CAPÍTULO II.....	21
2.1 Automatización Industrial	21
2.1.1 Introducción	21
2.1.2 Sistemas Industriales Distribuidas	22
2.2. Comunicaciones Industriales	22
2.2.1 Redes de comunicaciones Industrial.	22
2.2.1.1 Red de Factoría	23
2.2.1.2 Red de Planta	23
2.2.1.3 Red de Célula	23
2.2.2 Buses de Campo	24
2.2.2.1 Ventajas de los Buses de Campo	25
2.2.2.2 Clasificación de los Buses de Campo	25
2.2.2.3 Buses Estandarizados.....	28

2.3 MÓDULO ELEVADOR DE PALETIZADO.....	34
2.3.1 Elevador de paletizado.....	34
2.3.2 Descripción de la operación.....	35
2.3.3 Partes constitutivas.....	37
2.3.3.1 Sistema mecánico.....	37
2.3.3.1.1 Especificaciones de perfiles.....	38
2.3.3.1.2 Especificaciones generales.....	39
2.3.3.1.3 Montaje del sistema mecánico.....	40
2.3.3.2 Sistema eléctrico.....	43
2.3.3.2.1 Panel de control.....	44
2.3.3.2.2 Sensor óptico.....	45
2.3.3.2.3 Sensores magnéticos de posicionamiento.....	45
2.3.3.2.4 Finales de carrera.....	46
2.3.3.2.5 Relés de control.....	47
2.3.3.2.6 Regletas borneras.....	48
2.3.3.2 Motor eléctrico.....	48
2.3.3.3 Sistema neumático.....	48
2.3.3.3.1 Pistón doble vástago.....	49
2.3.3.4.1 Datos técnicos módulo elevador.....	49
2.3.3.4.1 Datos técnicos de los elementos.....	50
2.3.3.4.2 Motoreductor.....	50
2.3.3.4.3 Sensores magnéticos.....	51
2.3.3.4.4 Sensor óptico.....	51
2.3.3.4.5 Cilindro neumático doble vástago.....	52
2.3.4 Conexiones de la instalación.....	53
2.3.4.1 Conexión eléctrica.....	53
2.3.4.2 Conexión neumática.....	53

CAPÍTULO III

3. Modbus-IDA.....	54
3.1 Historia del protocolo Modbus.....	55
3.2 Introducción al Protocolo MODBUS.....	55
3.3 Estructura de los mensajes Modbus.....	59
3.4 Modbus serial.....	60
3.4.1 Modos de transmisión de serie Modbus.....	61
3.4 Definición de comparación entre los modos de transmisión del MODBUS.....	63
3.5 Modbus plus.....	64
3.6 Modbus TCP.....	69
3.6.1 Orientado a conexión.....	70
3.6.2 Codificación de datos.....	71
3.6.3 Interpretación del modelo de datos.....	71
3.6.4 Filosofía de longitud implicada.....	72
3.6.5 Ventajas del protocolo modbus/tcp.....	73
3.6.6 Estructura del protocolo.....	74
3.6.7 Esquema de Encapsulación del Protocolo MODBUS TCP.....	76
3.6.8 Prestaciones de un sistema MODBUS TCP/IP.....	77
3.6.9 Tramas del Mensaje de MODBUS.....	78
3.6.10 Descripción de las Funciones del Protocolo.....	86
3.6.11 Métodos para comprobación de errores.....	88
3.6.12 Modbus maestro/esclavo.....	93
3.6.13 Característica técnica de concentrador de señales SAI-AU M12 IE 16DI/8DO.....	94

CAPÍTULO IV

IMPLEMENTACIÓN DE LA RED AL MODULO DE ELEVACIÓN CON MODBUS-IDA ..	98
--	-----------

Índice de Figuras

Figura II.1. Red tipo Anillo	22
Figura II. 2. Elevador de paletizado.....	35
Figura II.3. Movimientos del elevador de paletizado.	36
Figura II. 4. Estructura base.	37
Figura II. 5. Estructura vertical.....	38
Figura II.6 Estructura soporte de banda y elevación.....	38
Figura II.7 Perfil modular 140006	40
Figura II 8. Unión general	41
Figura II.9. Unión de perfil perpendicular.....	41
Figura II. 10. Tuerca cabeza martillo.....	42
Figura II. 11. Tapa plástica.	42
Figura II.12 Banda corta.....	43
Figura II. 13. Panel de control	44
Figura II. 14. Sensor óptico.	45
Figura II.15. Sensores magnéticos posicionamiento.	46
Figura II.16. Finales de carrera	47
Figura II.17. Relés de control y regleta bornera.....	47
Figura II.18. Motor eléctrico.....	48
Figura II.19. Pistón neumático de doble vástago.....	49
Figura II.20 Motoreductor	50

Figura II.21. Sensor magnético	51
Figura II. 22. Sensor óptico.	52
Figura III-1. Tramas del protocolo Modbus.....	57
Figura III-2. Petición respuesta Maestro esclavo	59
Figura III.3 Modbus serial y modelo OSI	64
Figura III-4. Modbus Plus Niveles	68
Figura III-5. Estructura del prefijo de Modbus/TCP.....	75
Figura III-6. Encapsulamiento de la trama Modbus/TCP.....	76
Figura III.7. Trama de Mensaje ASCII.	79
Figura III.8.Trama del Mensaje RTU.	81
Figura III.9. Orden de bits (ASCII).....	85
Figura III.10. Orden de bits (RTU)	86
Figura III-11 protocolo MODBUS y Modelo ISO/OSI	93
Figura III-12 Concentrador de señal SAI-AU M12 IE 16DI/8DO.....	94
Figura III-13. Concentrador de señal SAI-AU M12 IE 16DI/8DO	96
Figura III-14. Modulo de conexión AUX-IN1, AUX-IN2	97
Figura III-15. Plug-in jumper position J1	97
Figura N° IV.1. Monitoreo y comunicación con Modbus TCP.....	101
Figura IV.2. Escenario de prueba	108
Figura IV.3. Caso de Uso.	112
Figura IV.4. Diagrama de Secuencia.....	114
Figura IV.5. Diagrama de Estados.....	115

Tabla IV.9. Caso de uso real. Ejecución del monitoreo del sistema de elevación.	116
Figura IV.6. Caso de uso real.	117
Figura IV.7. Diagrama de Colaboración.....	117
Figura IV.8. Diagrama de componentes	118
Figura IV.9. Diagrama de Despliegue	118
Figura N° IV.10. Digitamos comunicación Modbus y ok.....	119
Figura N° IV.11. Seleccionamos Modbus y ok.....	120
Figura N° IV.12. Configuración de opción Modbus	121
Figura N° IV.13. Configuración del sensor piso 1	122
Figura N° IV.14 Configuración del sensor piso 2	122
Figura N° IV.15. Configuración del sensor piso 3	123
Figura N° IV.16. Configuración del giro de carro	124
Figura N° IV.17. Configuración de salida sube elevador.	124
Figura N° IV.18. Configuración de salida baja elevador.....	125
Figura N° IV.19. Identificación de polaridad del cable.....	126
Figura N° IV.20. Configuración de cableado entrada.....	128
Figura N° IV.21. Configuración de cableado Salida.....	129
Figura N° IV.22. Configuración de cableada salida prefabricada.	130
Figura N° IV.23. Lógica de objetos del modulo de elevación piso 3.....	131
Figura N° IV.24. Lógica de objetos del modulo de elevación piso 2.....	132
Figura N° IV.25. Lógica de objetos del modulo de elevación giro de carro	132
Figura N° IV.26. Monitoreo de la aplicación	133

Figura N° IV.27. Monitoreo de la aplicación	133
Figura N° IV.29. Puerto de Modbus	137
Figura N° IV.30. Grafico de confiabilidad	138
Figura N° IV.31. Grafico velocidad de transmisión.....	139
Figura N° IV.32. Grafico pérdida de información	140
Figura N° IV.32. Grafico Seguridad de red	141
Figura N° IV.33. Grafico variables totales	142

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla III.1 Estructura de los mensajes Modbus.....	60
Tabla III-2. Comparación de Tramas del Protocolo Modbus	63
Tabla III. 3 Propiedades de Modbus / ASCII y Modbus / RTU	63
Tabla III -4. Modbus Plus.....	68
Tabla III.5. Estructura del mensaje en Modbus/TCP.	75
Tabla III-6. Descripción de las Funciones del Protocolo	86
Tabla III.7. Trama genérica subfunciones control esclavos(cod.Función 00h)	87
Tabla III-8 datos técnicos	94
Tabla III-9 Datos técnicos modulo extraíble	95
Tabla III-10 Datos técnicos para sistema de bus.....	95
Tabla III-11 Tabla de los significados de LEDS.....	96
Tabla III-12 Conexiones de concentrador de señal	96
Tabla IV.1. Categorización de riesgos.....	103
Tabla IV.2. Plan de contingencia	103
Tabla IV.3. Especificaciones técnicas de los Equipos del Control.....	106
Tabla IV.4. Requisito funcional 1. Comunicación	109
Tabla IV.5. Requisito funcional 2. Monitoreo.....	109
Tabla IV.6. Caso de uso. Monitoreo y ejecución de la aplicación para la red con Modbus-ida.....	111
Tabla IV.7. Glosario de Términos	113

Tabla IV.8. Contrato de Operación N° 1. Monitoreo y ejecución de la aplicación para la red con Modbus-ida.....	114
Tabla IV.9. Caso de uso real. Ejecución del monitoreo del sistema de elevación.	116
Tabla IV.10 Recursos usados para el monitoreo y comunicación de la red.....	131
Tabla IV.11 Datos a optimizar	134
Tabla IV.12 Escala de valores.....	135
Tabla IV.13 Cuadro comparativo de la confiabilidad entre redes	138
Tabla IV.14 Cuadro comparativo de velocidad entre redes	139
Tabla IV.15 Cuadro comparativo de pérdida de información entre redes	140
Tabla IV.16 Cuadro comparativo global de los tipos de redes	142

INTRODUCCIÓN

En el área de las comunicaciones en entornos industriales, Dada la creciente tendencia de la Industria en mejorar y controlar los procesos de mejor manera, surge la necesidad de realizar un estudio detallado de los protocolos de comunicación industrial que pueden ser utilizados. Uno de estos protocolos es el MODBUS, ya que gracias a sus características es actualmente el mayor utilizado en redes industriales. De ahí que surge la necesidad de plasmar este estudio mediante una aplicación que permita utilizar el Protocolo MODBUS. Esta aplicación está construido para simular el funcionamiento del modulo de elevación de palets.

Para desarrollar la aplicación se utiliza el software de National Instruments Lookout 6.5 que permite programar de una manera que permite que el PC sea configurado como máster y el dispositivo Modbus esclavo.

El presente trabajo tiene como objetivo lograr la comunicación de la red con el MODBUS-IDA y esta a su vez que permita manipular el modulo de elevación.

El contenido de esta tesis esta estructurado en 4 capítulos, el **Capítulo I** se relata los antecedentes, objetivos y justificación de la tesis el **Capítulo II** contiene el estudio de redes industriales, buses de campo y modulo de elevación, el **Capítulo III** recoge el estudio del protocolo de comunicación MODBUS-IDA (The architecture for distributed automation), **Capítulo IV** se encargara de la parte aplicativa en donde se detalla el diseño, configuración de la red con MODBUS-IDA

CAPÍTULO I

MARCO REFERENCIAL

1.1 Antecedentes.

El presente trabajo pretende realizar el estudio de MODBUS-IDA en el modulo de elevación de palets. Comunicando sistema de control al modulo de elevación utilizando cable de fibra óptica que permita integrar con otros tipos de redes, la comunicación se va a realizar utilizando el protocolo MODBUS-IDA.

La tecnología de bus de campo, utiliza señales digitales para transmitir los datos entre si y sus respectivos sistemas de control, lo cual le confiere mayor inmunidad a las interferencias y la posibilidad de utilizar menos conductores. “Un bus de campo es un sistema de comunicación digital, serial y multipunto para comunicación de bajo nivel destinado a equipos de control de procesos industriales y dispositivos de instrumentación tales como actuadores, sensores y controladores locales”. Esta característica permite el uso de fibra óptica para el transporte de datos, lo cual es bastante útil cuando se quiere aumentar la seguridad contra interferencias electromagnéticas. Además, cuando se utilizan instrumentos de campo digitales se

dispone de una cantidad mucho mayor de datos; los transmisores “inteligentes”, pueden manejar información acerca del estado y la configuración de dispositivos.

Modbus puede implementarse sobre cualquier línea de comunicación serie o TCP y permite la comunicación por medio de tramas binarias o ASCII con un proceso interrogación-respuesta simple. Debido a que fue incluido en los PLCs de la prestigiosa firma Modicon en 1979, ha resultado un estándar de facto para el enlace serie entre dispositivos industriales. La designación Modbus no corresponde propiamente a un estándar de red que incluye todos los aspectos desde el nivel físico hasta el de aplicación, sino a un protocolo de mensajes, posicionado en la capa de aplicación o nivel 7 del modelo OSI (Open System Interconnection). Modbus es un protocolo de comunicaciones tipo maestro/esclavo o cliente/servidor entre dispositivos conectados sobre diferentes tipos de redes. Se suele hablar de Modbus como un estándar de bus de campo.

1.2. Justificación.

1.2.1. Justificación Teórica

El Modbus / TCP se ha convertido en estándar industrial de facto debido a su simplicidad, bajo coste, necesidades mínimas en cuanto a componentes de hardware, sobre todo se trata de protocolo abierto. La conexión de Modbus TCP es inicialmente establecida en esta capa de protocolo (nivel de aplicación) y esa conexión única puede llevar múltiples transacciones independiente. Posee múltiples ventajas entre las que cuenta:

- Es simple para administrar y expandir.

- No es necesario equipo o software propietario de algún vendedor.
- Puede ser usado para comunicar con una gran base instalada de dispositivo Modbus.
- Es de muy alto desempeño, limitado típicamente por la capacidad del sistema operativo del computador para comunicarse.

Dada la creciente tendencia de la Industria en mejorar y controlar los procesos de mejor manera, surge la necesidad de realizar un estudio detallado de los protocolos de comunicación industrial que pueden ser utilizados. Uno de estos protocolos es el MODBUS, ya que gracias a sus características es actualmente el mayor utilizado en redes industriales. Permite la transmisión de datos en el sistema máster / esclavo.

1.2.2. Justificación Práctica Aplicativa

La parte práctica corresponde a la implementación de una red industrial con Modbus-IDA en el laboratorio de automatización industrial de la escuela de ingeniería en sistemas-ESPOCH. El Modbus es un estándar de bus de campo y actúa como concentrador de señales. Cada dispositivo de la red Modbus posee una dirección única. Al implementar esta Red con Modbus se pretende simular los movimientos del modulo de elevación de palets, este modulo posee 3 pisos en las se va a simular la carga de los palets. Este estará disponible a los alumnos de la Facultad de Informática y Electrónica, los mismos que podrán usar y aprender del material que se encontrara disponible para un mejor aprendizaje, en el laboratorio.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

- Implementar la arquitectura para automatización distribuida con MODBUS-IDA que permita optimizar la operación de conexión con otros tipos de redes.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Analizar y estudiar el MODBUS-IDA como protocolo de comunicaciones para enlazar la red con los elementos de campo.
- Diseñar y configurar el sistema de bus de campo mediante módulos de E/S Remota descentralizada.
- Implementar la red al modulo de elevación existente en laboratorio de automatización industrial.

CAPÍTULO II

2.1 Automatización Industrial

2.1.1 Introducción

El tema de automatización nos dará una visión muchísimo más amplia de lo que puede ayudar esto a una empresa ya que se va a dar en la misma un proceso de mecanización de las actividades industriales para reducir la mano de obra, simplificar el trabajo para que así se de propiedad a algunas maquinas de realizar las operaciones de manera automática; por lo que indica que se va dar un proceso más rápido y eficiente.

Al darse una mayor eficiencia en el sector de maquinaria, lograra que la empresa industrial disminuya la producción de piezas defectuosas, y por lo tanto aumente una mayor calidad en los productos que se logran mediante la exactitud de las maquinas automatizadas; todo esto ayudara a que la empresa industrial mediante la utilización de inversiones tecnológicas aumente toda su competitividad en un porcentaje considerable con respecto a toda su competencia, y si no se hace, la empresa puede sufrir el riesgo de quedarse rezagado.

2.1.2 Sistemas Industriales Distribuidas

Su nombre se debe a que los dispositivos conectados a la red forman entre si un anillo, al cual se conectan a través de un pequeño repetidor que interrumpe el canal. La información se trasmite mediante paquetes enviados de nodo a nodo desde el nodo emisor hasta el terminal destino, este tipo de topología brinda una excelente transmisión pues evita pérdida de paquetes no obstante si un nodo falla toda la red podría dejar de funcionar.

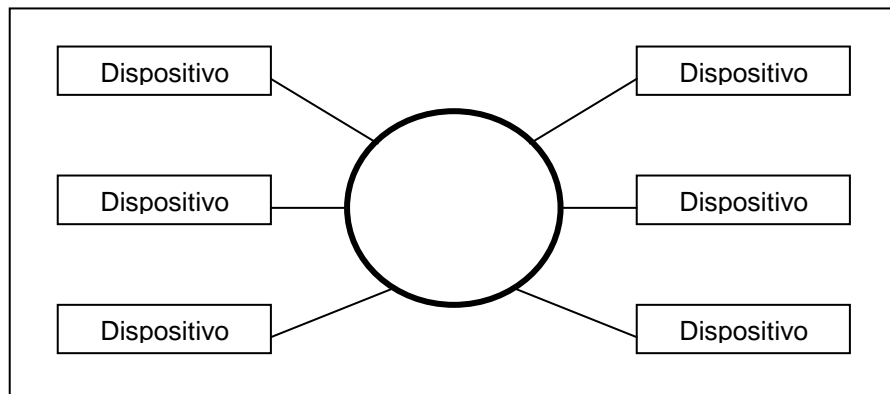


Figura II.1. Red tipo Anillo

2.2. *Comunicaciones Industriales.*

2.2.1 *Redes de comunicaciones Industrial.*

En el uso de comunicaciones industriales se pueden separar dos áreas principales, una comunicación a nivel de campo, y una comunicación hacia el SCADA. En ambos casos la transmisión de datos se realiza en tiempo real, o por lo menos con una demora que no es significativa respecto de los tiempos del proceso, pudiendo ser crítico para el nivel de

campo. Según el entorno donde van a ser instaladas, en un ámbito industrial existen varios tipos de redes

2.2.1.1 Red de Factoría

Para redes de oficina, contabilidad y administración, ventas, gestión de pedidos, almacén, etc. El volumen de información intercambiada es muy alto, y los tiempos de respuesta no son críticos.

2.2.1.2 Red de Planta

Para interconectar módulos y células de fabricación entre sí y con departamentos como diseño o planificación. Suele emplearse para el enlace entre las funciones de ingeniería y planificación con las de control de producción en planta y secuenciamiento de operaciones. Como ejemplo se tiene la transmisión a un sistema de control numérico del programa de mecanizado elaborado en el departamento de diseño CAD/CAM. Estas redes deben manejar mensajes de cualquier tamaño, gestionar eficazmente errores de transmisión (detectar y corregir), cubrir áreas extensas (puede llegar a varios kilómetros), gestionar mensajes con prioridades (gestión de emergencias frente a transferencia de ficheros CAD/CAM), y disponer de amplio ancho de banda para admitir datos de otras subredes como pueden ser voz, vídeo, etc.

2.2.1.3 Red de Célula

Para interconectar dispositivos de fabricación que operan en modo secuencial como Robots, Máquinas de control numérico (CNC), Autómatas programables (PLC), Vehículos de guiado automático (AGV). Las características deseables en estas redes son: Gestionar mensajes cortos eficientemente, capacidad de manejar tráfico de eventos

discretos, mecanismos de control de error (detectar y corregir), posibilidad de transmitir mensajes prioritarios, bajo coste de instalación y de conexión por nodo, recuperación rápida ante eventos anormales en la red y alta fiabilidad. En este nivel, y a caballo entre el nivel de planta podemos ubicar las redes MAP (Manufacturing Automation Protocol) como ejemplo representativo.

2.2.2 Buses de Campo

Un bus de campo es un sistema de transmisión de información (datos) que simplifica enormemente la instalación y operación de máquinas y equipamientos industriales utilizados en procesos de producción. El objetivo de un bus de campo es sustituir las conexiones punto a punto entre los elementos de campo y el equipo de control a través del tradicional bucle de corriente de 4-20mA. Típicamente son redes digitales, bidireccionales, multipunto, montadas sobre un bus serie, que conectan dispositivos de campo como PLCs, transductores, actuadores y sensores. Cada dispositivo de campo incorpora cierta capacidad de proceso, que lo convierte en un dispositivo inteligente, manteniendo siempre un costo bajo. Cada uno de estos elementos será capaz de ejecutar funciones simples de diagnóstico, control o mantenimiento, así como de comunicarse bidireccionalmente a través del bus.

El objetivo es reemplazar los sistemas de control centralizados por redes de control distribuido mediante el cual permita mejorar la calidad del producto, reducir los costos y mejorar la eficiencia. Para ello se basa en que la información que envían y/o reciben los dispositivos de campo es digital, lo que resulta mucho más preciso que si se recurre

a métodos analógicos. Además, cada dispositivo de campo es un dispositivo inteligente y puede llevar a cabo funciones propias de control, mantenimiento y diagnóstico. De esta forma, cada nodo de la red puede informar en caso de fallo del dispositivo asociado, y en general sobre cualquier anomalía asociada al dispositivo. Esta monitorización permite aumentar la eficiencia del sistema y reducir la cantidad de horas de mantenimiento necesarias.

2.2.2.1 Ventajas de los Buses de Campo

Los buses de campo presentan las siguientes ventajas:

- ✓ Minimización del cableado usado lo que abarata costos, facilita la instalación de la red y en la instalación y disminuye el tiempo de mantenimiento.
- ✓ Distancias operativas superiores al cableado tradicional.
- ✓ Permite la comunicación bidireccional entre los dispositivos de campo y los sistemas de control, pero también entre los propios dispositivos de campo
- ✓ Un bus de campo posibilita la adición y retiro de de equipos u otros elementos en pleno funcionamiento.
- ✓ Facilita el diagnóstico de errores o problemas ocurridos dentro de la red.
- ✓ Trabaja con Interfaces abiertas normalizadas, lo que habilita la conexión de equipos de múltiples diseñadores.

2.2.2.2 Clasificación de los Buses de Campo

Debido a la falta de estándares y las grandes expectativas económicas que reporta el control de procesos industriales, un gran número de fabricantes de equipos han desarrollado diversas soluciones, cada una de ellas con distintas prestaciones y campos de aplicación.

A continuación se presenta una clasificación de los buses de campo de acuerdo a su funcionalidad:

Buses de alta velocidad y baja funcionalidad

Están diseñados para integrar dispositivos simples como relés, actuadores simples, etc.; que operan en aplicaciones de tiempo real, y se hallan agrupados en una pequeña zona de la planta, típicamente una máquina. Básicamente comprenden las capas física y de enlace del modelo OSI.

Ejemplos de este tipo de buses son los siguientes:

- ✓ **CAN:** Diseñado originalmente para su aplicación en vehículos.
- ✓ **SDS:** Bus para la integración de sensores y actuadores, basado en CAN.
- ✓ **ASI:** Bus serie diseñado por Siemens para la integración de sensores y actuadores

Buses de alta velocidad y funcionalidad media

Son buses controlan dispositivos de campo complejos, de forma eficiente y a bajo costo, están basados en el diseño de una capa de enlace para el envío eficiente de bloques de datos de tamaño medio. Estos mensajes permiten que el dispositivo tenga mayor funcionalidad de modo que permite incluir aspectos como la configuración, calibración o programación del dispositivo.

Normalmente incluyen la especificación completa de la capa de aplicación, lo que significa que se dispone de funciones utilizables desde programas basados en PCs para acceder, cambiar y controlar los diversos dispositivos que constituyen el sistema.

Algunos incluyen funciones estándar para distintos tipos de dispositivos (perfiles) que facilitan la inter-operabilidad de dispositivos de distintos fabricantes.

Buses de altas prestaciones

Soportan comunicaciones a través de todos los niveles de la producción CIM. Aunque se basan en buses de alta velocidad, pueden presentar problemas debido a la sobrecarga necesaria para alcanzar las características funcionales y de seguridad que se les exigen.

Entre sus características se incluyen las siguientes:

- ✓ Redes multi-maestro con redundancia.
- ✓ Comunicación maestro-esclavo según el esquema pregunta-respuesta.
- ✓ Recuperación de datos desde el esclavo con un límite máximo de tiempo
- ✓ Capacidad de direccionamiento unicast, multicast y broadcast,
- ✓ Petición de servicios a los esclavos basada en eventos.
- ✓ Comunicación de variables y bloques de datos orientada a objetos.
- ✓ Descarga y ejecución remota de programas.
- ✓ Altos niveles de seguridad de la red, opcionalmente con procedimientos de autenticación.
- ✓ Conjunto completo de funciones de administración de la red.

Algunos ejemplos son de este tipo de buses son:

- ✓ Profibus
- ✓ WorldFIP
- ✓ Fieldbus Foundation

Buses para áreas de seguridad intrínseca

Incluyen modificaciones en la capa física para cumplir con los requisitos específicos de seguridad intrínseca en ambientes con atmósferas explosivas. La seguridad intrínseca es un tipo de protección por la que el componente en cuestión no tiene posibilidad de provocar una explosión en la atmósfera circundante. Un circuito eléctrico o una parte de un circuito tienen seguridad intrínseca, cuando alguna chispa o efecto térmico en este circuito producidos en las condiciones de prueba establecidas por un estándar no puede ocasionar una combustión. Algunos ejemplos son HART, Profibus PA o WorldFIP.

2.2.2.3 Buses Estandarizados

PROFIBUS

Profibus se desarrolló bajo un proyecto financiado por el gobierno alemán. Está normalizado en Alemania por DIN E 19245 y en Europa por EN 50170. El desarrollo y posterior comercialización ha contado con el apoyo de importantes fabricantes como ABB, AEG, Siemens, Klöckner-Moeller, ... Está controlado por la PNO (Profibus User Organisation) y la PTO (Profibus Trade Organisation).

Existen tres perfiles:

- Profibus DP (Decentralized Periphery). Orientado a sensores/actuadores enlazados a procesadores (PLCS) o terminales.
- Profibus PA (Process Automation). Para control de proceso y cumpliendo normas especiales de seguridad para la industria química (IEC 1 / 15 8-2, seguridad intrínseca).

- Profibus FMS (Fieldbus Message Specification). Para comunicación entre células de proceso o equipos de automatización. La evolución de Profibus hacia la utilización de protocolos TCP/IP para enlace al nivel de proceso hace que este perfil esté perdiendo importancia.

Se distingue entre dispositivos tipo maestro y dispositivos esclavo. El acceso al medio entre maestros se arbitra por paso de testigo, el acceso a los esclavos desde un maestro es un proceso de interrogación cíclico (polling). Se pueden configurar sistemas multimaestro o sistemas más simples maestro-esclavo.

DeviceNet

Bus basado en CAN. Su capa física y capa de enlace se basan en ISO 11898, y en la especificación de Bosh 2.0. DeviceNet define una de las más sofisticadas capas de aplicaciones industriales sobre bus CAN.

DeviceNet fue desarrollado por Allen-Bradley a mediados de los noventa, posteriormente pasó a ser una especificación abierta soportada en la ODVA (Open DeviceNet Vendor Association), Cualquier fabricante puede asociarse a esta organización y obtener especificaciones, homologar productos, etc.

Es posible la conexión de hasta 64 nodos con velocidades de 125 Kbps a 500 Kbps en distancias de 100 a 500 m.

Utiliza una definición basada en orientación a objetos para modelar los servicios de comunicación y el comportamiento externo de los nodos. Define mensajes y conexiones para funcionamiento maestro-esclavo, interrogación cíclica, "strobing" o lanzamiento de

interrogación general de dispositivos, mensajes espontáneos de cambio de estado, comunicación uno-uno, modelo productor-consumidor, carga y descarga de bloques de datos y ficheros etc.

FOUNDATION FIELDBUS

Un bus orientado sobre todo a la interconexión de dispositivos en industrias de proceso continuo. Su desarrollo ha sido apoyado por importantes fabricantes de instrumentación (Fisher-Rosemount, Foxboro). En la actualidad existe una asociación de fabricantes que utilizan este bus, que gestiona el esfuerzo normalizador, la Fieldbus Foundation. Normalizado como ISA SP50, IEC-ISO 61158 (ISA es la asociación internacional de fabricantes de dispositivos de instrumentación de proceso).

En su nivel H1 (uno) de la capa física sigue la norma IEC 11158-2 para comunicación a 31,25 Kbps, es por tanto, compatible con Profibús PA, su principal contendiente. Presta especial atención a las versiones que cumplen normas de seguridad intrínseca para industrias de proceso en ambientes combustibles o explosivos. Se soporta sobre par trenzado y es posible la reutilización de los antiguos cableados de instrumentación analógica 4-20 mA. Se utiliza comunicación síncrona con codificación Manchester Bifase-L.

La capa de aplicación utiliza un protocolo sofisticado, orientado a objetos con múltiples formatos de mensaje. Distingue entre dispositivos con capacidad de arbitración (Link Master) y normales. En cada momento un solo Link master arbitra el bus, puede ser sustituido por otro en caso de fallo. Utiliza diversos mensajes para gestionar comunicación por paso de testigo, comunicación cliente-servidor, modelo productor-

consumidor etc. Existen servicios para configuración, gestión de diccionario de objetos en nodos, acceso a variables, eventos, carga descarga de ficheros y aplicaciones, ejecución de aplicaciones, etc. La codificación de mensajes se define según ASN.1

El nivel H2 (dos) está basado en Ethernet de alta velocidad (100 Mbps) y orientado al nivel de control de la red industrial.

SDS

SDS ("Smart Distributed System") es, junto con DeviceNet y CANOpen, uno de los buses de campo basados en CAN más extendidos. Se ha utilizado sobre todo en aplicaciones de sistemas de almacenamiento, empaquetado y clasificación automática. Se define una capa física que incluye alimentación de dispositivos en las conexiones. La capa de aplicación define autodiagnóstico de nodos, comunicación por eventos y prioridades de alta velocidad.

CANOpen

Bus de campo basado en CAN. Fue el resultado de un proyecto de investigación financiado por la Comunidad Europea y se está extendiendo de forma importante entre fabricantes de maquinaria e integradores de célula de proceso. Está soportado por la organización CiA (CAN In Automation), organización de fabricantes y usuarios de CAN que también apoya DeviceNet, SDS etc.

MODBUS

En su definición inicial Modbus era una especificación de tramas, mensajes y funciones utilizada para la comunicación con los PLCs Modicon. Modbus puede implementarse

sobre cualquier línea de comunicación serie y permite la comunicación por medio de tramas binarias o ASCII con un proceso interrogación-respuesta simple. Debido a que fue incluido en los PLCs de la prestigiosa firma Modicon en 1979, ha resultado un estándar de facto para el enlace serie entre dispositivos industriales.

Modbus Plus define un completo bus de campo basado en técnica de paso de testigo. Se utiliza como soporte físico el par-trenzado o fibra óptica.

INDUSTRIAL ETHERNET

La norma IEEE 802.3 basada en la red Ethernet de Xerox se ha convertido en el método más extendido para interconexión de computadores personales en redes de proceso de datos. En la actualidad se vive una auténtica revolución en cuanto a su desplazamiento hacia las redes industriales. Es indudable esa penetración. Diversos buses de campo establecidos como Profibus, Modbus etc. han adoptado Ethernet como la red apropiada para los niveles superiores. En todo caso se buscan soluciones a los principales inconvenientes de Ethernet como soporte para comunicaciones industriales:

- El intrínseco indeterminismo de Ethernet se aborda por medio de topologías basadas en conmutadores. En todo caso esas opciones no son gratuitas.
- Se han de aplicar normas especiales para conectores, blindajes, rangos de temperatura etc. La tarjeta adaptadora Ethernet empieza a encarecerse cuando se la dota de robustez para un entorno industrial

ASI

AS-I (Actuator Sensor Interface) es un bus de campo desarrollado inicialmente por Siemens, para la interconexión de actuadores y sensores binarios. Actualmente está recogido por el estándar IEC TG 17B.

A nivel físico, la red puede adoptar cualquier tipo de topología: estructura en bus, en árbol, en estrella o en anillo. Permite la interconexión de un máximo de 31 esclavos. La longitud máxima de cada segmento es de 100 metros. Dispone de repetidores que permiten la unión de hasta tres segmentos, y de puentes hacia redes Profibus. Como medio físico de transmisión, emplea un único cable que permite tanto la transmisión de datos como la alimentación de los dispositivos conectados a la red. Su diseño evita errores de polaridad al conectar nuevos dispositivos a la red.

El cable consta de dos hilos sin apantallamiento. Para lograr inmunidad al ruido, la transmisión se hace basándose en una codificación Manchester

Cada esclavo dispone de hasta 4 entradas/salidas, lo que hace que la red pueda controlar hasta 124 E/S digitales. La comunicación sigue un esquema maestro - esclavo, en la cual el maestro interroga a las estaciones enviándoles mensajes (llamados telegramas) de 14 bits y el esclavo responde con un mensaje de 7 bits. La duración de cada ciclo pregunta respuesta es de 150 m s. En cada ciclo de comunicación se deben consultar todos los esclavos, añadiendo dos ciclos extras para operaciones de administración del bus (detección de fallos). El resultado es un tiempo de ciclo máximo de 5ms.

CONTROLNET

Bus de alta velocidad (5 Mbps) y distancia (hasta 5 Km), muy seguro y robusto promovido por Allen-Bradley. Utiliza cable RG6/U (utilizado en televisión por cable) y se basa en un controlador ASIC de Rockwell.

No es soportado por muchos fabricantes y resulta de elevado precio por nodo. Se ha utilizado para interconexión de redes de PLCs y computadores industriales en aplicaciones de alta velocidad y ambientes muy críticos.

HART

Es un protocolo para bus de campo soportado por la HART Communication Foundation y la Fieldbus Foundation, Su campo de aplicación básico es la comunicación digital sobre las líneas analógicas clásicas de los sistemas de instrumentación, manteniendo éstas en servicio. Sus prestaciones como bus de campo son reducidas.

Utiliza el bus analógico estándar 4-20 mA sobre el que transmite una señal digital modulada en frecuencia (modulación FSK 1200-2200 Hz). Transmite a 1200 bps manteniendo compatibilidad con la aplicación analógica inicial y sobre distancias de hasta 3 Km. Normalmente funciona en modo maestro-esclavo.

2.3 *MÓDULO ELEVADOR DE PALETIZADO.*

2.3.1 Elevador de paletizado

El elevador puede ser usado para tareas de programas prácticos como un solo

mecanismo o en conexión con una banda transportadora para corregir los problemas más grandes de almacenamiento de las bandas, está compuesto con tres niveles o con una torre de almacenamiento con cuatro niveles. Permite realizar diversos movimientos de transporte y elevación de palets con la opción de carga y descarga de los mismos a diferentes niveles según la disponibilidad de estantería.

Los movimientos son controlados por medio de un programa lógico a través Lookout que permiten la ejecución de los diferentes ciclos de operación. Consta además de un panel de control en el que se encuentran ubicados los elementos de maniobra. Los movimientos de elevación se realiza por medio de un sistema neumático y los movimientos de carga de descarga se ejecuta a través de un sistema electromecánico, figura 2.

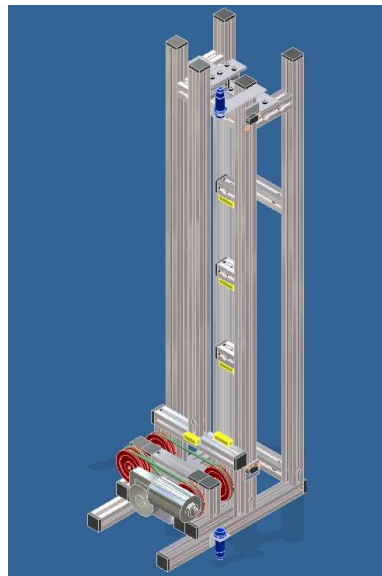


Figura II. 2. Elevador de paletizado.

2.3.2 Descripción de la operación

El módulo elevador de paletizado es un enlace entre una banda transportadora y un

sistema de estantería, ejecuta diversos movimientos dependiendo de los requerimientos.

- El movimiento de la banda corta para la carga y descarga de palets se realiza en dos sentidos, giro izquierdo y giro derecho por medio de un motoreductor.
- El posicionamiento del palet sobre la banda corta está determinado mediante un sensor magnético.
- El movimiento ascendente y descendente está dado por un cilindro neumático, el mismo que toma ubicación en tres niveles diferentes a través de sensores magnéticos.

El elevador de paletizado tiene dos funciones principales, figura 3.

- Recibir el palet desde un proceso anterior y ubicar en una posición de estantería predeterminada.
- Extraer el palet de la posición de estantería para un proceso posterior.

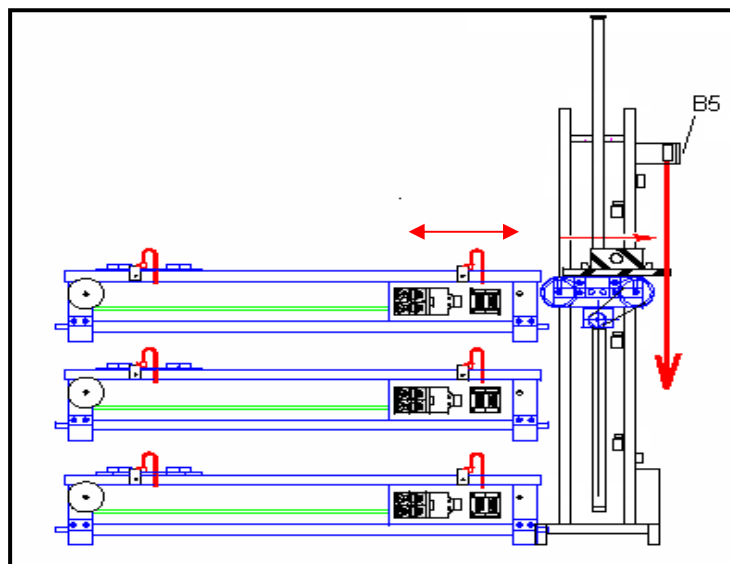


Figura II.3. Movimientos del elevador de paletizado.

2.3.3 Partes constitutivas

El módulo elevador de paletizado está constituido por tres sistemas principales:

- Sistema mecánico.
- Sistema eléctrico.
- Sistema neumático

Además requiere del sistema informático para la ejecución del programa lógico.

2.3.3.1 Sistema mecánico

El sistema mecánico consta de las siguientes partes:

- Una sección de aluminio como estructura base, (figura 4).
- Una estructura vertical de cuatro pilares, (figura 5).
- Un elemento transversal como base para una banda corta y un elemento longitudinal para el transporte vertical, (figura 6).

Toda la estructura mecánica está realizada con perfil de aluminio.



Figura II. 4. Estructura base.

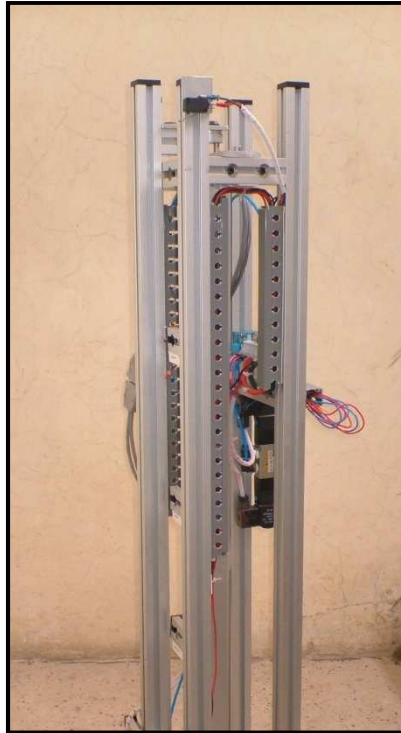


Figura II.5. Estructura vertical

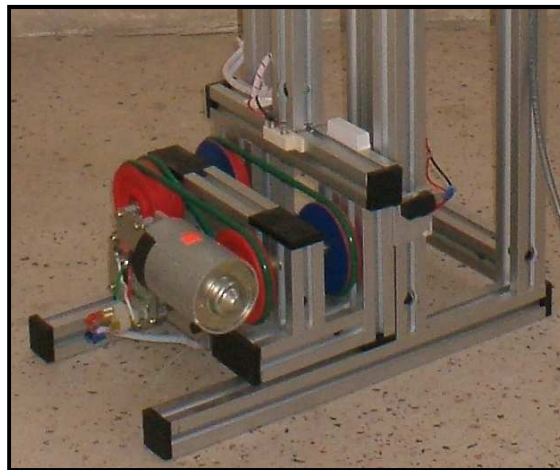


Figura II.6 Estructura soporte de banda y elevación.

2.3.3.1.1 Especificaciones de perfiles

Los perfiles modulares presentan las siguientes características.

a. Aleación

Las aleaciones con la que se extruyen estos perfiles son la EN AW 6106-T5 y la EN

AW 6060/6063-T5, cuyas características mecánicas están especificadas.

b. Recubrimiento.

Los perfiles se suministran con un tratamiento de anodizado natural, satinado químico, con un espesor de capa de 15 μ . También se puede suministrar en otros acabados de anodizado electrolítico, lacado en colores de la gama RAL o acabados madera.

c. Canales

En el sistema de perfil modular de la línea 30, se unifica el canal en 10 mm., con el fin de agrupar y reducir el número de accesorios, en dicho canal se pueden introducir además de los accesorios metálicos del sistema.

d. Nervio central de los perfiles

El nervio central de los perfiles está previsto para roscar a M8 y poder introducir herrajes, varillas roscadas de M8, tensores, pies niveladores y ruedas.

e. Longitud

Para su optimización de corte, los perfiles se suministran a 6.050 mm., pero en el caso de una determinada obra y si la cantidad lo justifica para abaratar los costes, se podrá suministrar a otra longitud.

2.3.3.1.2 Especificaciones generales

Perfil 140006 30x30 mm. LIGERO CUATRO CANALES, (figura 7).

Este perfil de línea 30 ligera con canal de 8 mm permite realizar cualquier tipo de estructura uniéndose a otros mediante los accesorios.

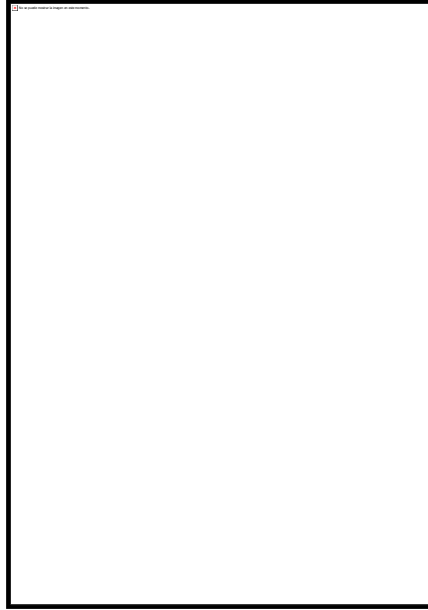


Figura II.7 Perfil modular 140006

2.3.3.1.3 Montaje del sistema mecánico

Para el montaje del sistema mecánico se utiliza los perfiles antes indicados y la unión se lo realiza por medio de accesorios de perfilaría que se detalla a continuación. Las dimensiones de los perfiles van de acuerdo a las especificaciones de los planos.

Unión general

Este accesorio se utiliza para fijar a tope todos los perfiles modulares. Para marcar y realizar la huella donde se apoya el tornillo se emplea el troquel manual. Se coloca la unión zincada y se sujeta con los prisioneros de M6 (colocados en posición inclinada) con ayuda de una llave allen # 4, ver figura 8.

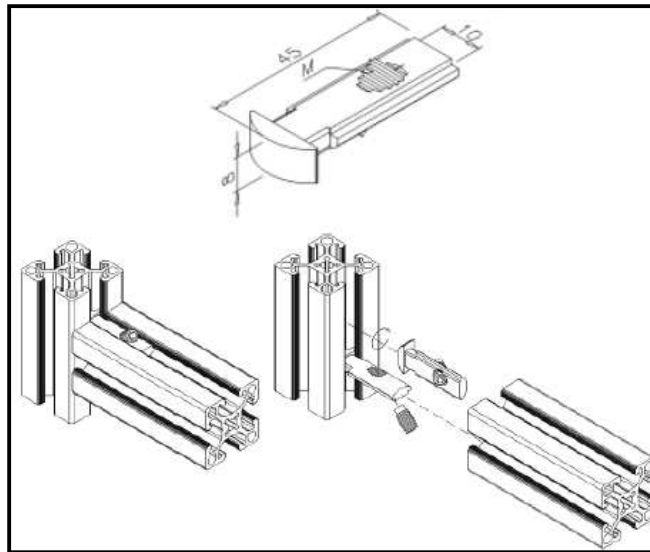


Figura II 8. Unión general

Conector de perfil perpendicular

Este conector de acero zincado se utiliza para unir a tope dos perfiles modulares. La forma del cabezal y el avellanado donde se introduce la punta del tornillo de bloqueo obliga a colocar la embocadura en la parte frontal del perfil. El cabezal se puede introducir en la ranura en cualquier momento del montaje, sólo hay que girar un cuarto de vuelta, ver figura 9.

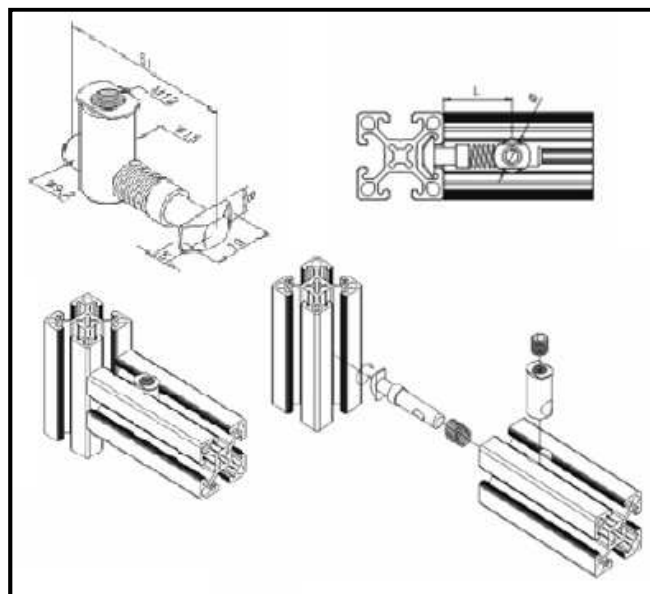


Figura II.9. Unión de perfil perpendicular

Tuerca cabeza martillo

Esta tuerca se utiliza para fijar cualquier accesorio. Se introduce frontalmente, se desliza por el canal de los perfiles modulares, y al girar un cuarto de vuelta queda bloqueado, ver figura 10.

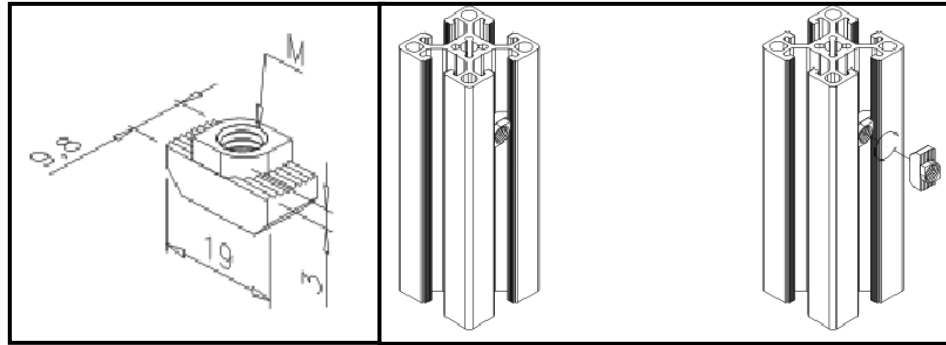


Figura II. 10. Tuerca cabeza martillo

Tapa plástica

Esta tapa se utiliza para tapar el extremo de los perfiles, figura 15.

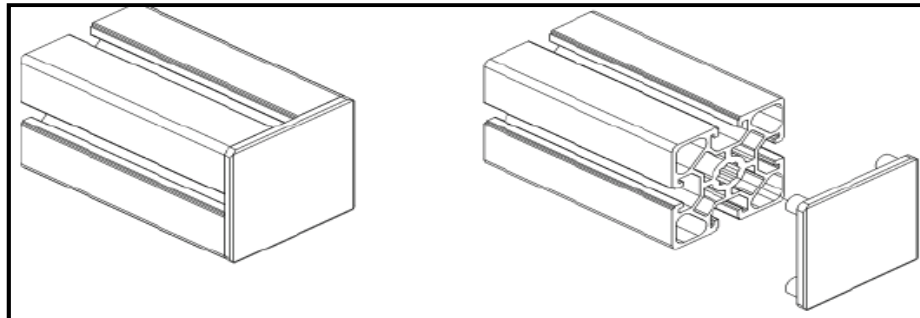


Figura II. 11. Tapa plástica.

Banda corta

La banda corta se monta sobre una base de perfiles de aluminio con los accesorios indicados y está compuesta por los siguientes elementos, ver figura 12.

- Motoreductor (1).

- Ejes para poleas (2).
- Poleas de hidrosólido (3).
- Bandas redondas (4).
- Estructura base (5).

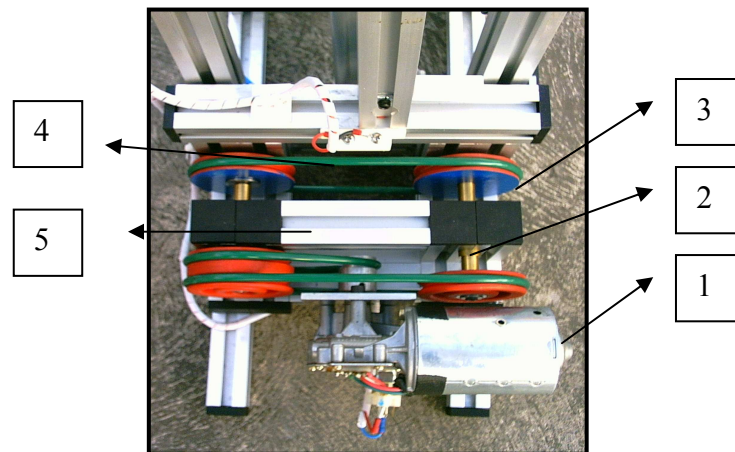


Figura II.12 Banda corta.

2.3.3.2 Sistema eléctrico

El sistema eléctrico permite el control del ciclo de operación del modulo elevador de paletizado y esta compuesto de los siguientes elementos:

- Panel de control con pulsadores, selector, lámpara de señalización, paro de emergencia.
- Cables de interfase X1L1, X2L2.
- Sensores magnéticos de posicionamiento
- Sensor óptico

- Finales de carreras
- Reles de control
- Regletas borneras
- Motor eléctrico 24 VDC

2.3.3.2.1 Panel de control

El panel de control esta ubicado en la parte derecha del modulo (figura 13), en este se encuentra los elementos de maniobra siguientes:

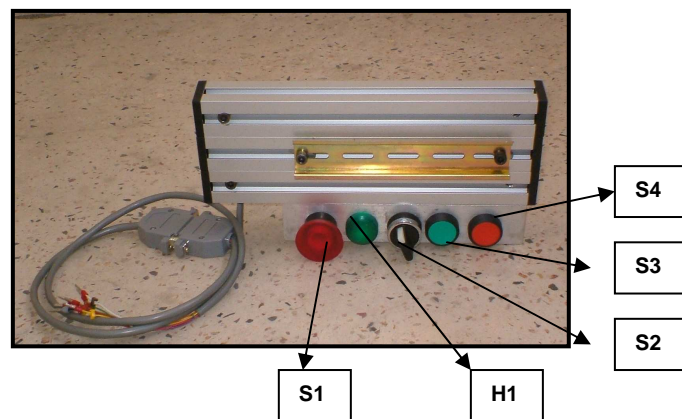


Figura II. 13. Panel de control

- Paro de emergencia (S1), detiene el ciclo de operación al ser accionado.
- Lámpara de señalización (H1), indica que el elevador esta en operación.
- Selector manual automático (S2), permite seleccionar la operación en modo manual o automático.
- Pulsador inicio ciclo automático (S3), permite iniciar el ciclo de operación en modo automático.

- Pulsador reset de operación (S4), reestablece la señal de emergencia y retorna el elevador a su posición inicial.

2.3.3.2.2 Sensor óptico

El sensor óptico es montado en el elevador. Este tiene una función de monitoreo. El sensor óptico B5 (entrada PLC) puede ser usado para una función de chequeo y protección de movimiento en el programa del PLC durante el deslizamiento del elevador, determinando la seguridad de la posición del palet en la banda corta. El sensor tiene un alcance de monitoreo de aproximadamente 100 cm, distancia de recorrido del elevador, (figura 14).



Figura II. 14. Sensor óptico.

2.3.3.2.3 Sensores magnéticos de posicionamiento.

Determinan los niveles de posicionamiento del elevador y la presencia del palet sobre la banda corta (figura 15).

- Sensor magnético nivel 1 (B1)
- Sensor magnético nivel 2 (B2)

- Sensor magnético nivel 3 (B3)
- Sensor magnético de posicionamiento de palet (B4)

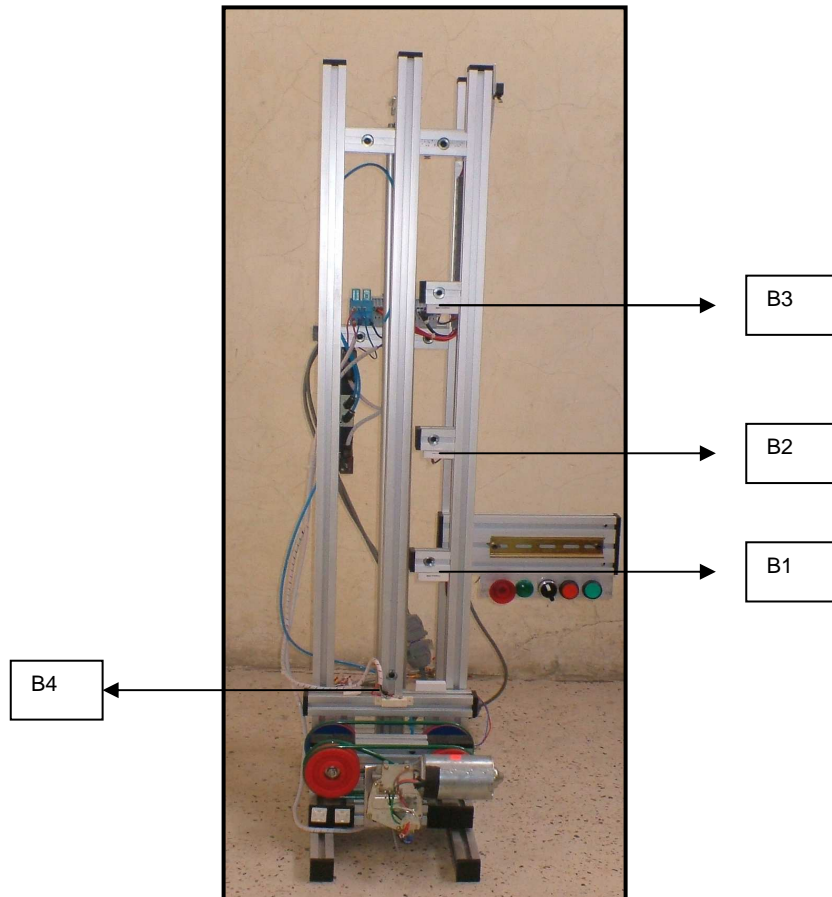


Figura II.15. Sensores magnéticos posicionamiento.

2.3.3.2.4 Finales de carrera

Limitan el movimiento tanto ascendente como descendente del elevador de paletizado. Están fijados con ventosas sobre ángulos de aluminio, los mismos que están empotrados a la estructura del modulo por medio de accesorios de acoplamiento y se encuentran ubicados en la parte derecha superior e inferior de la estructura, (figura 16).

- Final de carrera ascendente S5
- Final de carrera descendente S6

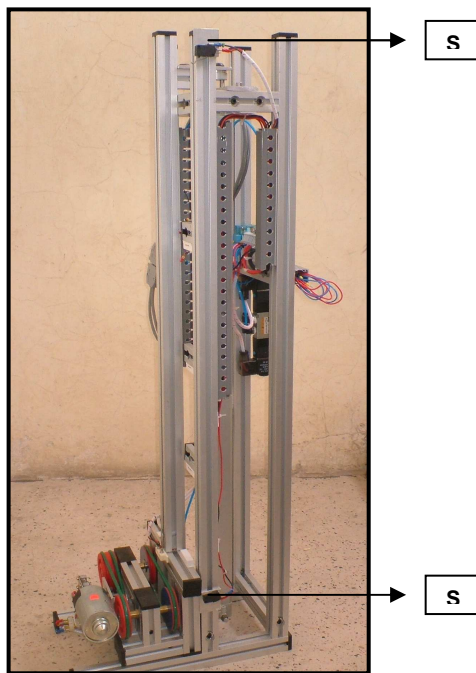


Figura II.16. Finales de carrera

2.3.3.2.5 Relés de control

Estos determinan el sentido de giro de la banda corta que es accionada por un motoreductor. Para este trabajo se utilizan dos relés, (figura 17).

- Relé K1 sentido de giro izquierdo.
- Relé K2 sentido de giro derecho.

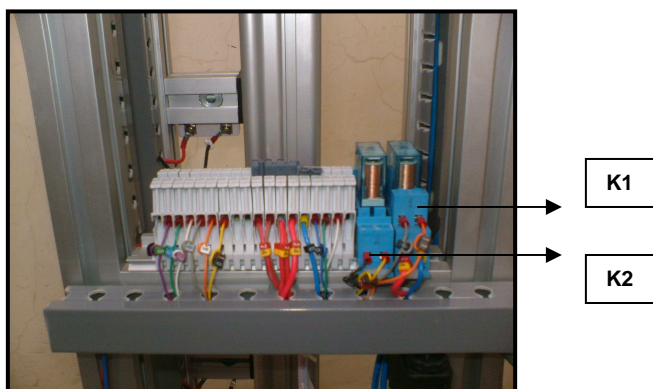


Figura II.17. Relés de control y regleta bornera.

2.3.3.2.6 Regletas borneras

Es el medio físico de unión entre las interfaces de comunicación y los elementos de maniobra, control y salidas, (figura 18).

2.3.3.2 Motor eléctrico

Establece el movimiento y el sentido de giro de la banda corta a través del sistema de transmisión, esta designado como M1, (figura 18).

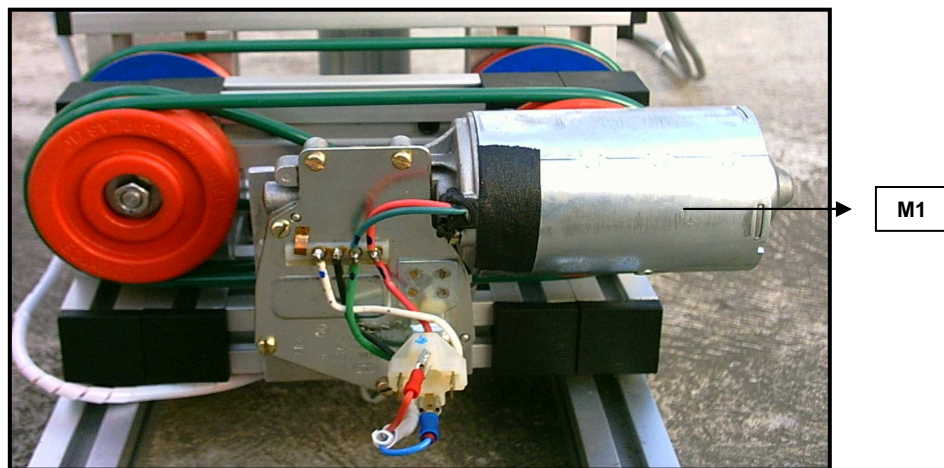


Figura II.18. Motor eléctrico.

2.3.3.3 Sistema neumático

Este sistema permite el desplazamiento vertical del elevador a través de la activación y accionamiento de sus elementos.

- Pistón de doble efecto, doble vástago A1.
- Electroválvula viestable 5/3.
- Conductor neumático 4mm.

- Racores de acople rápido.
- Válvulas reguladoras de caudal antiretorno.

2.3.3.3.1 Pistón doble vástago

Ejecuta el movimiento de ascenso y descenso del elevador a los diferentes niveles. Se utiliza este tipo de pistón para evitar el giro del embolo, asegurando el desplazamiento continuo, obteniendo de esta manera mayor rigidez, (figura 19).

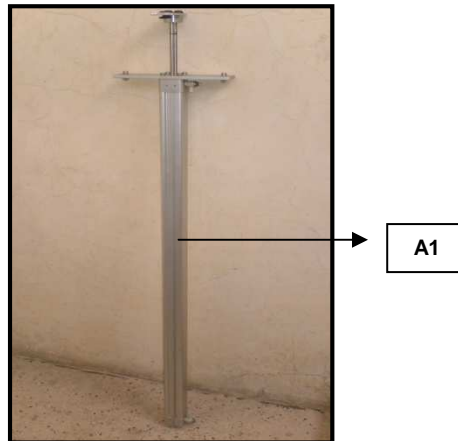


Figura II.19. Pistón neumático de doble vástago.

2.3.3.4.1 Datos técnicos módulo elevador

Las especificaciones técnicas del modulo elevador para su funcionamiento se establecen a continuación.

- Altura elevada: 627 mm
- Altura de la banda en el nivel 1: 217mm
- Altura de la banda en el nivel 2: 422mm
- Altura de la banda en el nivel 3: 627mm

- Amplitud de la pista banda: 226mm
- Velocidad de elevación aproximada: 2 m/min
- Velocidad de la banda: aproximada. 10 m/min
- Carga: paleta + 500 gr
- Voltaje de operación: 24V DC
- Corriente de operación: máx. 1,5 A
- Presión de operación 4 – 6 Bar.

2.3.3.4.1 Datos técnicos de los elementos

A continuación se detallan las especificaciones técnicas de los elementos que conforman el modulo elevador de paletizado.

2.3.3.4.2 Motoreductor

Motor para equipo de banda M28x20/S GEFEG 24 VDC 3150 rpm 1.6 Ncm (de acuerdo a las especificaciones del fabricante, estos motores pueden ser operados en operaciones temporales con 24 V DC), el reductor esta provisto de un sistema de engranaje planetario, con una reducción por golpe de 169:1 y en la banda de 93:1, (figura 20).



Figura II.20 Motoreductor

2.3.3.4.3 Sensores magnéticos

Son interruptores magnéticos con 2 partes, imán y mecanismo. Funciona por campo magnético, sin llegar a tocarse las 2 piezas, servicio continuo. Este interruptor magnético tiene contactos de plata, muelle inoxidable, caja en ABS en color blanco (figura 21).

- Material: plata o Cd
- Tensión máxima: 60V = y 250V.~.
- Potencia nominal: 150 W y 1250 V.A.
- Margen de trabajo: de 5 mm para la excitación y más de 10 mm. para la reposición
- Vida mecánica: + de 10 millones de maniobras
- Montaje: superficie
- Dimensiones imán: 64 x 12 x 14,5 mm. 23gs.
- Dimensiones mecánicas.: 64 x 17 x 14,5 mm. 19gs



Figura II.21. Sensor magnético

2.3.3.4.4 Sensor óptico

- Marca: Banner.
- Modelo: S18SP6R.

- Voltaje: 10 – 30 V DC.
- Corriente: 150 mA
- Distancia de trabajo: 20 mt.
- Tipo: PNP.

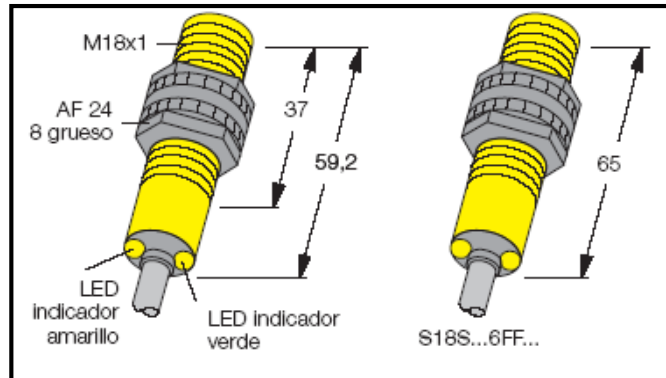


Figura II. 22. Sensor óptico.

2.3.3.4.5 Cilindro neumático doble vástago.

- Marca: Metal Work.
- Serie: TWNC.
- Juntas: NBR – Poliuretano.
- Presión de trabajo: Máx. 10 bar.
- Temperatura de trabajo: -10 / +80 °C
- Fluido: Aire filtrado con o sin lubricación
- Diámetro: 32 mm.
- Carrera: 900 mm.
- Tipo de construcción: Perfil extruido.
- Ejecuciones: Estándar magnético amortiguado.
- Fuerza a desarrollar a 6 bar en empuje/tracción con diámetro de 32 mm: 434N / 350N.

2.3.4 Conexiones de la instalación

Las conexiones a realizarse son de dos tipos.

2.3.4.1 Conexión eléctrica

Estas se efectúan por medio de las interfaces de conexión X1L1, X2L2 y cables individuales a un grupo de regleta bornera, de acuerdo a los circuitos eléctricos determinados.

2.3.4.2 Conexión neumática.

La conexión neumática se realiza con manguera neumática PU 4 de acuerdo al esquema neumático.

CAPÍTULO III

3. Modbus-IDA

Modbus-IDA (the architecture for distributed automation) La Arquitectura para automatización distribuida Constituida como una asociación comercial sin fines de lucro, Modbus-IDA tiene una sola misión de peso: para ayudar a los proveedores de los usuarios De Modbus, y los desarrolladores de éxito.

Creado inicialmente por Schneider Electric, Modbus constituye ahora un recurso público gestionado por una organización independiente Modbus-IDA, que permite una apertura total de sus especificaciones. Modbus, estándar industrial desde 1979, permite la comunicación entre millones de productos.

La IETF, autoridad internacional que gestiona Internet, ha aprobado la creación de un puerto (502) para los productos conectados a Internet/Intranet que utilicen el protocolo de comunicación Ethernet Modbus TCP/IP.

3.1 Historia del protocolo Modbus

En 1979 cuando Modicon fabricante PLC-ahora una marca de Telemecanique de Schneider Electric-publicado la interfaz de comunicación Modbus para una red multipunto sobre la base de una arquitectura de maestro / cliente. La comunicación entre los nodos de Modbus se logró con los mensajes. Es un estándar abierto que describió la estructura de mensajería. La capa física de la interfaz Modbus era libre de elegir. RS-232, RS-485 La interfaz Modbus original corría en RS-232, pero la mayoría de las implementaciones más utilizadas Modbus RS-485, ya que permite largas distancias, velocidades más altas y la posibilidad de una red multi-gota. En un corto período de tiempo hunderds de los vendedores acabo el Modbus sistema de mensajería en sus dispositivos y Modbus se convirtió en el estándar de facto para las redes de comunicación industrial.

Lo bueno de la norma Modbus es la flexibilidad, pero al mismo tiempo, la aplicación fácil. No sólo los dispositivos inteligentes, como microcontroladores, autómatas programables, etc son capaces de comunicarse con Modbus, también muchos sensores inteligentes están equipados con una interfaz Modbus a enviar sus datos a los sistemas de acogida. Si bien anteriormente Modbus se utiliza principalmente en las líneas de comunicación por cable de serie, también hay extensiones para el estándar para comunicaciones inalámbricas y de redes TCP / IP.

3.2 Introducción al Protocolo MODBUS

La designación Modbus Modicon corresponde a una marca registrada por Inc.Gould Como en tantos otros casos, la designación no corresponde propiamente al

estándar de red, incluyendo todos los aspectos desde el nivel físico hasta el de aplicación, sino a un protocolo de enlace (nivel OSI 2).

Puede, por tanto, implementarse con diversos tipos de conexión física y cada fabricante suele suministrar un software de aplicación propio, que permite parametrizar sus productos.

No obstante, se suele hablar de MODBUS como un estándar de bus de campo, cuyas características esenciales son las que se detallan a continuación.

a.- Estructura de la red

Medio Físico

El medio físico de conexión puede ser un bus semidúplex (half duplex) (RS-485 o fibra óptica) o dúplex (full duplex) (RS-422, BC 0-20mA o fibra óptica).

La comunicación es asíncrona y las velocidades de transmisión previstas van desde los 75 baudios a 19.200 baudios. La máxima distancia entre estaciones depende del nivel físico, pudiendo alcanzar hasta 1200 m sin repetidores.

Acceso al Medio

La estructura lógica es del tipo maestro-esclavo, con acceso al medio controlado por el maestro. El número máximo de estaciones previsto es de 63 esclavos más una estación maestra.

Los intercambios de mensajes pueden ser de dos tipos:

- Intercambios punto a punto, que comportan siempre dos mensajes: una demanda del maestro y una respuesta del esclavo (puede ser simplemente un reconocimiento («acknowledge»).
- Mensajes difundidos. Estos consisten en una comunicación unidireccional del maestro a todos los esclavos. Este tipo de mensajes no tiene respuesta por parte de los esclavos y se suelen emplear para mandar datos comunes de configuración, reset, etc.

b.- Protocolo

La codificación de datos dentro de la trama puede hacerse en modo ASCII o puramente binario, según el estándar RTU (Remote Transmission Unit). En cualquiera de los dos casos, cada mensaje obedece a una trama que contiene cuatro campos principales, según se muestra en la figura. La única diferencia estriba en que la trama ASCII incluye un carácter de encabezamiento y los caracteres CR y LF al final del mensaje. Pueden existir también diferencias en la forma de calcular el CRC, puesto que el formato RTU emplea una fórmula polinómica en vez de la simple suma en módulo 16. Con independencia de estos pequeños detalles, a continuación se da una breve descripción de cada uno de los campos del mensaje:

:	Nº	Código		LRC(16)	CR	LF
(3AH)	Esclavo	de	Subfunciones, Datos	H L	(0DH)	(0AH)
	(00-3FH)	Operación				

Codificación ASCII

Nº	Código		CRC(P16)
Esclavo	de	Subfunciones, Datos	H L
(00-3FH)	Operación		

Codificación RTU

Figura III-1. Tramas del protocolo Modbus

c.- El ciclo Petición – Respuesta

La Petición: El código de función en la petición indica al dispositivo esclavo diseccionado el tipo de acción a realizar. Los bytes de datos contienen cualquier información adicional que el esclavo necesitará para llevar a cabo la función. Por ejemplo el código de función 03 pedirá al esclavo que lea registros mantenidos (holding regs.) y responda con sus contenidos. El campo de datos debe contener la información que indique al esclavo en qué registro debe comenzar y cuántos ha de leer. El campo de comprobación de error proporciona un método para que el esclavo valide la integridad del contenido del mensaje recibido.

La Respuesta: Si el esclavo elabora una respuesta normal, el código de función contenido en la respuesta es una réplica del código de función enviado en la petición. Los bytes de datos contienen los datos recolectados por el esclavo, tales como valores de registros o estados. Si ocurre un error, el código de función contenido en la respuesta es diferente al código de función enviado en la petición, para indicar que la respuesta es una respuesta de error y los bytes de datos contienen un código que describe el error. El campo de comprobación de error permite al maestro confirmar que los contenidos del mensaje son válidos.

Para mayor comprensión se presenta el siguiente grafico.

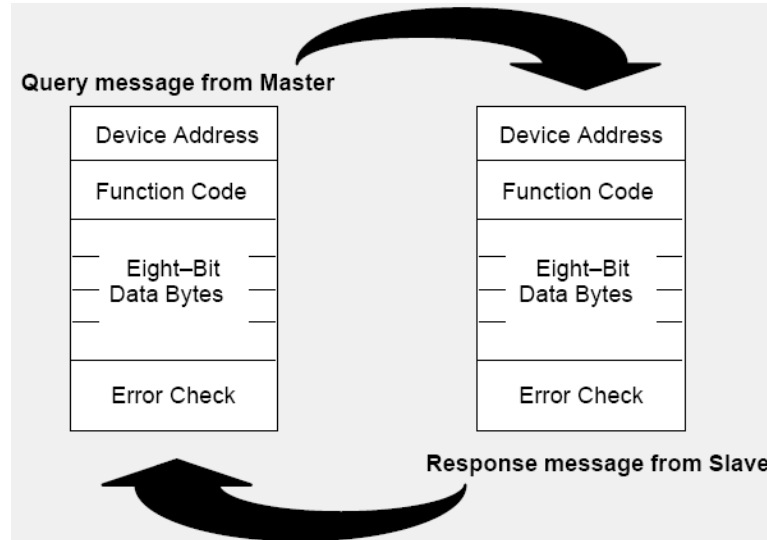


Figura III-2. Petición respuesta Maestro esclavo

3.3 Estructura de los mensajes Modbus

La interfaz de comunicación Modbus se construye alrededor de los mensajes. El formato de estos mensajes Modbus es independiente del tipo de interfaz física utilizada. El RS232 llanura de edad son los mismos mensajes usados como Modbus / TCP a través de Ethernet. Esto da a la definición de la interfaz Modbus una vida muy larga. El mismo protocolo se puede utilizar independientemente del tipo de conexión. Debido a esto, Modbus da la posibilidad de actualizar fácilmente la estructura de hardware de una red industrial, sin la necesidad de grandes cambios en el software. El dispositivo también puede comunicarse con varios nodos de Modbus a la vez, incluso si están conectados con diferentes tipos de interfaz, sin necesidad de utilizar un protocolo diferente para cada conexión.

En las interfaces simples como RS485 o RS232, Modbus los mensajes se envían en forma de plano por la red. En este caso, la red está dedicada a Modbus. Al utilizar los

sistemas de red más versátil, como TCP / IP sobre Ethernet, Modbus los mensajes están integrados en los paquetes con el formato necesario para la interfaz física. En ese caso, Modbus y otros tipos de conexiones pueden coexistir en la misma interfaz física, al mismo tiempo. Aunque la estructura de Modbus principal mensaje es "peer-to-peer, Modbus es capaz de funcionar tanto en punto a punto y redes multipunto.

Cada mensaje Modbus tiene la misma estructura. Cuatro elementos básicos están presentes en cada mensaje. La secuencia de estos elementos es el mismo para todos los mensajes, para que sea fácil de analizar el contenido del mensaje Modbus. Una conversación siempre es iniciada por un maestro en la red Modbus. Un *Modbus maestro* envía un mensaje y, dependiendo del contenido del mensaje-*un esclavo* toma acción y responde a ella. No puede haber más maestros en una red Modbus. Abordando en el encabezado del mensaje se utiliza para definir el dispositivo que debe responder a un mensaje. Todos los demás nodos de la red Modbus ignorar el mensaje de si el campo de la dirección no coincide con su propia dirección.

Tabla III.1 Estructura de los mensajes Modbus

Campo	Descripción
Dirección de dispositivo	Dirección del receptor
Código de función	Código de definir el tipo de mensaje
Datos	Bloque de datos con información adicional
Control de errores	El valor numérico de verificación para detectar errores de comunicación

3.4 Modbus serial

Es utilizado como servidor de protocolo de comunicación Modbus via RS-232 o RS-422/485. Se basa en arquitectura maestro / esclavo. Una dirección que van desde 1

hasta 247, se asigna a cada dispositivo esclavo. Sólo un maestro está conectado al bus en cualquier momento dado. Dispositivos esclavos, no transmiten información a menos que una solicitud es hecha por el dispositivo maestro y dispositivos esclavo no puede comunicarse con otros dispositivos esclavos.

La información es pasada entre los dispositivos maestros y esclavo de la lectura y la escritura a los registros ubicados en el dispositivo esclavo.

3.4.1 Modos de transmisión de serie Modbus

Los controladores pueden ser configurados para comunicar sobre redes standard Modbus utilizando cualquiera de los dos modos de transmisión: ASCII o RTU. Los usuarios seleccionan el modo deseado, junto con los parámetros de comunicación del puerto serie (velocidad, paridad, etc), durante la configuración de cada controlador. El modo y los parámetros serie deben ser los mismos para todos los dispositivos conectados a una red Modbus.

La selección del modo ASCII o RTU tiene que ver únicamente con redes Modbus standard. Define los bits contenidos en los campos del mensaje transmitido en forma serie en esas redes. Determina cómo debe ser empaquetada y decodificada, la información en los campos del mensaje.

En otras redes como Modbus Plus, los mensajes Modbus son situados en tramas sin relación con la transmisión serie. Por ejemplo una solicitud para leer registros mantenidos (holding reg.) puede ser manejada entre dos controladores en Modbus Plus, con independencia de la configuración actual de los puertos serie Modbus de ambos

controladores.

Modo ASCII Cuando los controladores se configuran para comunicar en una red Modbus según el modo ASCII (American Standard Code for Information Interchange), cada byte – 8 bits - en un mensaje se envía como dos caracteres ASCII. La principal ventaja de este modo es que permite intervalos de tiempo de hasta un segundo entre caracteres sin dar lugar a error.

El formato para cada byte en modo ASCII es:

Sistema de codificación: Hexadecimal, caracteres ASCII 0-9, A-F.

Un carácter hexadecimal contenido en cada carácter ASCII del mensaje.

Bits por byte: 1 bit de arranque, 7 bits de datos, el menos significativo se envía primero, 1 bit para paridad Par o Impar, ningún bit para No paridad, 1 bit de paro si se usa paridad, bits si no se usa paridad.

Campo de Comprobación de error: Comprobación Longitudinal Redundante (LRC)

Modo RTU

Cuando los controladores son configurados para comunicar en una red Modbus usando el modo RTU (Remote Terminal Unit), cada byte de 8 bits en un mensaje contiene dos dígitos hexadecimales de 4 bits. La principal ventaja de este modo es que su mayor densidad de carácter permite mejor rendimiento que el modo ASCII para la misma velocidad. Cada mensaje debe ser transmitido en un flujo continuo.

El formato para cada byte en modo RTU es:

Sistema de codificación: Binario 8-bits, hexadecimal 0-9, A-F. Dos dígitos hexadecimales contenidos en cada campo de 8 bits del mensaje.

Bits por byte: 1 bit de arranque, 8 bits de datos, el menos significativo se envía primero, 1 bit para paridad Par o Impar; ningún bit para No paridad, 1 bit de paro si se usa paridad; 2 bits si no se usa paridad.

Campo de Comprobación de error: Comprobación Cíclica Redundante (CRC).

3.4 Definición de comparación entre los modos de transmisión del MODBUS.

Tabla III-2. Comparación de Tramas del Protocolo Modbus

PARAMETROS	TRAMA MODBUS RTU	TRAMA MODBUS ASCII
ARRANQUE	T1-T2-T3-T4	1 CHARACTER
DIRECCION	8 BITS	2 CHARACTERS
FUNCION	8 BITS	2 CHARACTERS
DATOS	N * 8 BITS	N CHARACTERS
COMPROBACION LRC.	NO	2 CHARACTERS
COMPROBACION CRC.	16 BITS	NO
FINAL	T1-T2-T3-T4	2 CHARACTERS CRLF.

Tabla III. 3 Propiedades de Modbus / ASCII y Modbus / RTU

	Modbus / ASCII		Modbus / RTU	
Personajes	ASCII 0 ... 9 y un F ..		Binario 0 ... 255	
Control de errores	LRC Longitudinal Redundancy Check		CRC comprobación de redundancia cíclica	
Start Frame	carácter ':'		3,5 caracteres silencio	
Cuadro final	los caracteres CR / LF		3,5 caracteres silencio	
Lagunas en el mensaje	1 seg		1,5 veces la longitud de caracteres	
Bit de inicio	1		1	
Bits de datos	7		8	
Paridad	Par / Impar	ninguno	Par / Impar	ninguno
Bits de parada	1	2	1	2

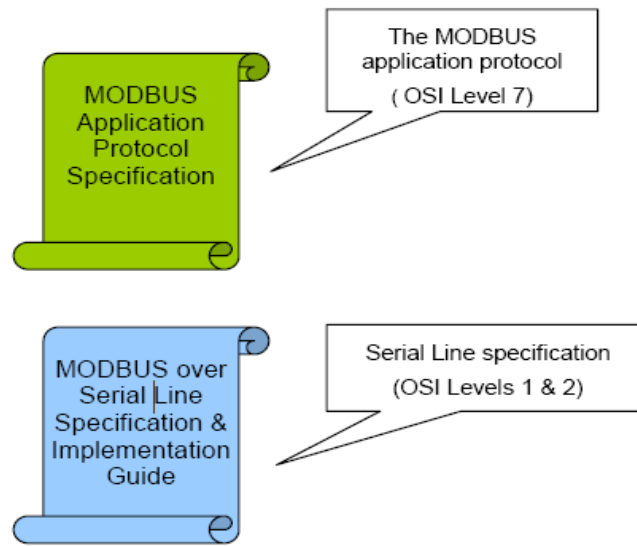


Figura III.3 Modbus serial y modelo OSI

3.5 Modbus plus

Modbus Plus fue desarrollado originalmente por Schneider y Modicon y hoy es administrada por la organización de usuarios Modbus-IDA.

Modbus Plus (MB+), es una red de comunicación local de alta velocidad, para aplicaciones de control industrial, responde a una arquitectura cliente / servidor.

Las características de la misma son:

- Velocidad de transmisión: 1 Megabit por segundo.
- Cada red soporta hasta 64 nodos o dispositivos direccionales.
- Distancia máxima utilizando repetidora: 1800m (6000ft)
- Medio físico de transmisión es el cable tipo par trenzado enmallado.
- La interfaz se basa en la norma RS-485

La red Modbus Plus estándar, soporta hasta 32 nodos y distancias de esta 450m (1500ft). La longitud puede ser hasta 2000m con el agregado de 3 repetidoras (amplificadores bidireccionales), los cuales son absolutamente "transparentes", para la red y para las aplicaciones sobre la misma, es decir, no constituyen nodos de red.

La tensión de alimentación es independiente para cada dispositivo se trata de un protocolo con limitaciones y donde solo es recomendable usarlo en caso de instalaciones donde existan instalaciones de este tipo (para mantener compatibilidad) pero en la actualidad es posible emplear medios de comunicación con mas prestaciones y precio similar.

Aplicaciones Modbus Plus

Modbus Plus es un sistema de red de área local para aplicaciones de mando industrial.

Los dispositivos conectados una red de computadoras pueden intercambiar mensajes para el mando y monitoreo de procesos de manera remoto en una planta industrial.

Los productos modicon Soportan comunicación Modbus Plus incluye programas y adaptadores de red.

Alcance de la Red

Cada red soporta hasta 64 dispositivos (nodos). Hasta 32 nodos pueden conectarse directamente al cable de la red a una longitud de (450 metros).

Los Repetidores pueden colocarse a una distancia máxima de (1800 metros) señales guiadas por cables, y el nodo que se cuenta debe ser a su máximo el nodo 64.

La velocidad de transmisión es de 1Mbit/sec. Los repetidores que se encuentren conectados vía fibra óptica alcanzaran mayores distancias.

Puente Redes

Pueden unirse múltiples redes a través de un Puente. Los mensajes originados en una red a través de uno o más puentes puede ser transmitido a otra red. Modbus Plus puede conectarse a una red de computadoras o dispositivos, así como con otros dispositivos por medio del puerto serial. (com) de la computadora.

Elementos de una red

Se debe tener en cuenta los siguientes factores en una red Modbus Plus.

Se puede diseñar su sistema de control de un amplio rango, Se puede escoger un sistema para un control de tipo distribuido, sistemas locales y remotos con entradas y salida sobre una interface de usuario.

Un mejor factor para que una red con modbus Plus funcione eficientemente requiere una buena definición de tipos ,cantidades e identificar los componentes programables que requiere la aplicación para llevar un buen control.

Funcionamiento

El funcionamiento de la red, es muy similar al de una red con protocolo "Token Ring". Un "Token" o grupo de bits, que trabajan como una "Posta" recorren la red siguiendo de una forma secuencial el orden lógico de las diferentes direcciones (no el orden físico), comenzando por la más baja y finalizando con la más alta. Cada nodo tiene

acceso a la red cuando recibe el “Token”. El nodo que retiene el token realiza las diferentes transacciones de mensajes (recepciones y envíos) desprendiéndose de aquel una vez completada la labor. Cuando realiza las transacciones recibe un acuse de recibo de la transacción, pero no la respuesta, ésta la recibirá cuando el nodo correspondiente haya adquirido el token. Una vez que el token recorrió todos los nodos de la red, vuelve a comenzar por el primero.

En una red común Modbus Plus, Modbus integrado mensajes se envían a través de un vínculo de comunicación RS485 de modo peer-to-peer, token red de tipo de cambio. Las redes de Modbus Plus se pueden utilizar con Modicon Quantum, Momentum Premium y PLCs.

PCs de hoy en día están evolucionando hacia la sustitución de RS232 y otros puertos en serie con varios puertos USB. Además, PCs portátiles nuevos ya no ofrecen el tipo-III ranuras PCMCIA. En consecuencia, conectar un PC directamente a los productos tales como PLCs, HMI o equipo remoto a través de una red de Modbus Plus se convierte cada vez más difícil o imposible, privando así a un usuario de las funciones básicas tales como la programación o la depuración de aplicaciones.

Todas las estaciones Modbus Plus conectadas a una arquitectura de redes, hasta un máximo de cinco niveles, pueden comunicarse entre sí.

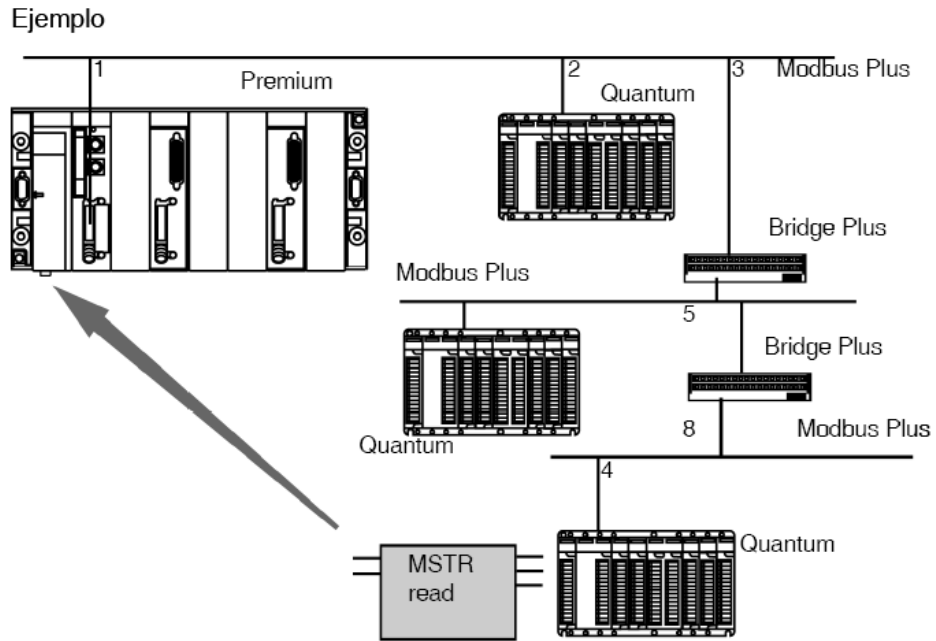


Figura III-4. Modbus Plus Niveles

La estación Quantum emite una petición de lectura hacia la estación Premium utilizando una ruta de dirección: 8.5.1.0.0 (routing path). El módulo de función MSTR permite leer o escribir palabras internas de una estación Premium o Atrium. El parámetro del registro esclavo del módulo de función MSTR indica directamente la dirección de la palabra interna %MW de la aplicación del automático. Este módulo de función permite igualmente leer o poner a cero los contadores de estadísticas de una estación Premium o Micro. Esta petición se ejecuta a través de la tarjeta PCMCIA.

Tabla III -4. Modbus Plus

Modbus Plus HECHOS	
Tipo de Red:	Maestro / Esclavo de bus de campo basado en RS-485 con fichas que pasa
Topología:	Topología en línea con segmentos de hasta 32 estaciones de
Instalación:	Cable de par trenzado con 9-D-Sub de polo. Longitud de cable por segmento de hasta 500m ampliable con repetidores de hasta 2.000m.
Velocidad:	2 Mbit / s

max. Estaciones:	64
Datos:	cíclica I / O y datos de parámetros acíclicos
Funciones de red:	Maestro / Esclavo de bus de campo de la red para aplicaciones de control Real-Time.
Organización de usuario:	<u>Modbus-IDA Grupo de Usuarios</u>

3.6 Modbus TCP

MODBUS TCP/IP es una variante o extensión del protocolo Modbus que permite utilizarlo sobre la capa de transporte TCP/IP. De este modo, Modbus-TCP se puede utilizar en Internet, de hecho, este fue uno de los objetivos que motivó su desarrollo (la especificación del protocolo se ha remitido a la IETF=Internet Engineering Task Force). En la práctica, un dispositivo instalado en Europa podría ser direccionado desde EEUU o cualquier otra parte del mundo.

MODBUS TCP/IP se ha convertido en un estándar industrial de facto debido a su simplicidad, bajo coste, necesidades mínimas en cuanto a componentes de hardware, y sobre todo a que se trata de un protocolo abierto. En la actualidad hay cientos de dispositivos MODBUS TCP/IP disponibles en el mercado. Se emplea para intercambiar información entre dispositivos, así como monitorizarlos y gestionarlos. También se emplea para la gestión de entradas/salidas distribuida, siendo el protocolo más popular entre los fabricantes de este tipo de componentes.

La combinación de una red física versátil y escalable como Ethernet con el estándar universal de interredes TCP/IP y una representación de datos independiente de

fabricante, como MODBUS, proporciona una red abierta y accesible para el intercambio de datos de proceso.

3.6.1 Orientado a conexión.

MODBUS es un protocolo de comunicación sin estado, es decir, cada solicitud del maestro es tratada independientemente por el esclavo y es considerada una nueva solicitud no relacionada a las anteriores, de esta forma haciendo a las transacciones de datos altamente resistentes a rupturas debido a ruido y además requiriendo mínima información de recuperación para ser mantenida la transacción en cualquiera de los dos terminales .

Las operaciones de programación de otro lado, esperan una comunicación orientada a la conexión, es decir, las máquinas de origen y de destino establecen un canal de comunicaciones antes de transferir datos. Este tipo de operaciones son implementadas de diferentes maneras por las diversas variantes de MODBUS (Modbus RTU, Modbus ASCII, Modbus PLUS).

Modbus/TCP maneja ambas situaciones. Una conexión es inicialmente Establecida en esta capa de protocolo (nivel de aplicación), y esa conexión única puede llevar múltiples transacciones independientes.

En adición, TCP permite establecer un gran número de conexiones concurrentes, de este modo el cliente (maestro) puede ya sea re-usar una conexión previamente establecida ó crear una nueva, en el momento de realizar una transacción de datos.

Es interesante analizar porqué el protocolo TCP orientado a la conexión es usado en lugar del protocolo UDP orientado a datagramas. La principal razón es mantener control de una transacción individual encerrándola en una conexión la cual pueda ser identificada, supervisada, y cancelada sin requerir acción específica de parte de las aplicaciones cliente y servidor. Esto da al mecanismo una amplia tolerancia a cambios del desempeño de la red, y permite que herramientas de seguridad tal como firewalls y proxys puedan ser fácilmente añadidos.

3.6.2 Codificación de datos.

MODBUS usa una representación .big-endian. Para direcciones y datos. Esto significa que cuando una cantidad numérica más grande que un byte es transmitido, el byte más significativo es enviado primero. Así, por ejemplo: 0x1234 será 0x12 0x34

3.6.3 Interpretación del modelo de datos.

MODBUS basa su modelo de datos sobre una serie de tablas las cuales tienen características distintivas. Las cuatro principales son:

- Entradas discretas. Bit simple, suministrado por un sistema I/O, de solo lectura.
- Salidas discretas. Bit simple, alterable por un programa de aplicación, de lectura-escritura.
- Registros de entrada. Cantidad de 16 bits, suministrado por un sistema I/O, de solo lectura.

- Registros de salida. Cantidad de 16 bits, alterable por un programa de aplicación, de lectura-escritura.

La distinción entre entradas y salidas, y entre datos direccionables al bit y direccionables a la palabra, no implica algún comportamiento de la aplicación. Es aceptable y común, considerar las cuatro tablas sobrelapando una con otra, si esta es la interpretación más natural sobre la máquina (esclavo MODBUS) en cuestión.

3.6.4 Filosofía de longitud implicada.

Todas las solicitudes y respuestas MODBUS están diseñadas en tal forma que el receptor puede verificar que un mensaje está completo. Para códigos de función donde la solicitud y respuesta son una longitud fija, el código de función solo es suficiente. Para códigos de función llevando una cantidad variable de datos en la solicitud ó respuesta, la porción de datos estará precedida por un campo que representa el número de bytes que siguen.

Cuando MODBUS es llevado sobre TCP información de longitud se adiciona en el prefijo (o encabezado) para permitir al receptor reconocer los límites del mensaje, igual si el mensaje ha sido dividido en múltiples paquetes para la transmisión. La existencia de reglas de longitud implícitas o explícitas, y el uso de un código de chequeo de error CRC-32 (sobre Ethernet) resulta en una probabilidad muy pequeña de corrupción no detectada sobre un mensaje de solicitud o respuesta.

3.6.5 Ventajas del protocolo modbus/tcp

- Realizar reparaciones o mantenimiento remoto desde la oficina utilizando un PC, reduciendo así los costes y mejorando el servicio al cliente.
- El ingeniero de mantenimiento puede entrar al sistema de control de la planta desde su casa, evitando desplazamientos.
- Permite realizar la gestión de sistemas distribuidos geográficamente mediante el empleo de las tecnologías de Internet/Intranet actualmente disponibles.
- Es escalable en complejidad. Un dispositivo el cual tiene solo un propósito simple necesita solo implementar uno ó dos tipos de mensaje.
- Es simple para administrar y expandir. No se requiere usar herramientas de configuración complejas cuando se añade una nueva estación a una red Modbus/TCP.
- No es necesario equipo o software propietario de algún vendedor. Cualquier sistema computador ó microprocesador con una pila de protocolos TCP/IP puede usar Modbus/TCP.
- Puede ser usado para comunicar con una gran base instalada de dispositivos MODBUS, usando productos de conversión los cuales no requieren configuración.
- Es de muy alto desempeño, limitado típicamente por la capacidad del sistema operativo del computador para comunicarse. Altas tasas de transmisión son fáciles de lograr sobre una estación única, y cualquier red puede ser construida para lograr tiempos de respuesta garantizados en el rango de milisegundos.

3.6.6 Estructura del protocolo

A continuación se describe la forma general de encapsulación de una solicitud o respuesta MODBUS cuando es llevada sobre una red Modbus/TCP. Es importante anotar que la estructura del cuerpo de la solicitud y respuesta, desde el código de función hasta el fin de la porción de datos, tiene exactamente la misma disposición y significado como en las otras variantes MODBUS, tal como:

MODBUS serial, Codificación ASCII

MODBUS serial, Codificación RTU

MODBUS PLUS

Las únicas diferencias en esos otros casos son la especificación de los delimitadores inicial y final del mensaje, el patrón de chequeo de error y la interpretación de la dirección.

Todas las solicitudes son enviadas vía TCP sobre el puerto registrado 502. Las solicitudes normalmente son enviadas en forma half-duplex sobre una conexión dada. Es decir, no hay beneficio en enviar solicitudes adicionales sobre una única conexión mientras una respuesta está pendiente. Sin embargo, los dispositivos que desean obtener altas tasas de transferencia pueden establecer múltiples conexiones TCP al mismo destino.

El campo dirección esclavo de MODBUS es reemplazado por un byte identificador de unidad el cual puede ser usado para comunicar a través de

dispositivos tales como puentes y gateways, los cuales usan una dirección IP única para soportar múltiples unidades terminales independientes.

Los mensajes de solicitud y respuesta en Modbus/TCP poseen un prefijo ó encabezado compuesto por seis bytes como se aprecia en la figura.

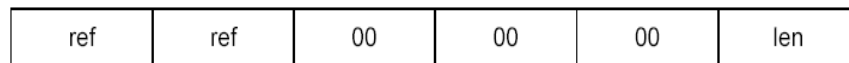


Figura III-5. Estructura del prefijo de Modbus/TCP

El ref. ref anterior son los dos bytes del campo referencia de transacción, un número que no tiene valor en el servidor pero son copiados literalmente desde la solicitud a la respuesta a conveniencia del cliente. Este campo se utiliza para que un cliente Modbus/TCP pueda establecer simultáneamente múltiples conexiones con diferentes servidores y pueda identificar cada una de las transacciones.

El tercer y cuarto campo del prefijo representa el identificador de protocolo, un número el cual debe ser establecido a cero El len especifica el número de bytes que siguen. La longitud es una cantidad de dos bytes, pero el byte alto se establece a cero ya que los mensajes son más pequeños que 256. De esta forma, un mensaje Modbus/TCP completo posee una estructura como se muestra en la en el siguiente grafico.

Tabla III.5. Estructura del mensaje en Modbus/TCP.

Posición del Byte	Significado
Byte 0	Identificador de transacción. Copiado por el servidor –

	normalmente 0.
Byte 1	Identificador de transacción. Copiado por el servidor – normalmente 0.
Byte 2	Identificador de protocolo = 0
Byte 3	Identificador de protocolo = 0
Byte 4	Campo de longitud (byte alto) =0. ya que los mensajes son menores a 256.
Byte 5	Campo de longitud (byte bajo). Número de bytes siguientes.
Byte 6	Identificador de unidad (previamente “Dirección Esclavo”)
Byte 7	Código de función MODBUS.
Byte 8 y más	Los datos necesarios.

3.6.7 Esquema de Encapsulación del Protocolo MODBUS TCP

Modbus/TCP simplemente encapsula una trama Modbus en un segmento TCP. TCP proporciona un servicio orientado a conexión fiable, lo que significa que toda consulta espera una respuesta.



Figura III-6. Encapsulamiento de la trama Modbus/TCP

Esta técnica de consulta/respuesta encaja perfectamente con la naturaleza

Maestro/Esclavo de Modbus, añadido a la ventaja del determinismo que las redes Ethernet conmutadas ofrecen a los usuarios en la industria. El empleo del protocolo abierto Modbus con TCP proporciona una solución para la gestión desde unos pocos a decenas de miles de nodos.

3.6.8 Prestaciones de un sistema MODBUS TCP/IP

Las prestaciones dependen básicamente de la red y el hardware. Si se usa MODBUS TCP/IP sobre Internet, las prestaciones serán las correspondientes a tiempos de respuesta en Internet, que no siempre serán las deseables para un sistema de control. Sin embargo pueden ser suficientes para la comunicación destinada a depuración y mantenimiento, evitando así desplazamientos al lugar de la instalación. Si disponemos de una Intranet de altas prestaciones con conmutadores Ethernet de alta velocidad, la situación es totalmente diferente.

En teoría, MODBUS TCP/IP, transporta datos hasta $250/(250+70+70)$ o alrededor de un 60% de eficiencia cuando se transfieren registros en bloque, y puesto que 10 Base T proporciona unos 1.25 Mbps de datos, la velocidad de transferencia de información útil será:

$$1.25M / 2 * 60\% = 360000 \text{ registros por Segundo}$$

En 100BaseT la velocidad es 10 veces mayor.

Esto suponiendo que se están empleando dispositivos que pueden dar servicio en la red Ethernet aprovechando todo el ancho de banda disponible.

En los ensayos prácticos realizados por by Schneider Automation utilizando un PLC Ethernet Momentum™ con entradas/salidas Ethernet, demostró que se podían escanear hasta 4000 bloques I/O por segundo, cada uno con hasta 16 I/O analógicas de 12-bits o 32 I/O digitales (se pueden actualizar 4 bases por milisegundo). Aunque estos resultados están por debajo del límite teórico calculado anteriormente, pero debemos recordar que el dispositivo se probó con una CPU de baja velocidad (80186 a 50MHz con 3 MIPS). Además, el abaratamiento de los ordenadores personales y el desarrollo de redes Ethernet cada vez más rápidas, permite elevar las velocidades de funcionamiento, a diferencia de otros buses que están inherentemente limitados una sola velocidad.

3.6.9 Tramas del Mensaje de MODBUS

En cualquiera de los modos de transmisión serie (ASCII o RTU), un mensaje Modbus es situado por el dispositivo que transmite, en una trama que tiene un comienzo y un final conocidos. Esto permite a los dispositivos receptores comenzar en el arranque del mensaje, leer la parte de la dirección y determinar qué dispositivo es direccionado (o todos los dispositivos si es una difusión 'dirección = 0') y conocer cuándo se ha completado el mensaje.

Mensajes parciales pueden ser detectados y establecer errores como resultado. En redes como MAP o Modbus Plus, el protocolo de red manipula la trama de los mensajes con delimitadores de comienzo y final que son específicos de la red.

Esos protocolos también manipulan el envío al dispositivo de destino, haciendo innecesario el campo de la dirección Modbus integrado en el mensaje para la

transmisión actual. (La dirección modbus es convertida a una dirección de nodo de la red y enrutada por el controlador remitente o sus adaptadores de red.)

Trama ASCII

En modo ASCII, los mensajes comienzan con un carácter (:) ‘dos puntos’ (ASCII 3A hex) y terminan con un par de caracteres (CRLF) ‘Retorno de Carro + Avance de Línea’ (ASCII 0D hex y 0A hex). Los caracteres a transmitir permitidos para todos los demás campos son 0-A, A-F hexadecimal. Los dispositivos conectados en red monitorizan el bus de red continuamente para detectar un carácter ‘dos puntos’. Cuando se recibe, cada dispositivo decodifica el próximo campo (el campo de dirección) para enterarse si es el dispositivo direccionado.

Pueden haber intervalos de hasta un segundo entre caracteres dentro del mensaje. Si transcurre más tiempo entre caracteres, el dispositivo receptor asume que ha ocurrido un error.

Se muestra debajo una trama de mensaje típica.

ARRANQUE	DIRECCIÓN	FUNCIÓN	DATOS	COMPROB LRC	FINAL
1 Carácter	2 caracteres	2 carácter	N caracteres	2 caracteres	2 carácter CRLF

Figura III.7. Trama de Mensaje ASCII.

Excepción: Con los controladores 584 y 984A/B/X, un mensaje ASCII puede terminar normalmente después del campo LRC sin enviar los caracteres CRLF.

En ese caso, debe tener lugar una pausa de al menos 1 segundo. Si esto sucede, el controlador asumirá que el mensaje ha terminado normalmente.

Trama RTU

En modo RTU, los mensajes comienzan con un intervalo silencioso de al menos 3.5 tiempos de carácter. Esto es más fácilmente implementado como un múltiplo de tiempos de carácter a la velocidad de transmisión configurada en la red (mostrado como T1-T2-T3-T4 en la figura trama rtu).

El primer campo transmitido es entonces la dirección del dispositivo destinatario. Los caracteres a transmitir permitidos para todos los campos son 0-A, A-F hexadecimal.

Los dispositivos conectados en red monitorizan el bus de red continuamente incluso durante los intervalos 'silencioso'. Cuando el primer campo (el campo de dirección) es recibido, cada Dispositivo lo decodifica para enterarse si es el dispositivo direccionado.

Siguiendo al último carácter transmitido, un intervalo de al menos 3.5 tiempos de carácter señala el final del mensaje. Un nuevo mensaje puede comenzar después de este intervalo.

La trama completa del mensaje debe ser transmitida como un flujo continuó. Si un intervalo silencioso de más de 1.5 tiempos de carácter tiene lugar antes de completar la trama, el dispositivo receptor desecha el mensaje incompleto y asume que el próximo byte será el campo de dirección de un nuevo mensaje.

De forma similar, si un nuevo mensaje comienza antes de que transcurran 3.5 tiempos de carácter después de un mensaje previo, el dispositivo receptor lo considerará una continuación del mensaje previo. Esto dará lugar a un error, ya que el valor en el campo final CRC no será válido para el mensaje combinado. Debajo se muestra una trama de mensaje típica.

ARRANQUE	DIRECCIÓN	FUNCIÓN	DATOS	COMPROB LRC	FINAL
T1-T2-T3-T4	8 BITS	8 BITS	N & 8 BITS	16 BITS	T1-T2-T3-T4

Figura III.8.Trama del Mensaje RTU.

Cómo es Manipulado el Campo Dirección

El campo dirección de un mensaje contiene dos caracteres (ASCII) u ocho bits (RTU). Las direcciones de esclavo válidas están en el rango de 0 – 247 decimales.

Los dispositivos esclavos individuales tienen direcciones asignadas en el rango 1 – 247. Un maestro direcciona un esclavo situando la dirección del esclavo en el campo dirección del mensaje. Cuando el esclavo envía su respuesta, sitúa su propia dirección en este campo

Dirección de la respuesta para dar a conocer al maestro qué esclavo está respondiendo.

La dirección 0 es utilizada para dirección difusión, la cual todos los dispositivos esclavos reconocen. Cuando el protocolo Modbus es usado en redes de nivel más alto, las difusiones pueden no estar permitidas o pueden ser reemplazadas por otros métodos.

Cómo es Manipulado el Campo Función

El campo código de función de una trama de mensaje contiene dos caracteres (ASCII) u ocho bits (RTU). Los códigos válidos están en el rango de 1 – 255 decimal. De esos, algunos códigos son aplicables a todos los controladores Modicon, mientras que algunos códigos se aplican sólo en algunos modelos y otros están reservados para usos futuros.

Cuando un mensaje es enviado desde un maestro a un dispositivo esclavo, el campo del código de función indica al esclavo qué tipo de acción ha de ejecutar. Por ejemplo: leer los estados ON/OFF de un grupo bobinas o entradas discretas; leer el contenido de datos de un grupo de registros; leer el status de diagnóstico de un esclavo; escribir en determinadas bobinas o registros; o permitir cargar, salvar o verificar el programa dentro del esclavo.

Cuando el esclavo responde al maestro, utiliza el campo del código de función para indicar bien una respuesta normal (libre de error) o que algún tipo de error ha tenido lugar (denominado respuesta de excepción). Para una respuesta normal, el esclavo simplemente replica el código de función original.

Para una respuesta de excepción, el esclavo devuelve un código que es equivalente al código de función original con su bit más significativo puesto a valor 1. Por ejemplo, un mensaje desde un maestro a un esclavo para leer un grupo de registros mantenidos tendría el siguiente código de función:

0000 0011 (Hexadecimal 03)

Si el dispositivo esclavo ejecuta la acción solicitada, sin error, devuelve el mismo código en su Respuesta. Si ocurre una excepción. Devuelve: 1000 0011 (Hexadecimal 83) Además de la modificación del código de función para una respuesta de excepción, el esclavo sitúa un único código en el campo de datos el mensaje respuesta. Esto indica al maestro qué tipo de error ha tenido lugar, o la razón para la excepción. El programa de aplicación del maestro tiene la responsabilidad de manejar las respuestas de excepción. Procedimientos típicos son: enviar subsiguientes reintentos de mensaje, intentar mensajes de diagnóstico al esclavo y notificar operadores.

Contenido del Campo Datos

El campo datos se construye utilizando conjuntos de 2 dígitos hexadecimales, en el rango de 00 á FF hexadecimal. Pueden formarse a partir de un par de caracteres ASCII o desde un carácter RTU, de acuerdo al modo de transmisión serie de la red.

El campo datos de los mensajes enviados desde un maestro a un esclavo, contiene información adicional que el esclavo debe usar para tomar la acción definida por el código de función. Esto puede incluir partes como direcciones discretas y de registros, la cantidad de partes que han de ser manipuladas y el cómputo de bytes de datos contenidos en el campo.

Por ejemplo, si el maestro solicita a un esclavo leer un grupo de registros mantenidos (código de función 03), el campo de datos especifica el registro de comienzo y cuántos registros han de ser leídos. Si el maestro escribe sobre un grupo de registros en el esclavo (código de función 10 hexadecimal), el campo datos especifica el registro de

comienzo, cuántos registros escribir, el cómputo de bytes de datos que siguen en el campo datos y los datos que se deben escribir en los registros.

Si no ocurre error, el campo datos de una respuesta desde un esclavo al maestro contiene los datos solicitados. Si ocurre un error, el campo contiene un código de excepción que la aplicación del maestro puede utilizar para determinar la próxima acción a tomar. El campo datos puede ser inexistente (de longitud cero) en ciertos tipos de mensajes.

Contenido del Campo Comprobación de Error

Dos tipos de métodos de comprobación de error son utilizados para las redes Modbus Standard, el contenido del campo Comprobación de Error depende del método que esté siendo utilizado.

ASCII

Cuando el modo ASCII es usado para trama de carácter, el campo Comprobación de Error Contiene dos caracteres ASCII. Los caracteres de comprobación de error son el resultado de un cálculo Comprobación Longitudinal Redundante (LRC) que es realizado sobre el contenido del mensaje, excluyendo los ‘dos puntos’ del comienzo y los caracteres CRLF de finalización. Los caracteres LRC son añadidos al mensaje como el último campo que precede a los caracteres **CRLF**.

RTU

Cuando el modo RTU es usado para trama de carácter, el campo Comprobación de Error Contiene un valor de 16 bits implementado como dos bytes de 8 bits. El valor de

comprobación de error es el resultado de un cálculo Comprobación Cíclica Redundante (CRC) realizado sobre el contenido del mensaje.

El campo CRC es añadido al mensaje como último campo del mensaje.

La forma de hacerlo es, añadir primero el byte de orden bajo del campo, seguido del byte de orden alto. El byte de orden alto del CRC es el último byte a enviar en el mensaje.

Cómo son Transmitidos los Caracteres en Serie

Cuando los mensajes son transmitidos sobre redes serie standard Modbus, cada carácter o byte es enviado en este orden (izquierda a derecha):

Bit Menos Significativo (LSB)... Bit Mas Significativo (MSB) Con trama de carácter ASCII, la secuencia de bit es:



Figura III.9. Orden de bits (ASCII)

Con trama de carácter RTU, la secuencia de bit es:



Figura III.10. Orden de bits (RTU)

3.6.10 Descripción de las Funciones del Protocolo

En código ASCII, esta palabra es simplemente la suma de comprobación ('checksum') del mensaje en módulo 16 expresado en ASCII. En el caso de codificación RTU el CRC se calcula con una fórmula polinómica según el algoritmo.

Tabla III-6. Descripción de las Funciones del Protocolo

Función	Código	Tarea
0	00 _H	Control de estaciones esclavas
1	01 _H	Lectura de n bits de salidas o internos
2	02 _H	Lectura de n bits de entradas
3	03 _H	Lectura de n palabras de salidas o internos
4	04 _H	Lectura de n palabras de entradas
5	05 _H	Escritura de un bit.
6	06 _H	Escritura de una palabra.
7	07 _H	Lectura rápida de 8 bits.
8	08 _H	Control de contadores de diagnóstico número 1 a 8.
9	09 _H	No utilizado
10	0A _H	No utilizado

11	0B _H	Control de contadores de diagnostico número 9.
12	0C _H	No utilizado
13	0D _H	No utilizado
14	0E _H	No utilizado
15	0F _H	Escritura de n bits
16	10 _H	Escritura de n palabras.

Funciones básicas y códigos de operación

Esta función permite ejecutar órdenes de control, tales como marcha, paro, carga y lectura de programas de usuario del autómeta. Para codificar cada una de las citadas órdenes se emplean los cuatro primeros bytes del campo de datos.

En caso de las órdenes de marcha y paro, el campo de información de la trama representada en la figura 3 está vacío y, por tanto, el mensaje se compone simplemente de 6 bytes de función más 2 bytes de CRC. La respuesta del esclavo a estas órdenes es un mensaje idéntico al enviado por el maestro. Cabe señalar, además, que después de un paro el autómeta sólo acepta ejecutar subfunciones de la función 00H

Tabla III.7. Trama genérica subfunciones control esclavos(cod.Función 00h)

Código Subfunción		Datos Subfunción		Tarea
SF0	SF1	D0	D1	
00H	00H	00H	00H	Paro del esclavo sin inicializar.
00H	01H	00H	00H	Marcha del esclavo sin inicializar.
00H	02H	00H	00H	Marcha e inicialización del esclavo.
00H	03H	00H	XXH	Lectura de la secuencia de programa de usuario en

				el esclavo
00H	04H	YYH	XXH	Carga de una secuencia de programas de usuario en el esclavo Petición: YY= secuencia a cargar, XX= próxima secuencia Respuesta: XX= Código de error, YY=00

3.6.11 Métodos para comprobación de errores

Las redes series standard Modbus utilizan dos tipos de comprobación de error. La comprobación de paridad (par o impar) puede ser aplicada opcionalmente a cada carácter. La comprobación de la trama (LRC o CRC) es aplicada al mensaje completo. Ambas comprobaciones, de carácter y de trama de mensaje son generadas en el dispositivo maestro y aplicadas a los contenidos del mensaje antes de la transmisión. El dispositivo esclavo comprueba cada carácter y la trama del mensaje completo durante la recepción.

El maestro es configurado por el usuario para aguardar durante un tiempo de espera predeterminado antes de abortar la transacción. Este intervalo es establecido para ser lo suficientemente largo para que cualquier esclavo responda normalmente. Si el esclavo detecta un error de transmisión, el mensaje no será tenido en cuenta. El esclavo no construirá una respuesta para el maestro. Así el tiempo de espera expirará y permite al programa del maestro tratar el error.

Otras redes tales como MAP y Modbus Plus utilizan comprobación de trama a un nivel por encima del contenido Modbus del mensaje. En esas redes, el campo de comprobación LRC o CRC del mensaje Modbus no se aplica. En caso de error de transmisión, el protocolo de Comunicación específico a esas redes notifica al dispositivo que inició la comunicación que ha ocurrido un error y le permite reintentar o abortar de acuerdo a cómo ha sido configurado.

Si el mensaje ha sido enviado, pero el dispositivo esclavo no puede responder, puede ocurrir un error de tiempo excedido que puede ser detectado por el programa del maestro.

Control de Paridad

Los usuarios pueden configurar los controladores para Control de paridad Par o Impar, o Sin Control de paridad. Esto determinará cómo será iniciado el bit de paridad en cada carácter.

Si se especifica cualquier control de paridad Par o Impar, se contabilizará la cantidad de bits que tienen valor 1 en la porción de datos de cada carácter (siete bits de datos para modo ACSII, u ocho para RTU). Al bit de paridad habrá de darse valor 0 o 1, para que se obtenga finalmente un número par o impar, respectivamente, de bits con valor 1.

Por ejemplo, estos 8 bits de dato forman parte de una trama de carácter RTU: 1100 0101
La cantidad de bits de valor 1 en el dato es cuatro. Si se utiliza Control de Paridad Par, el bit de paridad de la trama debe establecerse a valor 0, haciendo que la cantidad de bits de valor 1 siga siendo un número par (cuatro). Si se utiliza Control de Paridad Impar, el bit de paridad deberá tener valor 1, resultando una cantidad de bits de valor 1, impar

(cinco). Cuando el mensaje es transmitido, el bit de paridad es calculado y aplicado a la trama de cada carácter. El dispositivo receptor cuenta la cantidad de bits de valor 1 y establece un error si no coincide la paridad con la configurada para ese dispositivo (todos los dispositivos en la red Modbus deben ser configurados para usar el mismo método de Control de paridad).

Obsérvese que la comprobación de paridad sólo detecta si un número impar de bits se han alterado en una trama de carácter durante la transmisión. Por ejemplo, si se utiliza control de paridad Impar y dos bits de valor 1 de un carácter que tiene en origen 3 bits con valor 1, han quedado falseados (pasan a valor 0) durante la transmisión, el resultado es todavía un cómputo impar de bits de valor 1 (y por lo tanto el error no es detectado por este método).

Si se especifica control No Paridad, no se transmite bit de paridad y no se hace comprobación de paridad. Se transmite un bit de paro adicional para rellenar la trama de carácter.

Comprobación LRC

En modo ASCII, los mensajes incluyen un campo de comprobación de error que está basado en un método de Comprobación Longitudinal Redundante (LRC). El campo LRC controla el contenido del mensaje, a excepción de los ‘:’ del comienzo y el par CRLF. Es aplicado con independencia de cualquier método de control de paridad utilizado para los caracteres individuales del mensaje.

El campo LRC es un byte, conteniendo un valor binario de ocho bits. El valor LRC es calculado por el dispositivo emisor, que añade el LRC al mensaje. El dispositivo receptor calcula el LRC durante la recepción del mensaje y compara el valor calculado con el valor recibido en el campo LRC. Si los dos valores no son iguales, resulta un error.

El valor LRC se calcula sumando entre sí los sucesivos bytes del mensaje, descartando cualquier acarreo y luego complementando a dos el valor resultante.

Se realiza sobre el contenido del campo de mensaje ASCII excluyendo el carácter ':' de comienzo del mensaje y excluyendo el par CRLF de final de mensaje. En la lógica de programación de controladores, la función CKSM calcula el LRC en base al contenido del mensaje. Para aplicaciones con ordenadores, se acompaña un ejemplo detallado sobre la generación del LRC, en el Apéndice C.

Comprobación CRC

En modo RTU, los mensajes incluyen un campo de comprobación de error que está basado en un método Comprobación de Redundancia Cíclica (CRC). El campo CRC controla el contenido del mensaje completo. Se aplica con independencia de cualquier método de control de paridad utilizado para los caracteres individuales del mensaje.

El campo CRC es de dos bytes, conteniendo un valor binario de 16 bits. El valor CRC es calculado por el dispositivo emisor, que añade el CRC al mensaje. El dispositivo receptor calcula el CRC durante la recepción del mensaje y compara el valor calculado con el valor recibido en el campo CRC. Si los dos valores no son iguales, resulta un error.

Para calcular el valor CRC Modbus se precarga un registro de 16 bits, todos ellos a 1. Luego comienza un proceso que toma los sucesivos bytes del mensaje y los opera con el contenido del registro y actualiza éste con el resultado obtenido. Sólo los 8 bits de dato de cada carácter son utilizados para generar el CRC. Los bits de arranque y paro y el bit de paridad, no se tienen en cuenta para el CRC.

Durante la generación del CRC, se efectúa una operación booleana OR exclusivo (XOR) a cada carácter de 8 bits con el contenido del registro. Entonces al resultado se le aplica un desplazamiento de bit en la dirección de bit menos significativo (LSB), rellenando la posición del bit más significativo (MSB) con un cero. El LSB es extraído y examinado. Si el LSB extraído fuese un 1, se realiza un XOR entre el registro y un valor fijo preestablecido (*). Si el LSB fuese un 0, no se efectúa un el XOR. Este proceso es repetido hasta haber cumplido 8 desplazamientos. Después del último desplazamiento (el octavo), el próximo byte es operado XOR con el valor actual del registro y el proceso se repite con ocho desplazamientos más, como se ha descrito mas arriba y así con todos los bytes del mensaje. El contenido final del registro, después de que todos los bytes del mensaje han sido procesados, es el valor del CRC.

Cuando el CRC es añadido al mensaje, primero se añade el byte de orden bajo seguido del byte de orden alto. En la lógica de programación de controladores, la función CKSM calcula el CRC en base al contenido del mensaje. Para aplicaciones con ordenadores, se acompaña un ejemplo detallado sobre la generación del CRC, en el

Apéndice C. (*) El valor preestablecido es A001 hex, correspondiente al polinomio generador CRC16 ‘Inverso’, que es el que se aplica al CRC Modbus.

3.6.12 Modbus maestro/esclavo

El usuario establece para cada producto “esclavo” conectado a la red Modbus un número identificativo del 1 al 247 denominado dirección Modbus.

El “maestro”, por ejemplo, un servidor Web integrado en un armario eléctrico, consulta simultáneamente todos los productos con un mensaje en el que se incluye la dirección de destino, el código de función, la ubicación de la memoria en el producto y la cantidad de información (253 bytes máximo).

Sólo un producto con la dirección correspondiente responde a la solicitud de datos. El intercambio sólo se lleva a cabo con la iniciativa del maestro (en este caso, el servidor Web): se trata del procedimiento operativo Modbus maestro-esclavo.

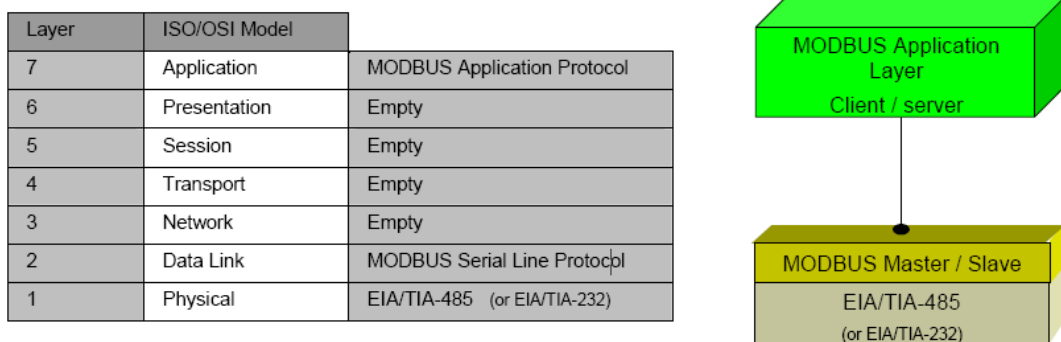


Figura III-11 protocolo MODBUS y Modelo ISO/OSI

3.6.13 Característica técnica de concentrador de señales SAI-AU M12 IE 16DI/8DO

El SAI distribuidor universal activo esta equipado con la funcionalidad de un sistema de E/S descentralizado. Cada distribuidor esta equipado con modulo especifico actuador/sensor funciones y interfaz de bus de campo. Para facilitar su uso en entornos complejos, los módulos combinan la electrónica entera en agua y protección de vivienda a prueba de polvo. El modulo SAI-AU M12 IE 16DI/8DO esta diseñado para conectar 16 sensores digital. Alternativa, hasta ocho canales pueda ser usado como las salidas. De estos, seis salidas son diseñadas para una corriente de carga de 0.5 A y dos salidas para una corriente de carga de 2 A. ocho M12 conectores de enchufe vinculan las señales



Figura III-12 Concentrador de señal SAI-AU M12 IE 16DI/8DO

Tabla III-8 datos técnicos

Datos técnicos	
Comportamiento de inflamabilidad	V-0
Corriente total	8 A
Entradas digitales	16
Salidas digitales	8
Separación potencial existente	Sí
Sistema de bus	Ethernet industrial
Temperatura de almacenamiento, min.	-25 °C

Temperatura de servicio, max.	55 °C
Temperatura de servicio, min.	0 °C
Tipo de protección	IP 67
Velocidad de transmisión	10 / 100 Mbps
Versión	Módulo completo

Tabla III-9 Datos técnicos modulo extraíble

Datos técnicos del módulo extraíble	
Carga de intensidad admisible máx. por cada señal de salida	2 A
Nivel de salida	A prueba de cortocircuitos
Tipo de entrada digital	TIPO1 según EN61131-2

Tabla III-10 Datos técnicos para sistema de bus

Datos técnicos para el sistema de bus	
Dirección de la estación mediante	DHCP
Indicador de diagnóstico	Rojo
Interfaz del bus de campo	IEEE 802.3
Usuario de bus	Server
Velocidad de transmisión	10 / 100 Mbps
Velocidad en baudios	Automático

Dimensiones	
Anchura	54 mm

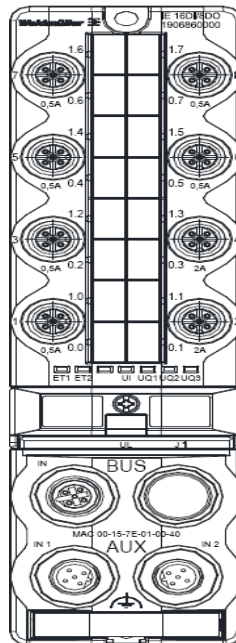


Figura III-13. Concentrador de señal SAI-AU M12 IE 16DI/8DO

Tabla III-11 Tabla de los significados de LEDS

LEDs:	
Link (ET1)	Dispositivo de fluido que establece conexión
RUN (ET2)	Dispositivo de poder esta en marcha y el dispositivo empieza la comunicación.
UI.	Suministro de voltaje UI suministro de poder para el modulo y la entrada
UQ1	Suministro de voltaje UQ1 suministro de poder para la salida 0.0 y 0.1
UQ2	Suministro de voltaje UQ2 suministro de poder para la salida 0.2 y 0.3
UQ3	Suministro de voltaje UQ3 suministro de poder para la salida 0.4 y 0.7
UL.	suministro de poder para el modulo, iluminación de sección de dirección
IO1 hasta IO16.-	Entradas digitales y salidas digitales

Tabla III-12 Conexiones de concentrador de señal

Conexiones	
AUX-IN1	suministro de voltaje UI y UQ1
AUX-IN2	suministro de voltaje UQ2 y UQ3
BUS	Modbus TCP

1 a 8 Dos entradas digitales respectivamente una entrada digital y un DESINA diagnostica de entrada o una salida digital y una entrada digital.

Plug-in jumper position:

J1.- jumper para voltaje de UQ1, UQ2 y UQ3

Module connection from AUX-IN1		Module connection from AUX-IN2	
Contact system	M12 male connector, 5-pole	Contact system	M12 male connector, 5-pole
Coding	A	Coding	A
Pin assignment	Pin 1: +24 V DC UI Pin 2: +24 V DC UQ1 Pin 3: GND Pin 4: GND Pin 5: PE	Pin assignment	Pin 1: +24 V DC UQ2 Pin 2: +24 V DC UQ3 Pin 3: GND Pin 4: GND Pin 5: PE

Figura III-14. Modulo de conexión AUX-IN1, AUX-IN2

La capacidad de corriente actual máxima por M12 pin es 2.5 A la corriente total por módulo 8 A. Los cuatro circuitos alimentan los tres circuitos de salida, las provisiones de sensor y electrónica de módulo como sigue

Voltaje UI 16 sensores al pin1 de las conexiones de plug-in 1 a 8 y módulo sirve como sustituto

Voltaje UQ1: un conductor de salida con 0.5 A para 0.0 y un conductor de salida con 2.0 A para 0.1

Voltaje UQ2: un conductor de salida con 0.5 A para 0.2 y un conductor de salida con 2.0 A para 0.3

Voltaje UQ3: cuatro conductores de salida con 0.5 para 0.4, 0.5, 0.6 y 0.7

Los tres voltajes para los conductores de salida pueden unirse en conjunto usando jumper a una posición de jumper de plug-in


Plug-in jumper position J1	Jumper options
	2 – 1 Bridge voltage UQ1 and UQ2
	3 – 1 Bridge voltage UQ1 and UQ3
	2 – 1* and Bridge voltage 3 – 1* UQ1, UQ2 and UQ3
	2 – 3 Bridge voltage UQ2 and UQ3

Figura III-15. Plug-in jumper position J1

CAPÍTULO IV

IMPLEMENTACIÓN DE LA RED AL MODULO DE ELEVACIÓN CON MODBUS-IDA

Para el desarrollo de la parte práctica del proyecto de tesis se propone seguir la Metodología Orientada a Objetos de H.C. Larman, adaptado a necesidades Industriales, debido a las bondades que presta en proyectos de automatización, puesto que fomenta la reutilización de componentes y clases existentes, lo que supone disminución de tiempo pues la programación se facilita y los costos y recursos disminuyen.

C. Larman se adecuaron de mejor manera al ámbito del problema y desarrollo de los mismos.

4.1. Ingeniería de la Información

4.1.1. Definición del Ámbito.

4.1.1.1. Antecedentes Históricos

La implementación de la red con Modbus-IDA al modulo de elevación, la misma va a ser implementado en el laboratorio de automatización industrial que se encuentra ubicado en la escuela de ingeniería en sistemas, cuyo objetivo fundamental es el de impartir conocimientos referentes a la automatización industrial a estudiantes, además permitirá realizar practicas reales con diversos dispositivo mecatrónicos.

4.1.1.2. Antecedentes tecnológicos

Actualmente el laboratorio de Automatización Industrial cuenta con los siguientes recursos:

Recurso Humano

Ing. Marco Viteri

Recursos Hardware

Los recursos hardware con la que cuenta el laboratorio para realizar este proyecto se detallan a continuación.

- Computadoras
- Modulo de elevación
- Concentrador de señales
- Cable cruzado RJ45
- Cable IP67 multipar M12

- Regulador de voltaje 24 V

Recurso Software

Para la programación y control de equipos en el laboratorio cuenta con diversos recursos software, entre los que se pueden anotar los siguientes:

- Microsoft office 2007
- Intouch 10
- Lookout 6.6
- Rational Rose 2000 Enterprise Edition

Microsoft office 2007: Se utiliza para realizar la documentación del presente proyecto.

Intouch 10: Software utilizado para realizar la comprobación de entradas y salidas de concentrador de señales y pruebas de comunicación con concentrador de señales.

Lookout 6.6: Software utilizado para realizar la configuración, programación de la aplicación que permita manipular el funcionamiento del modulo de elevación de palets.

Rational Rose 2000 Enterprise Edition: Software UML de modelamiento de datos.

4.1.1.3. Funcionalidad del Sistema Actual

Definición del problema

El laboratorio de automatización industrial de la EIS necesita implementar una red con Modbus-IDA al modulo de elevación, para permitir la comunicación de una forma eficaz y sencilla.

Definición de la alternativa de solución

Para realizar una solución adecuada se va a utilizar el modulo de elevación la misma que se encuentra en el laboratorio de automatización industrial de la EIS, para la implementación de la red con Modbus-ida se va realizar la comunicación entre el computador con el sistema máster conectado al Modbus-ida Slave y este sistema a su vez conectado al modulo de elevación, para toda esta comunicación se deberá utilizar el PC que se conecta al Modbus , la programación se va a realizar utilizando lookout 6.5.

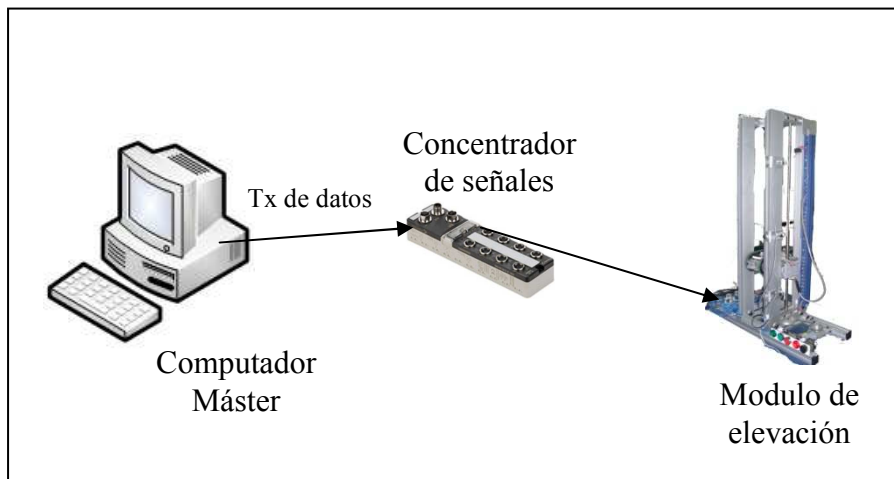


Figura N° IV.1. Monitoreo y comunicación con Modbus TCP

4.1.1.4. Definición del Caso de Uso General

El laboratorio de automatización industrial como parte de su infraestructura mecatrónica posee el modulo de elevación cuya finalidad consiste en subir al siguiente piso los objetos que pueden provenir de otros módulos.

Para que el modulo de elevación de palets ascienda o descienda a otro piso se utiliza cilindro neumático y sigue las siguientes etapas:

Primera fase: Se pulsa el botón start la misma que permite accionar al cilindro neumático desde un sensor determinado hasta alcanzar al sensor N° 2.

Segunda fase: En esta fase se ejecuta el movimiento del carro que permite transportar la carga.

Tercera fase: En esta fase se vuelve a accionar el cilindro neumático la misma puede subir hasta alcanzar el sensor N° 3 da una pausa y vuelve accionar hasta alcanzar al sensor N° 1 o viceversa, para terminar el ciclo es necesario que el carro regrese al sensor N°1.

4.1.2. Planificación y Análisis de Riesgos

4.1.2.1. Categorización de Riesgos

Para optimizar la gestión de riesgos que amenazan a nuestro sistema tomaremos en cuenta una estrategia proactiva, la cual comienza mucho antes de que comiencen los trabajos técnicos.

Para la categorización de riesgos fundamentalmente se realizará lo siguiente:

- Identificación de riesgos potenciales.
- Valorar la probabilidad y el impacto
- Establecer una prioridad según su importancia

En la tabla IV.1 que se muestra a continuación se detallan algunos riesgos reales que pueden surgir durante el desarrollo del proyecto de tesis y afectar a la planificación planteada. :

Tabla IV.1. Categorización de riesgos

Riesgos	Probabilidad (%)		
	Muy poco probable (0-33)	Probable (34- 66)	Muy Probable (67-100)
Falta de Recursos Económicos			X
Falla de Equipos		X	
Pérdida de Datos			X
Agenda		X	

Plan de Contingencia

A continuación se detalla el plan de contingencia que va a dar a cada uno de los riesgos que se pueden presentar en transcurso del desarrollo del presente desarrollo de la tesis.

Tabla IV.2. Plan de contingencia

Riesgo	Plan de contingencia
Falta de recursos económico	Este riesgo puede llegar a complicar el proyecto ya que el costo de los equipos necesarios a adquirir para el desarrollo de nuestra Red con Modbus-ida sea excesivamente alto, a causa de la inflación, impuestos de importación.
Falla de Equipos	Tener conexión con UPS por falta de energía eléctrica y desconectar la fuente de poder de los equipos.
Pérdida de datos	Este riesgo puede llegar a complicar el avance del desarrollo de la tesis, es necesario tener cierta precaución en el equipó para evitar el

	contagio de virus, malas intensiones entre otras,
Agenda	Es un riesgo imparcial ya que en la planificación, desarrollo u ejecución pueden aparecer sucesos imprevistos por diferentes motivos, además pueden aparecer también inconvenientes o demoras en el caso de las importaciones de equipos, lo que retrasaría la puesta en marcha del sistema.

4.1.1. Especificación de requerimientos software (SRS)

1. Introducción

Propósito

Por medio del SRS se pretende presentar una descripción detallada de los requerimientos software necesario para la implementación de una aplicación que permita efectuar la comunicación de la red con Modbus-ida.

Alcance

El sistema de red con Modbus-ida propuesto es una aplicación de control basado en el principio de aplicaciones máster / esclavo que hace posible la comunicación con el equipo mecatrónico modulo de elevación

La funcionalidad que podrá efectuar el sistema es el siguiente.

- El sistema estará en capacidad de establecer la comunicación y el monitoreo con el modulo de elevación la misma que será con el protocolo de comunicaciones Modbus TCP.

Apreciación global

A continuación se detallará una descripción global de lo que el sistema realizará.

Perspectiva del producto

El sistema a implementarse utilizara el protocolo de comunicación Modbus TCP para poder manipular directamente al modulo de elevación de palets.

Funciones del producto

Las funciones que el producto software realizará son las siguientes:

- ***Comunicación:*** El sistema permitirá una comunicación óptica desde el concentrador de señales hacia modulo de elevación utilizando para establecer esta comunicación con el protocolo Modbus TCP.
- ***Monitoreo:*** El sistema permitirá realizar el monitoreo al modulo de elevación para verificar el correcto funcionamiento.

Características del usuario

El sistema está dirigido exclusivamente para usuarios administrador los mismos que pueden manipular, monitorear y realizar la configuración de la comunicación.

Restricciones

a) Políticas Reguladoras

El sistema se implementará de acuerdo a las necesidades de laboratorio de automatización industrial de la EIS.

b) Limitaciones de Hardware

Para la utilización del sistema se precisa contar con los siguientes recursos hardware:

Equipos de Control

El sistema de red con Modbus-ida está compuesto por los equipos que se detallan a continuación.

Tabla IV.3. Especificaciones técnicas de los Equipos del Control

<i>Especificaciones Técnicas de los equipos de control</i>	
<i>Equipo</i>	<i>Características</i>
Computador máster	Computador Intel Pentium IV Procesador de 3.2 GB 1 GB de RAM, 120 Gb de Disco Duro Monitor digital LG 15" 1 puerto serial Teclado Mouse
Concentrador de señales / esclavo	SAI-AU M12 IE 16DI/8DO Sistemas de bus Ethernet industrial Velocidad de transmisión 10 / 100 Mbps Entradas digitales 16 Salidas digitales 8 Tipo de protección IP 67 Nivel de salida A prueba de cortocircuitos Tipo de entrada digital TIPO1 según EN61131-2

	Dirección de la estación mediante DHCP Indicador de diagnóstico rojo Velocidad en baudios Automático
Otros	Regulador de Voltaje 24 V Cable cruzado RJ 45 Cable IP67 multipar M12

EQUIPO MONITOREADO

El equipo mecatrónico que se ha escogido para ser monitoreado por medio de la red con Modbus-ida es el modulo de elevación de palets.

RED DE COMUNICACIONES

El sistema de comunicaciones permitirá el intercambio de información entre todos los dispositivos de control, y el equipo a controlar.

La comunicación se va a realizar por medio de la red con Modbus-ida para realizar el monitoreo del modulo de elevación, la comunicación se lo realizará de esta manera el computador máster se conectara directamente atreves de ethernet al concentrador de señales SAI-AU / esclavo esta a su vez establece la comunicación mediante la utilización del cable M12 al modulo de elevación de palets.

En la siguiente figura se muestran todos los equipos utilizados en el desarrollo del proyecto de tesis.

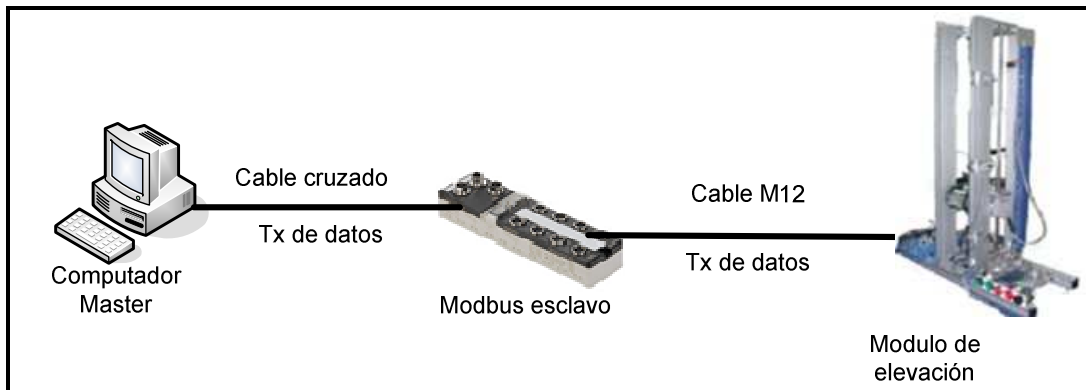


Figura IV.2. Escenario de prueba

c) Otras limitaciones.

- El desarrollador se compromete a instalar y dejar correctamente funcionando el sistema de red con Modbus-ida, para ello se realizó previamente la identificación de la polaridad del concentrador de señales, además se utilizó INTOCH 10 para comprobar la conectividad de la red.
- El sistema de red con Modbus-IDA requiere que esté instalado previamente lookout para realizar la programación y el monitoreo de la misma.

Supuestos y dependencias

Durante el desarrollo del sistema de red con Modbus los requisitos pueden variar por los siguientes factores:

- Incompatibilidad de equipos necesarios para realizar la comunicación de la red.
- Incumplimiento del cronograma previamente establecido, debido a imprevistos ignorados.
- Interpretación errónea o definición incompleta de requerimientos

Requisitos específicos

a) Requisitos funcionales

En la automatización del Sistema se contará con las siguientes funciones:

- El sistema permitirá realizar el monitoreo del funcionamiento de modulo de elevación de palets en lo que tiene que ver al motoreductor es para el giro de carro, cilindro neumático para ascender y descender pisos y sensores ubicados en cada piso del modulo de elevación, si presenta alguna falla en la comunicación.

Tabla IV.4. Requisito funcional 1. Comunicación

REQUISITO FUNCIONAL 1	
Función:	Comunicación
Entradas:	✓ Estado Inicial del equipo mecatrónico ✓ Acción a realizar
Procesos:	Mediante la red con Modbus-ida se podrá establecer la comunicación hacia el dispositivo mecatronico el modulo de elevación de palets con el protocolo de comunicación Modbus TCP.
Salida	✓ Estado final del equipo mecatrónico

Tabla IV.5. Requisito funcional 2. Monitoreo

REQUISITO FUNCIONAL 2	
Función:	Monitoreo
Entradas:	✓ Estado inicial del equipo. ✓ Acción a realizar.

Procesos:	Mediante la utilización de la red con Modbus-ida se podrá realizar el monitoreo del modulo de elevación para verificar su funcionamiento.
Salidas	✓ Estado final del equipo mecatronico

Limitaciones de Diseño

a) Obediencia a los estándares

El desarrollo de este sistema está de acuerdo a los estándares provistos por IEEE para el desarrollo de software.

Atributos

a) Disponibilidad

El sistema estará disponible las horas hábiles de trabajo de la Institución educativa para cualquier tipo de usuario, que conozca su funcionamiento.

b) Seguridad

Para garantizar la seguridad del software para la red con Modbus de los accesos destructivos, modificaciones, etc., estará disponible únicamente para dispositivos registrados por el equipo mecatrónico:

c) Mantenibilidad

Mantenimiento integral de datos, a través de la comunicación correcta entre estos.

d) Portabilidad / Conversión

La aplicación para la red con Modbus-ida podrá ser utilizado únicamente en aquellas equipos que se encuentre instalado el software lookout 6.5 y que se encuentre

debidamente configurado para la comunicación con Ethernet que es necesario para trabajar con Modbus.

e) Precaución

Para el desarrollo del producto se tomará en cuenta precauciones lógicas y físicas:

Precauciones Lógicas: Correspondiente a los niveles de seguridad se tendrá que poseer una contraseña para acceder al sistema de programa de red con Modbus-ida.

Precauciones Físicas: Se realizará un estudio previo y detallado de los aspectos físicos del lugar en el cual el sistema será instalado, para de esta manera sugerir el lugar y los componentes más adecuados para su correcto funcionamiento.

4.2. Análisis Orientado a Objetos

4.2.1. Definición de casos de uso esenciales en formato expandido.

La utilización de casos de uso nos ayudara a describir e identificar la secuencia de eventos de las actividades de cada actor cuando utiliza un sistema.

En sí es una forma particular de usar un sistema para ilustrar e implicar los requisitos. Este tipo de diagramas se consideran los más relevantes ya que es aquí en donde mejor se describe las actividades, especialmente en los casos de uso de formato expandido.

Tabla IV.6. Caso de uso. Monitoreo y ejecución de la aplicación para la red con Modbus-ida

CASO DE USO 1:	
<i>Monitoreo y ejecución de la aplicación para la red con Modbus-ida</i>	
Actores:	Administrador
Propósito:	Realizar el monitoreo y ejecución del sistema para

	modulo de elevación.
Tipo:	Primario esencial
CURSO TIPICO DE EVENTOS:	
<i>Acciones del Actor</i>	<i>Respuesta del Sistema</i>
a) Ingresa al sistema b) Enciende el sistema máster.	
c) Enciende concentrador de señales esclavo	d) establece la comunicación de la red con Modbus-ida.
e) Ejecuta la aplicación del modulo de elevación.	f) Ejecución del monitoreo y detención de funcionamiento del modulo de elevación.

4.2.2. Definición y refinamiento de los diagramas de caso de uso.

Caso de Uso 1. Ejecución del sistemas y monitoreo del modulo de elevación

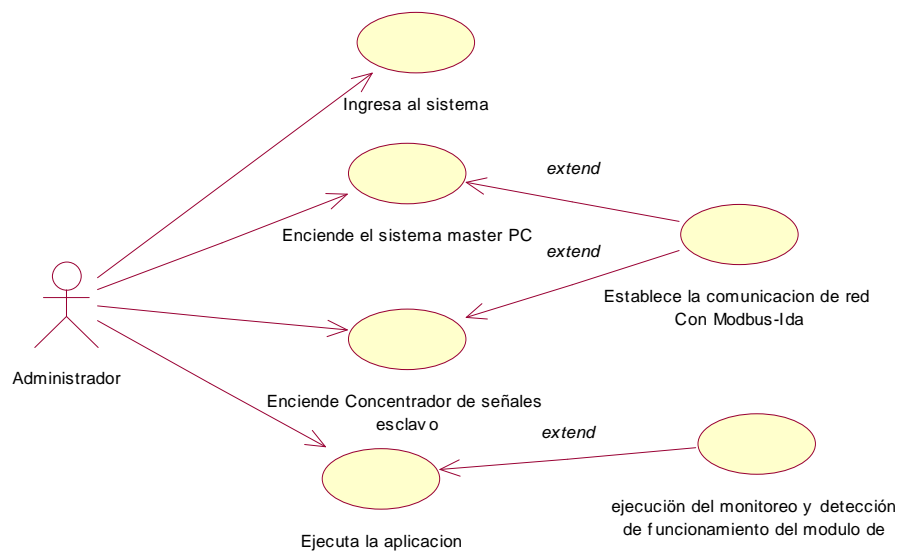


Figura IV.3. Caso de Uso.

4.2.3. Modelo Conceptual

Un modelo conceptual es una representación de conceptos en un dominio del problema. Puede mostrarnos conceptos, atributos relaciones, razón por la cual en nuestro proyecto de investigación no existe un modelo conceptual.

La parte aplicativa no consta de la base de datos por lo tanto es necesario excluir este modelo de nuestro estudio

4.2.4. Glosario de Términos

El glosario de términos definido a continuación contiene todos los términos que requieren una mayor explicación y son empleados durante el desarrollo del proyecto.

Tabla IV.7. Glosario de Términos

<i>GLOSARIO DE TÉRMINOS</i>		
Término	Categoría	Descripción
Administrador	Actor	Es la persona que accede y manipula el sistema.
Sistema máster PC	Caso de Uso	Sistema que posee la aplicación para la ejecución y el monitoreo del modulo de elevación.
Concentrador de señales esclavo	Caso de Uso	Dispositivo que permite la comunicación del computador máster con modulo de elevación.

4.2.5. Representación de diagramas de secuencia.

Los diagramas de secuencia describen el curso particular que siguen los eventos de los casos de uso del sistema, donde los actores interactúan directamente con el sistema, y los eventos generados a causa de ello.

Operación de monitoreo y ejecución de la aplicación para la red con Modbus-ida

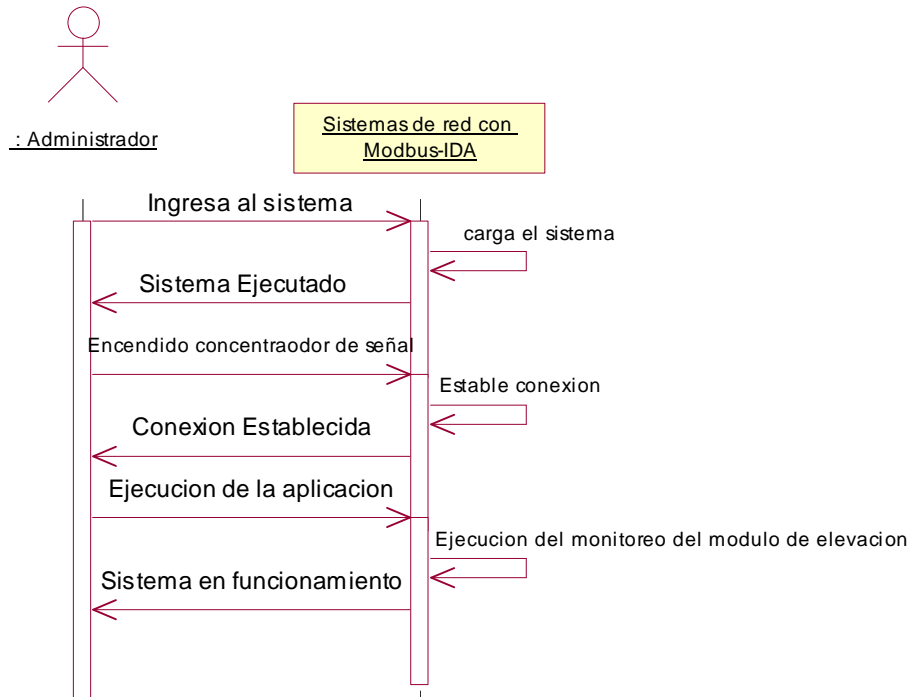


Figura IV.4. Diagrama de Secuencia.

4.2.6. Definición de contratos de operación.

Los contratos de operación describen el propósito y lo que se espera de los procedimientos a ejecutarse en el sistema, enfatizando en lo que va a realizar en cada operación sin detallar como se lo hará, para ello se presenta cada contrato con en forma de pre y post condición, entorno a los cambios de estado. Los contratos de operación ayudan a describir cambios en todos los estados por los que pasa el sistema cuando un agente externo invoca una operación.

Tabla IV.8. Contrato de Operación N° 1. Monitoreo y ejecución de la aplicación para la red con Modbus-ida.

CONTRATO DE OPERACIÓN N° 1.	
Nombre	Ejecución de monitoreo a la red con Modbus-ida al modulo de elevación.

Responsabilidades	Permitir al Administrador ejecutar el monitoreo del modulo de elevación a través de la red con Modbus-ida.
Referencias cruzadas	Ninguna
Excepciones	Establecer la comunicación entre sistema máster, esclavo y el modulo de elevación.
Notas	
Pre condiciones	El administrador debe encender el equipo maestro y esclavo.
Post condiciones	El administrador debe ejecutar la aplicación del modulo de elevación desde sistema máster.

4.2.7. Diagrama de estados

Un diagrama de estado describe visualmente los estados y eventos más interesantes de un objeto, así como su comportamiento ante un evento, representan los estados por los que pasa un caso de uso o una clase, debido a la presencia de eventos que provocan un cambio de estado.

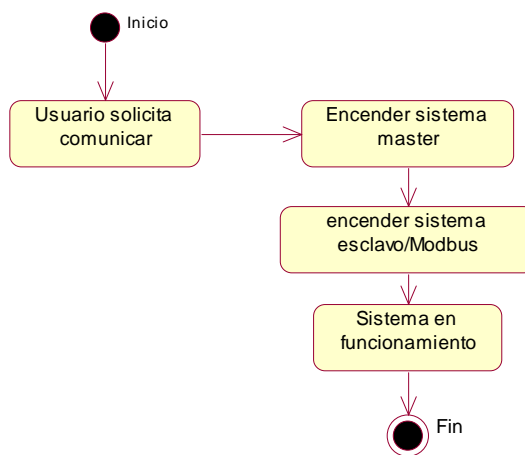


Figura IV.5. Diagrama de Estados.

4.3. Diseño Orientado A Objetos

4.3.1. Definición de casos de uso reales.

Los casos de uso reales describen el diseño real del caso de uso, según la tecnología concreta de entrada y salida y su implementación.

Tabla IV.9. Caso de uso real. Ejecución del monitoreo del sistema de elevación.

CASO DE USO:	
Monitoreo y ejecución de sistema de modulo de elevación	
Actores:	Administración
Propósito:	Realizar el monitoreo y ejecución del sistema de elevación.
Tipo:	Primario esencial
CURSO TIPICO DE EVENTOS:	
<i>Acciones del Actor</i>	<i>Respuesta del Sistema</i>
a) Enciende el sistema máster	
b) Enciende el sistema esclavo Modbus	d) Establece la comunicación de la red con Modbus-IDA
e) Ejecuta el sistema de modulo de elevación	f) Ejecución del monitoreo y detención de funcionamiento del modulo de elevación.

4.3.2. Representación de casos de uso reales.

Caso de uso real. Monitoreo y ejecución de sistema de modulo de elevación

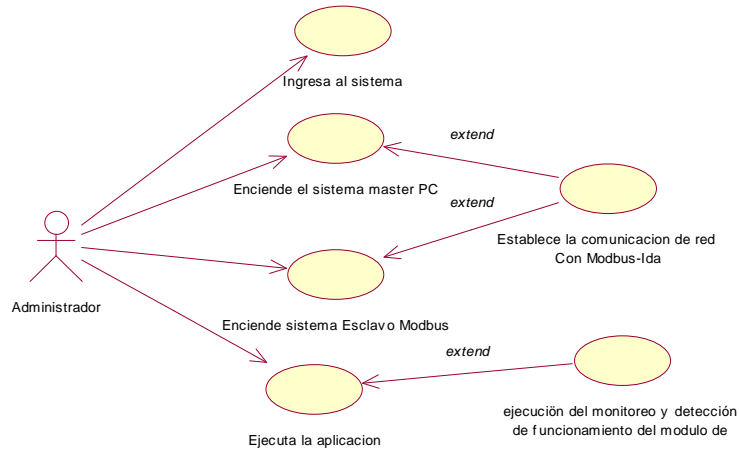


Figura IV.6. Caso de uso real.

4.3.3. Definición de diagramas de interacción.

Diagramas de Colaboración

La creación de los diagramas de colaboración desempeña un lugar significativo en el desarrollo del diseño del proyecto por su expresividad y economía espacial, lo que permite tomar decisiones claves sobre el funcionamiento del futuro sistema.

Diagrama de colaboración: Monitoreo y ejecución de sistema de modulo de elevación

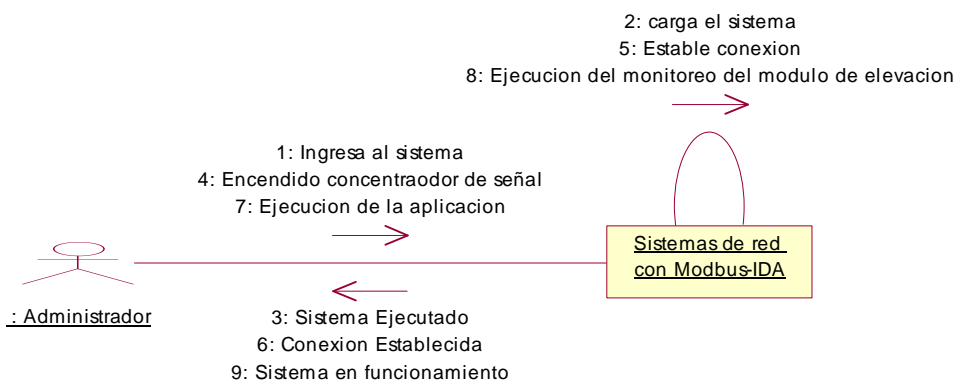


Figura IV.7. Diagrama de Colaboración.

4.3.4. Especificación de la Arquitectura del Sistema

Diagrama de Componentes:

Este diagrama permite visualizar los principales componentes que tendrá la aplicación

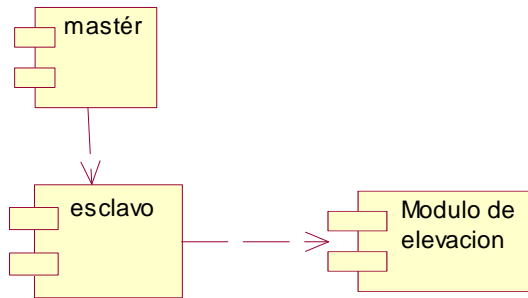


Figura IV.8. Diagrama de componentes

Diagrama de Despliegue:

En esta etapa se determina la estructura que ha tomado la aplicación mediante niveles de representación e implementación

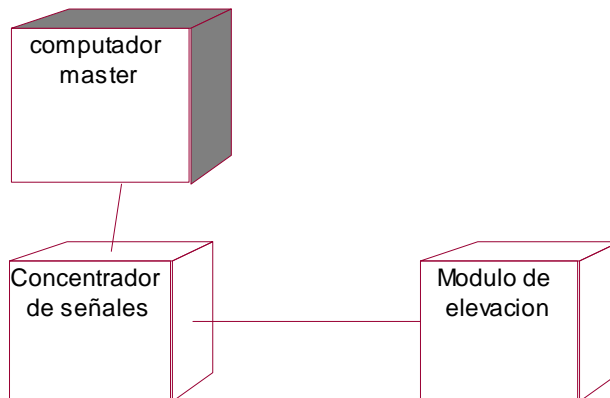


Figura IV.9. Diagrama de Despliegue

4.4. Fase de implementación:

Una vez modelado el sistema, se procede a la construcción e implementación del mismo. Esta fase se centra en crear una aplicación que permita el control de un equipo mecatronico a través de la red con Modbus-ida en el cual se empleara la herramienta de programación lookout 6.5.

4.4.1. Instalación de software lookout 6.5 y programación e implementación de red con Modbus-ida para la comunicación con el modulo de elevación

4.4.1. Instalación del software National Instruments Lookout 6.5

Para realizar la instalación procedemos a insertar el Cd o DVD que contenga el software Lookout 6.5.

Ver en el anexo1 la instalación de lookout 6.6

4.4.2. Preparación del Controlador LOOKOUT 6.5 en modo máster

El presente archivo de configuración se nombró como < comunicación Modbus.l4p > de la forma como se puede apreciar en la Figura IV.10.

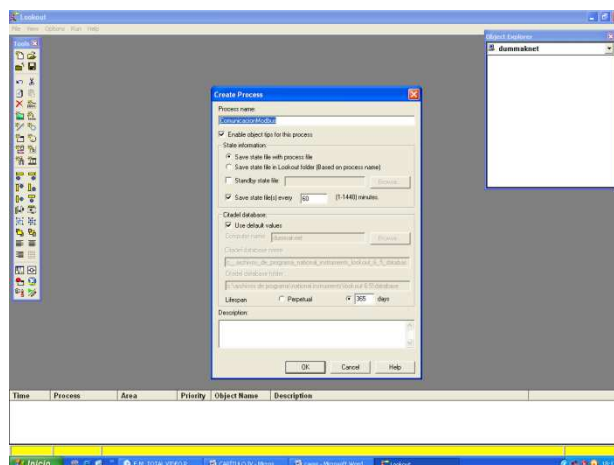


Figura N° IV.10. Digitamos comunicación Modbus y ok

Al ingresar a **Lookout 6.5** en la pantalla principal se puede utilizar los atajos de teclado para ubicar a los elementos y objetos de una manera rápida con Ctrl+Insert, nos ubicamos sobre categorize y dejamos en blanco esta casilla para ubicar los elementos solo al digitar cualquier inicio de palabra, en este para el Modbus solo digitamos la letra m y nos ubicara sobre el Modbus, Ahora procedemos a seleccionar el Modbus que nos va a servir para establecer la comunicación, para ello debemos presionar las teclas de control Ctrl+Insert como se puede apreciar en la ilustración de la Figura N° IV.11.

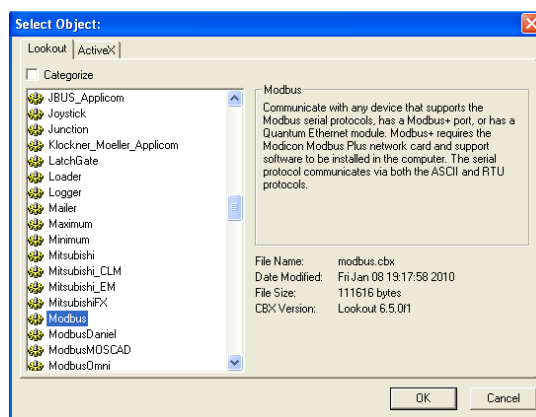


Figura N° IV.11. Seleccionamos Modbus y ok

Aquí debemos de rellenar y seleccionar algunos campos, en Name las dejamos por defecto, en *Mode* la elegimos la opción de Modbus Ethernet, además debemos de digitar en *IP Address* la dirección del dispositivo Concentrador de señales / esclavo 192.168.2.235 como se ilustra en la Figura N° IV.12.

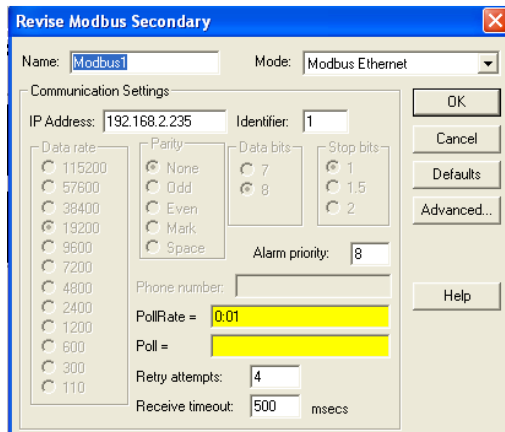


Figura N° IV.12. Configuración de opción Modbus

Configuración de entradas en Lookout

El siguiente paso a seguir es la de configurar y establecer las entradas digitales ya que el dispositivo Modbus cuenta con 8 canales de entradas y 8 canales configurables de entradas / salidas, las mismas que se pueden expresar cómo 16 entradas digitales y 8 salidas digitales.

Para nuestra aplicación vamos a configurar 3 canales de entradas, las mismas que van a servir para los sensores que se han ubicado en cada uno de los 3 pisos del modulo de elevación.

Los valores de las entradas digitales se encuentran en los registros 1x (input register) corresponden de 8 a 15 en los registros las que representan los valores de los canales 1.0 al 1.7

Sensor 1: Esta entrada va a ser configurado con la dirección de 10014, el 1 en la primera cifra expresa que es una entrada para el dispositivo Modbus y las dos ultimas

cifras corresponde a la ubicación de los canales de entradas que va a ser configuradas, en este caso va corresponden al canal 1.5.

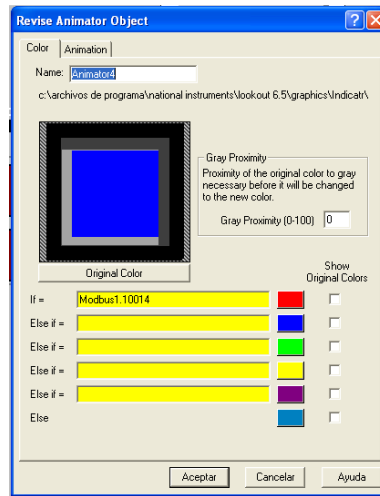


Figura N° IV.13. Configuración del sensor piso 1

Sensor 2: Esta entrada va ser configurado con la dirección de 10013, corresponde al canal 1.4. del concentrador de señal SAI-AU M12 IE 16DI/8DO

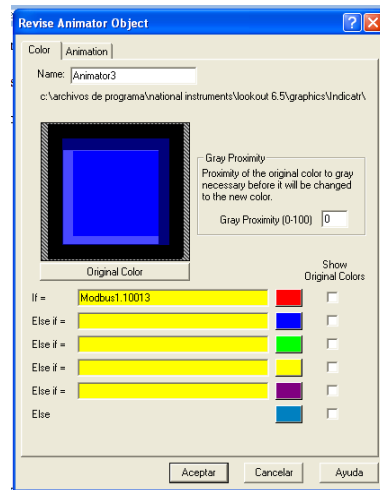


Figura N° IV.14 Configuración del sensor piso 2

Sensor 3: Esta entrada a su vez va ser configurado con la dirección de 10011, corresponde al canal 1.2. Del concentrador de señal SAI-AU M12 IE 16DI/8DO

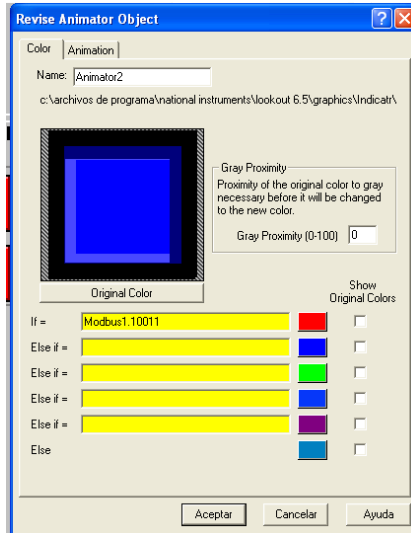


Figura N° IV.15. Configuración del sensor piso 3

Configuración de Salidas en Lookout

Se va a configurar 3 canales de salidas, las que van a servir para subir elevador, bajar elevador y girar carro.

Los valores de las salidas digitales se encuentran en los registros 0x (coil address) corresponden de 16 al 23 en los registros las que representan los valores de los canales 0.0 al 0.7

Gira carro: Esta salida va ser configurado con la dirección de 00017 o 17, corresponde al canal 0.0 del concentrador de señal SAI-AU M12 IE 16DI/8DO.

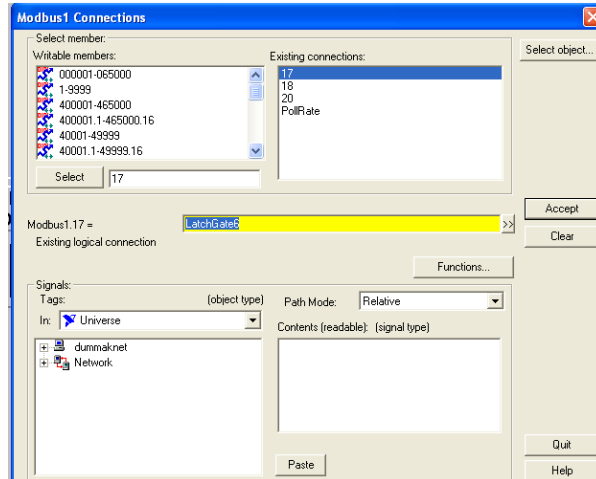


Figura N° IV.16. Configuración del giro de carro

Sube elevador Esta salida va ser configurado con la dirección de 00018 o 18, corresponde al canal 0.1 del concentrador de señal SAI-AU M12 IE 16DI/8DO

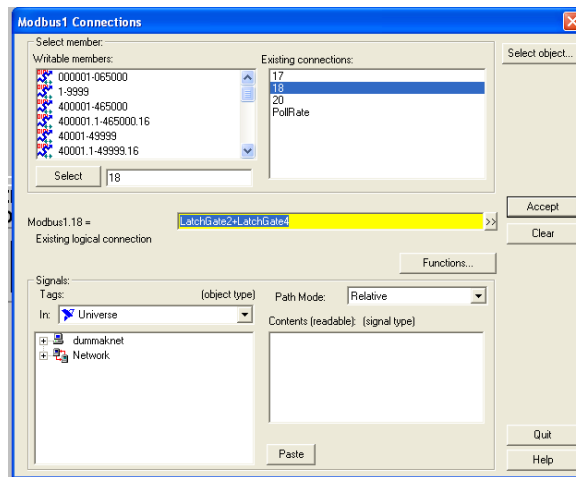


Figura N° IV.17. Configuración de salida sube elevador.

Baja elevador Esta salida va ser configurado con la dirección de 00020 o 20, corresponde al canal 0.3

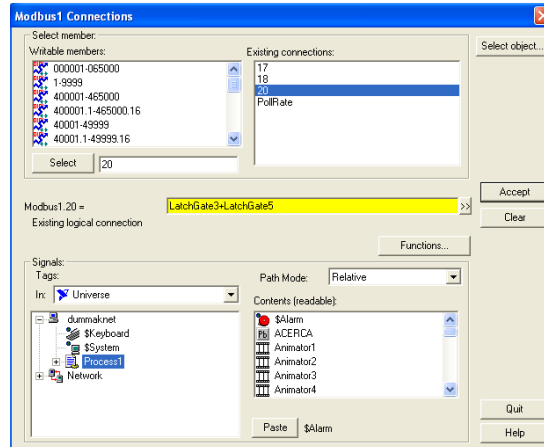


Figura N° IV.18. Configuración de salida baja elevador.

4.4.3. Configuración de Concentrador de señal SAI-AU M12 IE 16DI/8DO WEIDMULLER esclavo

Para la configuración del concentrador de señal se utilizó los siguientes materiales adecuados para la conexión de corriente y a módulo de elevación.

Materiales:

- Destornillador
- Cables IP67 Multipar M12
- Taype
- Fuente de 24 V
- Multímetro

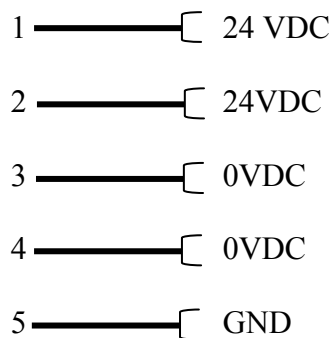
Antes de realizar las conexiones es adecuado identificar la polaridad de los cables con el multímetro como muestra la figura siguiente, y señalarlos para facilitar la conexión hacia la fuente y otros elementos requeridos.



Figura N° IV.19. Identificación de polaridad del cable

Alimentación de equipo

Para alimentar al equipo se debe colocar, en el terminal IN 1, 24 VDC en los pines 1 y 2, y 0 VDC en los pines 3 y 4. El pin 5 debe tener una conexión a tierra.



DIRECCIONAMIENTO IP

Configuración de dirección de IP

El equipo cuenta con una configuración DHCP por defecto, es decir, busca un servidor DHCP en la red que le proporcione una dirección única automáticamente. Al no encontrar dicho servidor en su red, y después de alrededor de 3 minutos de búsqueda, toma un dirección por defecto, la cual es 192.168.2.235 con una mascara 255.255.255.0.

Existe la posibilidad de colocar una dirección IP manual, para la cual, primero se debe deshabilitar el DHCP server mediante la escritura del valor 0 (cero) en el registro de bobina 0x (coil address) 528. Por defecto este registro cuenta con el valor de 1 (uno).

Una vez desactivado el servidor DHCP, se procede a colocar la dirección IP fija deseada en los registros de uso general 4X (holding registers) del 94 al 97 con los respectivos bytes de la dirección IP, mientras que para la máscara se utiliza los registros del 114 al 117.

Así por ejemplo, para colocar la dirección 192.168.200.1, en el registro 94 debe ir de valor de 192, en el 95 el valor 168, en el 96 el valor de 200 y en el 97 el valor de 1. De la misma forma la máscara se debe colocar en los registros 114 al 117 siguiendo la misma lógica.

Una vez realizado estos procedimientos, se requiere reiniciar el equipo.

Nota: el uso de la dirección IP manual puede provocar que el equipo sea inaccesible en caso de colocar una dirección incorrecta o en caso de olvidar la misma.

Información. El direccionamiento del equipo se basa en el PROTOCOL ADDRESS que es diferente al PLC ADDRESS que se ocupa usualmente. En PROTOCOL ADDRESS el direccionamiento de memoria empieza desde la dirección 0, mientras que en el PLC ADDRESS empieza desde la dirección 1. Tomar en cuenta esta información para la comunicación con un PLC o un SCADA.

Entradas discretas

Configuración

El equipo cuenta con 8 canales de entrada y 8 canales configurables de entradas/salidas, los cuales por defecto están configurados como entradas.

Para la configuración de estos canales se utiliza las registros 0x (coil address) del 64 al 71 para los canales del 0.0 al 0.7 respectivamente. Un valor de 0 en estos registros indica que el canal es una salida, mientras que un valor de 1 configura al canal de entrada.

Cableado

Cada cable prefabricado incluye dos canales, uno de entrada y otro de entrada/salida. Con cable color café se tiene alimentación 24 VDC, mientras que la señal de entrada para el canal 0.x es a través del cable negro y para el canal 1.X es a través del cable blanco.

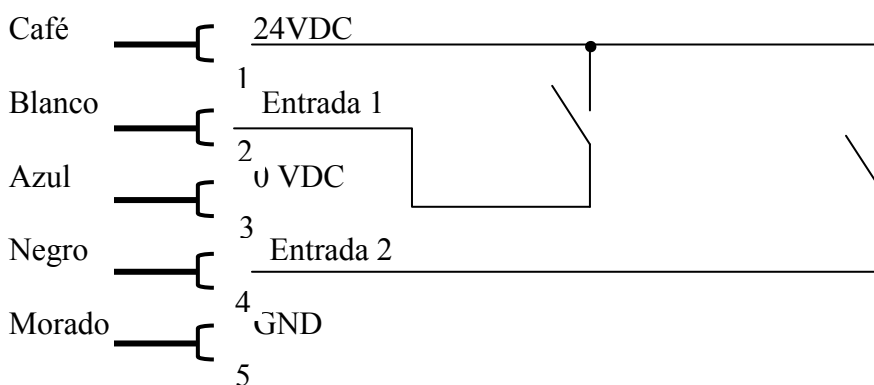


Figura N° IV.20. Configuración de cableado entrada.

Lectura de entradas discretas

Los valores de las entradas discretas se encuentran en los registros 1x (input register) del 0 al 15. Así, del registro 0 al 7 se representa los valores de los canales 0.0 al 0.7, mientras que los registros del 8 al 15 representan los valores de los canales 1.0 al 1.7.

El registro de uso general (holding register 4x) 200 es una palabra compuesta por todos los bits de entradas del modulo.

Salidas discretas

Configurar

Para la configuración de estos canales se utilizan los registros 0x (coil address) del 64 al 71 para los canales del 0.0 al 0.7n respectivamente. Un valor de 0 en estos registros indica que el canal es una salida, mientras que un valor de 1 configura al canal como entrada.

Cableado

La salida discreta es a 24VDC y existen dos casos para el cableado, el primer cuando se utiliza solo el canal de salida de cable prefabricado. Para este caso el cable de color negro actúa como salida de 24 VDC y el cable color azul es el retorno en 0 VDC.

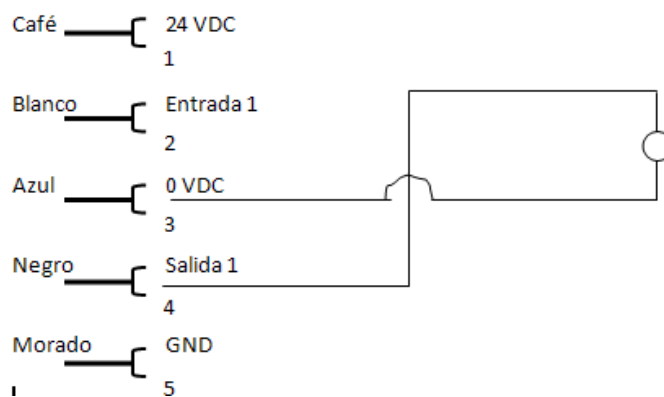


Figura N° IV.21. Configuración de cableado Salida.

Nota: en este caso se debe tener cuidado en aislar adecuadamente el cable color café, pues el mismo esta energizado con 24 VDC.

El segundo caso de cableado se produce cuando se ocupa en el mismo cable prefabricado tanto la entrada como la salida.

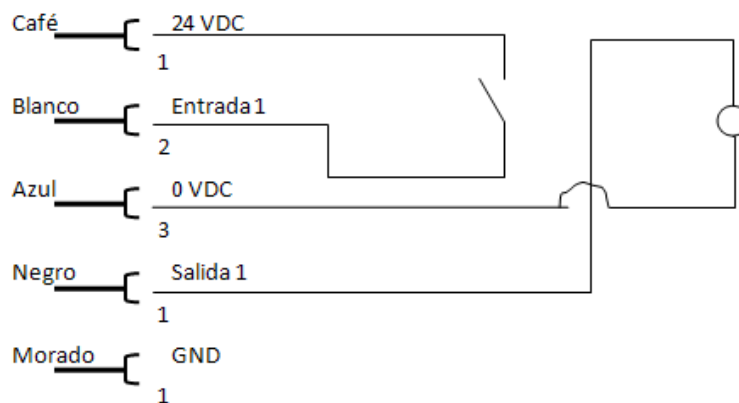


Figura N° IV.22. Configuración de cableada salida prefabricada.

Así, el cable color blanco se ocupa como entrada y el negro como salida según el grafico previamente mostrado.

Accionamiento Salidas Discretas

Para accionar una salida únicamente se coloca el valor de 1 (uno) en los registros 0x (coil address) del 16 al 23 para los canales del 0.0 al 0.7 respectivamente.

El registro de uso general (holding register 4x) 210 es una palabra compuesta por todos los bits de salida del modulo, modificando el valor de este registro se actúa de igual manera las salidas discretas.

4.4.4. Programa control del Modulo de elevación

Recursos utilizados

Para el desarrollo de este programa se emplearon los siguientes recursos lógicos:

Tabla IV.10 Recursos usados para el monitoreo y comunicación de la red.

Símbolo	Dirección
SensorPiso 1	10014
SensorPiso 2	10013
SensorPiso 3	10011
K2	17
K22	18
K3	20

Lógica de objetos del modulo de elevación

Para piso 3

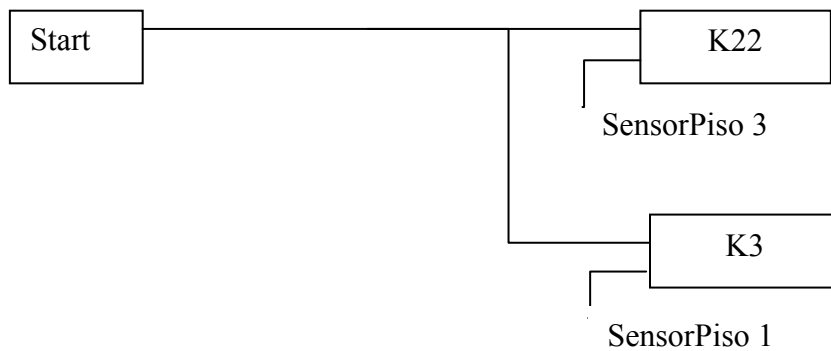


Figura N° IV.23. Lógica de objetos del modulo de elevación piso 3.

Para el piso 2

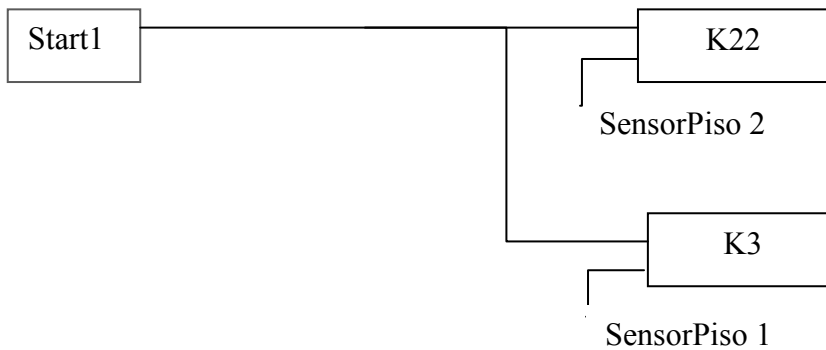


Figura N° IV.24. Lógica de objetos del modulo de elevación piso 2

Para el giro de carro

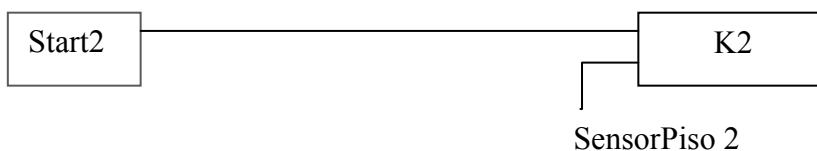


Figura N° IV.25. Lógica de objetos del modulo de elevación giro de carro

Monitoreo del modulo de elevación

El monitoreo es para que el sistema funcione correctamente, si existe fallas en la comunicación podremos visualizar en la pantalla del equipo máster. Para realizar el monitoreo se esta utilizando un objeto de la categoría animator de lookout 6.5 denominado building value.

Control para el tercer piso: En esta imagen las podemos apreciar que en el monitoreo que el elevador se encuentra subiendo al tercer piso y nos indica con una señalización visual al encender el sensor 2, además para que el modulo de elevación pueda ascender

a otros piso se debe presionar las dos opciones que corresponden a sube elevador y sube baja elevador.

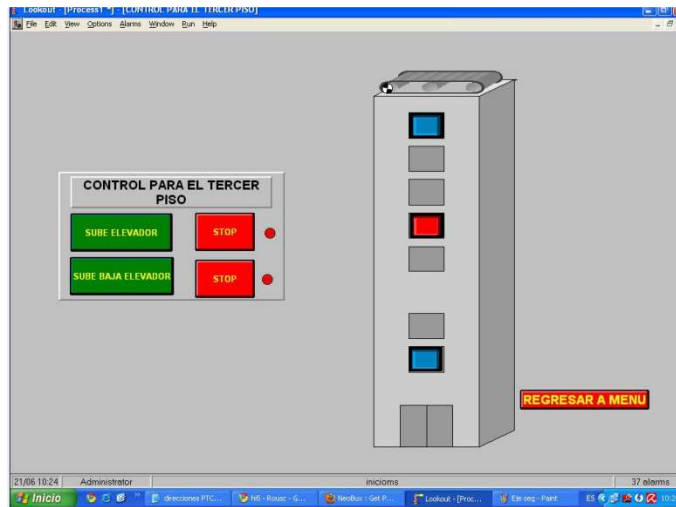


Figura N° IV.26. Monitoreo de la aplicación

Control para el segundo piso: Aquí en esta imagen se puede apreciar que se está utilizando el control para el segundo piso. Mientras que en esta imagen el sensor aun no se ubica en el segundo piso, por ello aun no se prende la luz del sensor que la ubica en un piso determinado.



Figura N° IV.27. Monitoreo de la aplicación

4.1. Análisis de resultado

En el análisis de resultado obtenidos a lo largo del estudio de redes industriales con Modbus TCP

Descripción de hipótesis

Hipótesis investigativo: “Al realizar la implementación del sistema de módulo MODBUS-IDA con módulos de E/S descentralizadas optimizara el diseño operación e implementación de un sistema distribuido, centralizando las señales de control a nivel físico”.

Al implementar una red con Modbus-ida en el módulo de elevación de palets existe un gran ahorro del cableado, ya que todos los cables que salen del modulo de elevador se conectan al concentrador de señales IE 16DI/8DO, que están montado en el mismo módulo, y de allí sale solo un cable Ethernet. Además la lógica de control se ha realizado en el mismo software HMI sin necesidad de disponer de un PLC.

Demostración de Optimización

Tabla IV.11 Datos a optimizar

Categoría	Indicadores	Índices
Confiabilidad	Paquetes enviados	Tramas de 8 bits enviadas
	Paquetes recibidos	Tramas de 8 bits recibidas

	Tiempo de respuesta con paquetes de 68 bytes	Red Ethernet Red Industrial
Velocidad	Cantidad de paquetes perdidos	Red Ethernet Red Industrial
Pérdida de información	Protección de la red	Red Ethernet Red Industrial
Seguridad	Nivel de seguridad	Red Ethernet Red Industrial

Determinación de escalas

Tabla IV.12 Escala de valores

Escala	Variables			
	Confiabilidad	Velocidad	Pérdida de la información	Seguridad
1	Nada	Muy Baja	Alta	Nada
2	Poco	Baja	Media	Poco
3	Media	Media	Baja	Media
4	Alta	Alta	Muy Baja	Alta

Datos obtenidos de una red industrial

Para la obtención de los datos se va a utilizar la herramienta de *Wireshark*, que permita cerciorar que existe una comunicación con el concentrado de señales y la utilización de protocolo Modbus TCP.

La maquina máster posee la dirección de 192.168.2.1 la que desear establecer la comunicación con el concentrador de señales Modbus tiene la dirección de

192.168.2.235 para poder manipular al modulo de elevación de palets con el protocolo Modbus TCP como se ilustra en el siguiente imagen.

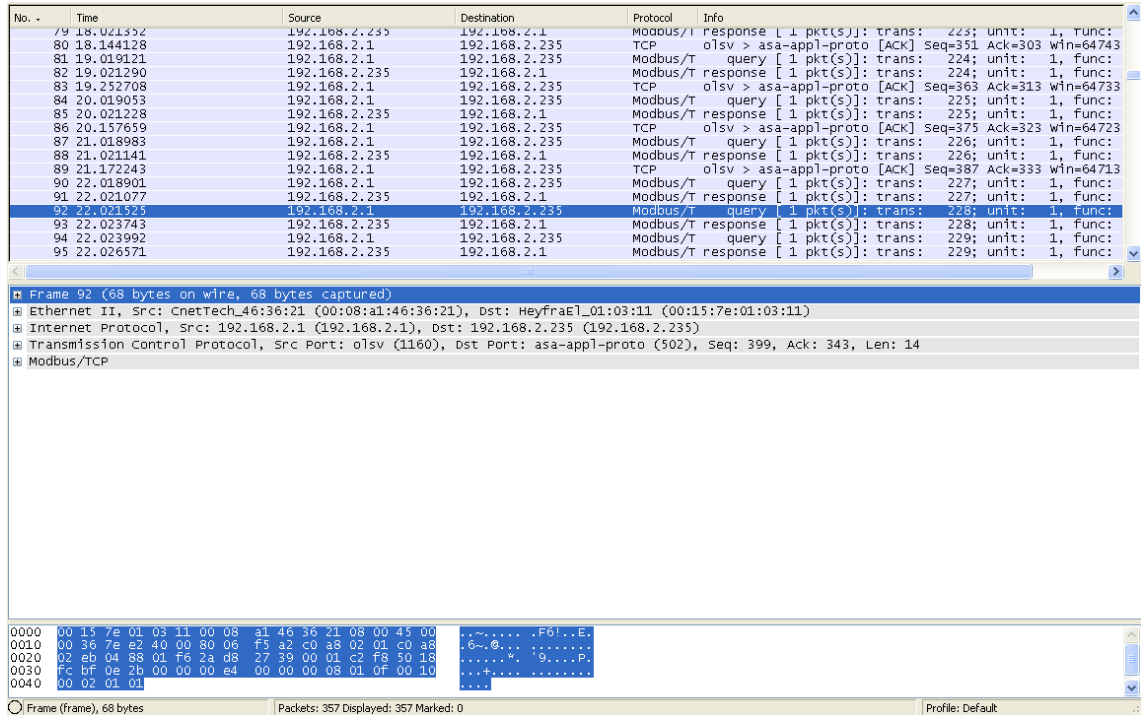


Figura N° IV.28. Captura de datos con wireshark

Datos obtenidos al establecer la conexión de PC servidor con el Concentrador de señales en las que se puede apreciar la cantidad de tramas enviadas y recibidas.

En esta figura esta la respuesta del concentrador de señal a la petición del PC máster con el Modbus TCP, además esta visible que el Modbus utiliza el puerto 502, la función de Modbus que se especifico en la teoría ahora se puede cerciorar mediante esta herramienta de captura de trafico wireshark, esta identificado con el Numero 15 que significa escritura de n bit. También se capturo la función numero 2 y 15 que se esta utilizando en esta aplicación.

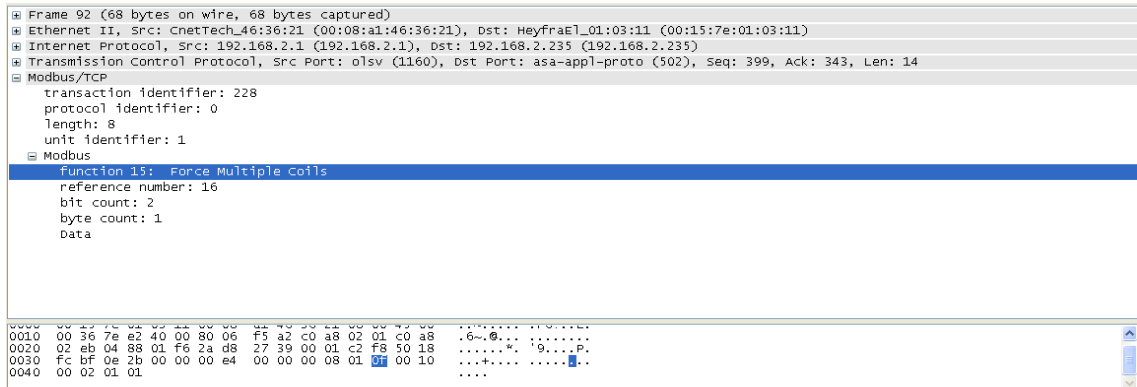


Figura N° IV.29. Puerto de Modbus

Datos obtenidos en una red industrial

- ✓ El tamaño del paquete enviado y recibido es constante de 68 bytes.
- ✓ La velocidad de transmisión, está en un rango de 75 baudios a 19200 baudios y se escogió la mejor velocidad de 19200 baudios; sabiendo que 1 baudio = 1 bps.
- ✓ El tiempo en la recolección de datos fue de 92 segundos

Datos obtenidos en una red Ethernet

- ✓ El tamaño del paquete enviado es de 64 bytes y se recibe 54 bytes.
- ✓ La velocidad de transmisión, fue de 10 000 bps.
- ✓ El tiempo en la recolección de datos fue de 92 segundos

Cuadros comparativos entre la red industrial y la red Ethernet

Confiabilidad

En la Tabla V.13, se muestra el análisis comparativo de la confiabilidad entre la red industrial y la red Ethernet, tomando como base los paquetes enviados y recibidos.

Tabla IV.13 Cuadro comparativo de la confiabilidad entre redes

Tipo de Red	Tamaño Paq. Enviados	Tamaño Paq. Recibidos	Escala
Red Industrial	68	68	4
Red Ethernet	64	54	3

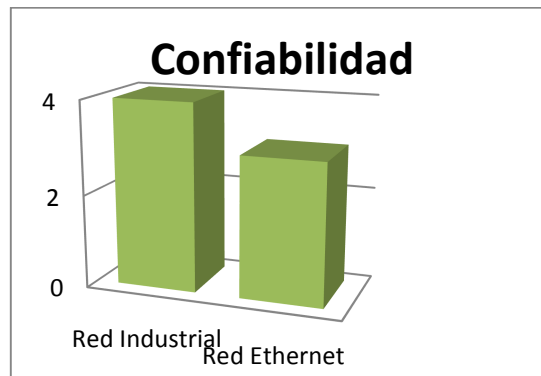


Figura N° IV.30. Grafico de confiabilidad

Los datos de la Tabla IV.13 se puede apreciar que la transmisión de los paquetes en la red industrial es constante ya que los paquetes que son enviados y recibidos son las mismas, en cambio en la red Ethernet existe una diferencia del tamaño de paquete así como la cantidad de paquetes enviados y recibidos. Entonces basándonos en la tabla de escala de valore podemos dar un valor de 4 a red industrial y un valor 3 a red Ethernet.

Velocidad

En la Tabla V.14, se muestra el análisis comparativo de la velocidad entre la red industrial y la red Ethernet, tomando como base los paquetes enviados y recibidos.

Tabla IV.14 Cuadro comparativo de velocidad entre redes

Tipo de Red	Tamaño Paq. Enviados	Tamaño Paq. Recibidos	Escala
Red Industrial	68	68	4
Red Ethernet	64	54	3

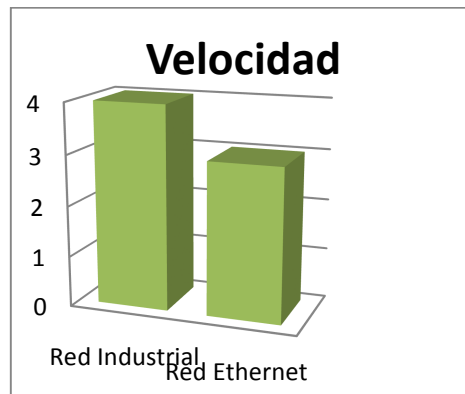


Figura N° IV.31. Grafico velocidad de transmisión

Los datos de la Tabla IV.14 se muestra la comparación de la velocidad entre redes, en donde la red industrial presenta una ventaja ante la red Ethernet, ya que la velocidad de la red industrial es de 19200 bps tomados en 92 segundos de transmisión del paquete de 68 bytes siendo su velocidad un valor constante, a diferencia de la red Ethernet, presenta su velocidad de 10000 bps en un lapso de tiempo de 92 segundos en la transmisión del paquete de 64 bytes presentando variaciones en su transmisión. Otorgándole el valor de 4, en cambio la red Ethernet presenta una velocidad media asignándole el valor de 3,

Perdida de información

En la Tabla V.14, se muestra el análisis comparativo de la velocidad entre la red industrial y la red Ethernet, tomando como base los paquetes enviados y recibidos.

Tabla IV.15 Cuadro comparativo de pérdida de información entre redes

Tipo de Red	Tamaño Paq. Enviados	Tamaño Paq. Recibidos	Escala
Red Industrial	68	68	4
Red Ethernet	64	54	2

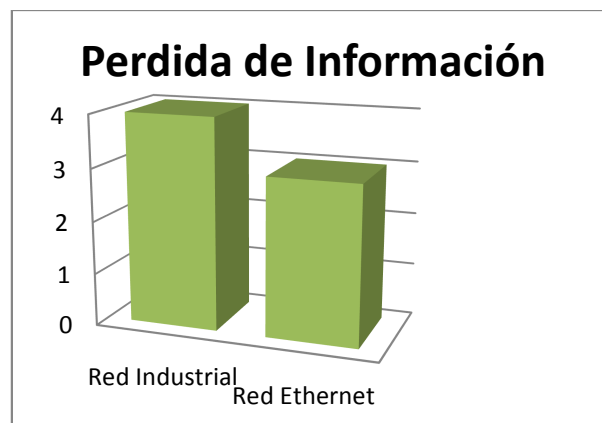


Figura N° IV.32. Gráfico pérdida de información

Los datos de la Tabla IV.15 nos permiten apreciar la cantidad de pérdida de información que se nos presenta en la red Ethernet, mientras que en la red industrial no existe ninguna cantidad de información perdida. Entonces basándonos en la tabla de escala de valore podemos dar un valor de 4 a red industrial y un valor 3 a red Ethernet.

Seguridad

El dispositivo concentrar posee la seguridad de IP67 la misma que significa Índice de Protección y los números significan que se puede configurar el nivel de seguridad, el numero 6 significa ninguna penetración de polvo fino, protección completa de los contactos, y el numero 7 significa que no tendrá grandes efectos de daño cuantitativo para el equipo su inmersión en agua en condiciones definidas de presión y tiempo (a 1 m de sumersión). En cambio la red Ethernet no tiene ese tipo de protección. Basándonos en la tabla de escala de valore podemos dar un valor de 4 a red industrial y un valor de 2 a red Ethernet.

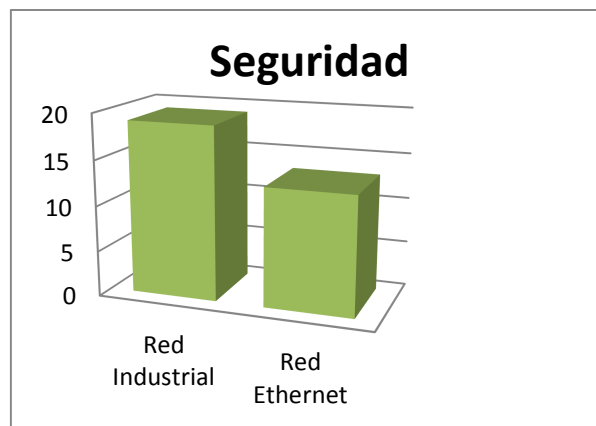


Figura N° IV.32. Grafico Seguridad de red

Comparación Global de Variables

Con los datos obtenidos se realizó una tabla comparativa entre las variables de los dos tipos de redes, en la que se le incluyó el parámetro de comparación como es de capa física que ayudarán a dar más soporte al análisis, tomando en consideración las escalas establecidas, considerando la sumatoria ideal de 20.

Tabla IV.16 Cuadro comparativo global de los tipos de redes

PARAMETROS DE COMPARACION	R. ETHERNET	R.INDUSTRIAL
Confiabilidad	3	4
Velocidad	3	4
Pérdida de Información	3	4
Capa Física (Ahorro de cableado)	2	3
Seguridad	2	4
TOTAL	13	19

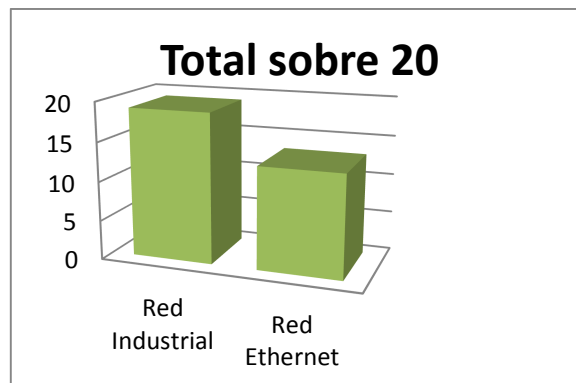


Figura N° IV.33. Grafico variables totales

Se realizó el gráfico comparativo empleando 5 variables, llegando a medir la optimización de la red industrial llegando a obtener 19 puntos en cambio la red Ethernet presenta 13 puntos

Casos Ejemplos

Este sistema de red se puede utilizar en todos los dispositivos que tengan entradas y salidas tales pueden ser en modulo de distribución, modulo de ensamblaje, modulo de clasificación y en cualquier procesos a automatizar.

CONCLUSIONES

El presente proyecto de tesis ha permitido conocer a fondo al protocolo Modbus y sus beneficios, en esta parte se busca expresar los puntos más importantes en lo que se refiere a la experiencia adquirida y la sugerencia para operar exitosamente el sistema.

- De las pruebas realizadas se obtuvieron resultados satisfactorio tanto en la configuración del concentrador de señales así como en la programación con Lookout 6.5 para manipular el funcionamiento del modulo de elevación.
- El sistema cuenta con una simulación de monitoreo de la aplicación la que permite visualizar en el monitor la funcionalidad correcta del modulo de elevación.
- El estudio realizado en el proyecto de tesis ayuda a ampliar los conocimientos en lo referente al Modbus TCP como protocolo de comunicación maestro esclavo, así como de la utilización del software lookout 6.5 y en base a ello elegir de forma adecuada los equipos y herramientas idóneos necesarios para el desarrollo del proyecto de investigación.
- Debemos considerar las grandes ventajas que se presenta la implementación de redes industriales como el bus de campo que descentraliza las E/S remota, disminuido la cantidad de cableado que se requiere para q un dispositivo funcione correctamente, en Modbus el cableado es especifico una entrada o salida corresponde a una conexión a fuente de alimentación única.

RECOMENDACIONES

- Para realizar las pruebas de configuración y comunicación del equipo es recomendable utilizar las herramientas mas adecuado que vienen especificados en el manual o hacerse guiar por las personas que tengan un conocimiento mas amplios, en este caso las pruebas de comunicación se realizo utilizando el INTOUCH 10

- Con la implantación de red industrial con Modbus-IDA se deberá conocer el proceso y las etapas que cumple para lograr el desempeño adecuado del modulo de elevación de palets.

- Se recomienda tomar en consideración las características y el tipo de red industrial que se va a implantar para utilizar Modbus-IDA ya que se puede utilizar tanto Modbus serie o Modbus TCP esta última utiliza Ethernet para establecer la comunicación con diversos tipos de dispositivo.

- Se aconseja que al estudiar el Modbus TCP como protocolo de comunicación tipo maestro / esclavo se debe definir cual dispositivo va a actuar como máster y cual como esclavo aunque a veces se puede deducir de acuerdo a las necesidades de nuestro proyecto.

- Se insta a los estudiantes y maestros utilizar este proyecto como base para futuros trabajos y proyectos de investigación debido a la potencialidad que ofrece está rama educativa.

RESUMEN

El objetivo de la investigación es desarrollar un sistema de red con Modbus-IDA para monitorear un equipo mecatrónico denominado Módulo de Elevación de Palets en el Laboratorio de Automatización Industrial de la Escuela de Ingeniería en Sistemas de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

Se aplicó método científico general, utilizándose la PC y Concentrador de señales, la PC como máster, concentrador de señales como esclavo este posee 16 entradas digitales y 8 salidas digitales, el software para el monitoreo y establecer la comunicación con el modulo de elevación de palets, se lo realizo en National Instruments Lookout 6.5

Como resultado se obtuvo una comunicación eficiente entre los dispositivo de concentrador de señales y el Modulo de Elevación, la comunicación desde el PC máster al concentrador de señal esclavo se lo realiza mediante cable cruzado, la conexión del concentrador del señal hacia modulo de elevación de palets se utiliza el cable M12. El sistema desarrollado es aplicado de forma secuencial, cada vez que los sensores ubicados en cada piso del módulo de elevación detecta movimiento del carro con su carga se muestra en la interfaz de usuario cambiando de color. El modulo de elevación de palets posee 3 pisos cada piso identificado con un sensor que detecta la ubicación de la carga.

Con la implementación de la red con Modbus-ida al módulo de elevación en el Laboratorio de Automatización, se logra perfeccionar la práctica en buses de campo como es el Modbus además de mejorar los procesos didácticos en la enseñanza de la mecatrónica.

SUMMARY

The develop a system a Modbus-IDA for monitoring a mechatronic equipment called module Pallets Elevation is the proposal of this research work at ESPOCH Engineering Systems, Industrial Automation Laboratory

General scientific method was applied, using the PC and hub of signals, the PC as master, slave hub as a signal that has 16 digital inputs and 8 digital outputs, software for monitoring and establish communication with the pallet lift module , is held at National Instruments Lookout 6.5.

The result was effective communication between the hub device signals and lift module, communication from the PC to the hub master slave signal is performed by crossover cable, hub connection module signal to the lifting of pallets M12 cable is used. The developed system in applied sequentially, each time the sensors located on each floor of the lift module detects movement of the carriage whit the load shown in the user interface to change color. The pallet lift module has three floors each floor identified with a sensor that detects the location of the load.

With the implementation of the Modbus network-raising trip to the module in the Laboratory of Automation, is achieved by improving the practice field buses such as Modbus addition to improving learning processes in teaching mechatronics.

GLOSARIO DE TERMINOS

- ASCII** Código estándar americano para el intercambio de información (del inglés "American Standard Code for Information Interchange"). Protocolo de comunicación que representa caracteres alfanuméricos, incluidos números y letras.
- COM** Norma para la interacción de componentes, ofrece la ventaja de guardar de forma transparente todas las llamadas a un objeto, independientemente de si estas llamadas se dirigen dentro de la misma aplicación, o se dirigen a otra aplicación e incluso a otro ordenador. Cuando se trata con llamadas entre diversos ordenadores, se habla de DCOM (COM distribuido)
- EPROM** Chip de memoria de sólo lectura que puede ser programado y reprogramado con un dispositivo electrónico especial.
- Fieldbus** Red de instrumentos de campo, todos perfectamente interconectados e intercambiando información, compartiendo datos, realizando control, etc. Como una red de computadoras dedicadas al proceso, donde su intercambio con el mundo "analógico" o del proceso se realiza a través de sensores, sensores que se conectan a la red de forma digital directa, haciendo uso de un solo paso de conversión.
- MODBUS-IDA** The architecture for distributed automation, **La Arquitectura para automatización distribuida** Constituida como una asociación comercial sin fines de lucro, Modbus-IDA tiene una sola misión de peso: para ayudar a los proveedores de los usuarios De Modbus, y los desarrolladores de éxito.
- MODBUS** Protocolo de comunicaciones master-slave que permite a un solo master

solicitar respuestas de slaves.

- MODO** Permite al controlador responder a peticiones Modbus realizadas desde un
- SLAVE DE** master Modbus y es, además, el modo de comunicación predeterminado si no
- MODBUS** hay ninguna comunicación configurada.
- RTU** Es una unidad terminal remota que se opera por cable o radio desde cualquier sistema SCADA. Permite medir vibraciones mecánicas, temperaturas, y otras variables, leer estados de contactos y conmutar relays.
- SCADA** Es aquél que permite ver en una pantalla el esquema de una instalación controlada por autómatas y sobre ésta se reflejan los valores clave y se pueden variar las consignas.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA GENERAL

Automatización Industrial

- 1.- **ALCIATORE, DAVID; HINSTAND MICHAEL B.** Introducción a la mecatrónica y a los sistemas de medición, 3ª ed. California: McGraw-hill, 2008. pp. 20-26
- 2.- **RODRÍGUEZ, A.** Tiempo de ciclo para convertir a Modbus en un estándar forma, 2007. pp. 127-131
- 3.- **SHENOI, M.** Modbus IDA: Modbus application Protocol specification. Massachusetts-USA, 2008. Pp. 280-289

REFERENCIAS WEB

BUSES DE CAMPO

- 1.- **WIKIPEDIA**, Red industrial
http://es.wikipedia.org/wiki/Red_industrial
[15/01/2010]
- 2.- **UNIVERSIDAD DE OVIEDO**, Redes locales entornos industriales Buses de campo
<http://www.isa.uniovi.es/docencia/redes/Apuntes/tema9.pdf>
[12/02/2010]
- 3.- **MODESTI, MARIO**, Sistema de comunicación por bus de campo
<http://www.profesores.frc.utn.edu.ar/industrial/sistemasinteligentes/UT5/busses.pdf>
[07/02/2010]
- 4.- **TORRES, SUSANA**, Buses de campo
<http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mv?xid=131&edi=39>
[07/02/2010]

Modbus

- 5.- **MODBUS ORGANIZATION**, Modbus newsletter
<http://www.modbus-ida.org/>
[15/04/2010]

- 6.- **LACCEI**, desarrollo de un laboratorio remoto de automatización de proceso via internet
<http://www.laccei.org/LACCEI2009-Venezuela/p179.pdf>
[15/04/2010]

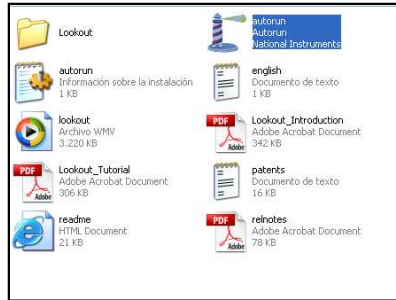
- 7.- **ROMERO, DIEGO**, Introducción a Ethernet industrial
<http://www.ieee.org.ar/downloads/Romero-Eth-Ind.pdf>
[20/04/2010]

- 8.- **Revista Iberoamérica de Automática e informática industrial, WEB-LABAIModbus**
<http://recyt.fecyt.es/index.php/RIAI/article/view/RIAI.2010.01.10/6446>
[12/05/2010]

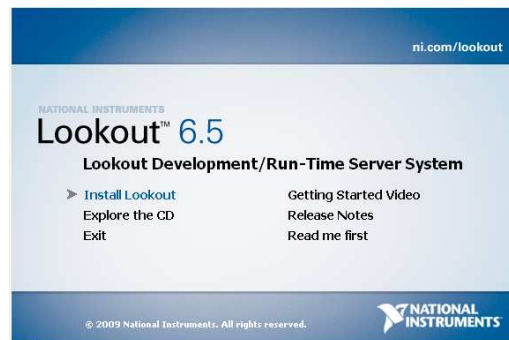
ANEXOS

Instalación de lookout 6.5

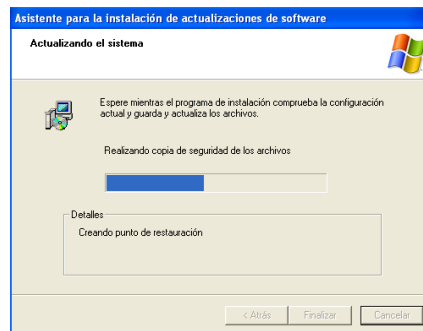
- a) Presionamos y ejecutamos **autorun** y procedemos con la instalación del mismo, como se muestra en la Figura



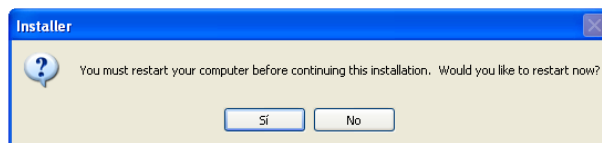
- b) Al ejecutar el autorun de la instalación nos aparece la ventana con las seis opciones disponibles y se debe elegir la opción install lookout como se encuentra ilustrado en la Figura



- c) A continuación aparece la ventana de actualización del sistema además realiza la configuración para el instalar el intouch, como se muestra en la Figura



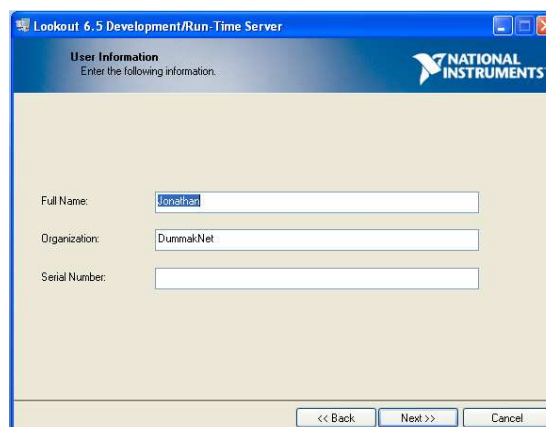
- d) Al continuar con el proceso de instalación se puede ver las dos opción tal es reiniciar la computadora si o no, si deseamos seguir con el proceso de instalación debemos de presionar si, como se puede apreciar en el siguiente imagen ilustrado en la Figura



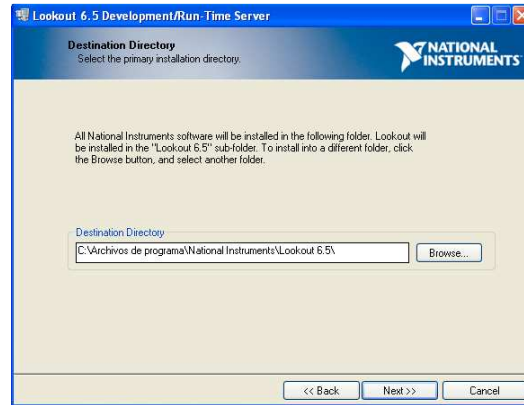
- e) Luego de reiniciar el computador se nos presenta la siguiente ventana con dos opciones para continuar con la instalación presionamos next o de lo contrario cancel, en nuestro caso presionamos el next como se aprecia en esta imagen.



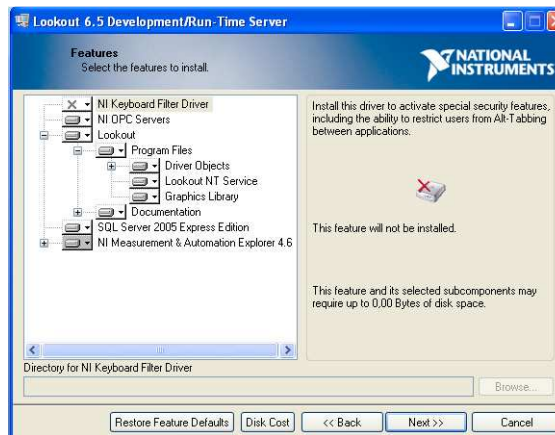
- f) En esta ventana se debe ingresar el serial Number para proseguir con la instalación si no disponemos de clave simplemente no nos permitirá continuar con la instancian, como se presenta en la Figura



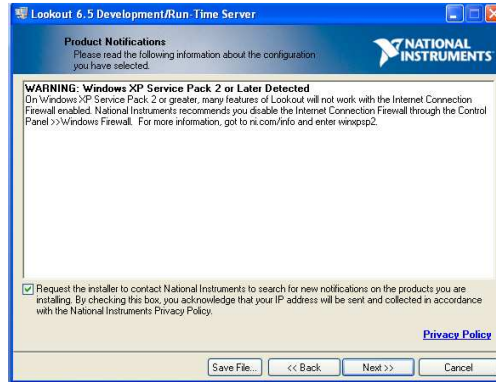
- g) A continuación debemos de seleccionar la unidad en la que debemos de instalar o simplemente en nuestro caso dejamos tal como esta por defecto la ubicación de la instalación, como se presenta en la Figura



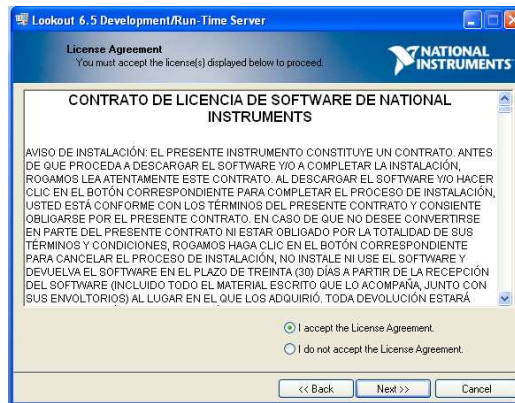
- h) En esta ventana se debe seleccionar los archivos que vamos a necesitar podemos ver que aquí el lookout incluye también para la base de datos el SQL pero en nuestro caso no la necesitamos, como se presenta en la Figura



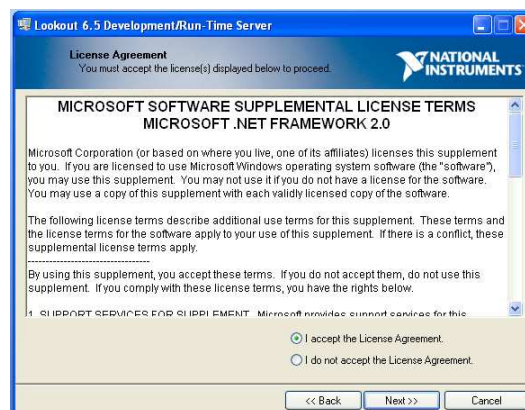
- i) Luego de seleccionar los paquetes a instalar se nos presenta con la siguiente ventana de notificación del producto, además nos presenta el mensaje de que debe instalarse en Windows XP con SP2 o superior como se encuentra ilustrado en la Figura



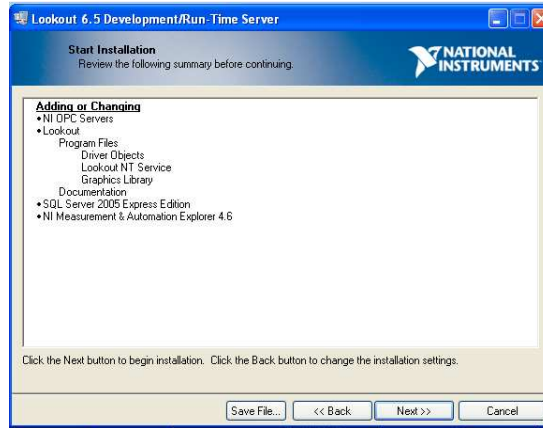
j) Continuamos con el contrato de licencia de software national instruments en nuestro caso presionamos I accepts the license agreement, como se presenta en la Figura



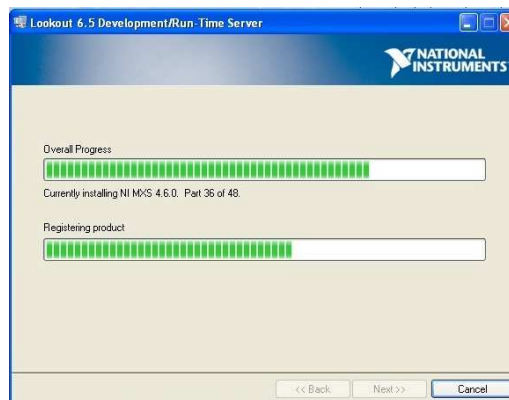
k) Posee dos contrato de licencia, esta licencia se refiere microsoft .net framework 2.0 ya que el lookout trabaja con el framework simplemente aceptamos el contrato como podemos apreciar la ilustración de la imagen en la Figura



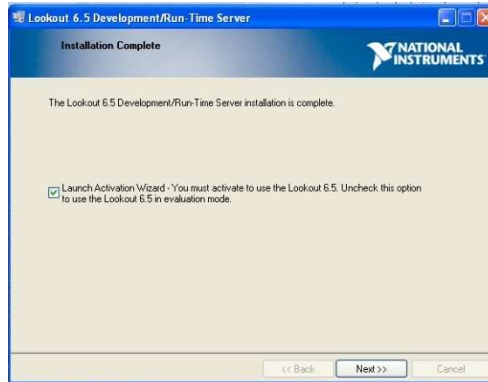
- l) En esta ventana esta el resumen de todos los paquetes que vamos a instalar en nuestro computador para desarrollar la aplicación, como podemos apreciar la ilustración de la imagen en la Figura N° IV.24



- m) En esta ventana podemos visualizar el proceso de la instalación de los paquetes que seleccionamos previamente en nuestro software lookout 6.5, como se aprecia en esta Figura N° IV.25



- n) En esta ventana podemos visualizar la finalización del proceso de la instalación de nuestro software lookout 6.5, como se aprecia en esta Figura N° IV.26



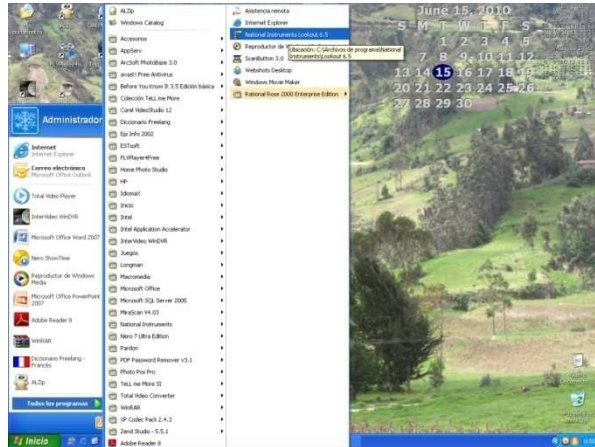
- o) Al concluir el proceso de instalación se nos presenta una ventana con las opciones de activación del producto lookout, como se puede ver esta imagen N° IV.27



- p) Luego de que hemos realizado la activación del producto únicamente nos queda por reiniciar la maquina y el software lookout esta listo para se usado, como se puede ver esta imagen N° IV.28



- Para comprobar si el software lookout 6.5 ha sido instalado; presionamos sobre Inicio -> Todos los programas -> National Instruments Lookout 6.5->, ilustrado en la Figura



q) En la presente ventana nos muestra el programa Lookout 6.5 ya en su correcto funcionamiento e instalado, que se encuentra ilustrado en la Figura

