



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INFORMATICA Y ELECTRONICA

ESCUELA DE INGENIERIA EN SISTEMAS

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DIDÁCTICO PARA
REPRESENTACIÓN DE SEÑALES ANALÓGICAS CON PLC Y SCADA IN
TOUCH, CASO PRÁCTICO HORNO DE ACTIVACIÓN DE PEGAMENTO”**

TESIS DE GRADO

**PREVIA LA OBTENCION DEL TITULO DE
INGENIERO EN SISTEMAS INFORMATICOS**

SANTIAGO ROBERTO CEPEDA MORENO

FRANKLIN OSWALDO ERAZO HIDALGO

RIOBAMBA – ECUADOR

- 2010 -

AGRADECIMIENTO

A mis amigos por todos aquellos momentos inolvidables que hemos compartido juntos, a todos los profesores de mi carrera por sus enseñanzas y sabios consejos desinteresados y a mi asesor de tesis el Ing. Marco Viteri por enrumbarme en la culminación de mi trabajo investigativo.

Gracias de todo corazón.

Santiago Cepeda.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por la inteligencia y sabiduría que me dio al nacer.

A mi querida familia que siempre me ha apoyado y estimulado.

A todas las personas que de una u otra forma ayudaron de forma desinteresada y agrado para la consecución de este gran objetivo.

A los maestros de la EIS por los valiosos conocimientos adquiridos y al Ing. Marco Viteri asesor de tesis quien nos supo guiar y ayudar a superar momentos difíciles.

A todos mil gracias.

Franklin Erazo.

.

DEDICATORIA

Quiero dedicarle este trabajo principalmente a mi madre Judith por todo el amor y apoyo brindado a lo largo de mi etapa estudiantil, por ser mi guía y apoyo incondicional y por ser la persona más importante en mi vida, además también a toda mi familia que supo darme todo su apoyo en los momentos más difíciles de mi vida.

Santiago Cepeda.

DEDICATORIA

Dedico este proyecto y toda mi carrera universitaria a Dios por ser quien ha estado a mi lado en todo momento dándome las fuerzas necesarias para continuar luchando día tras día y seguir adelante. Le agradezco con toda mi alma a mi madrecita María Hidalgo ya que gracias a ella soy quien soy hoy en día, a mi padre Oswaldo Erazo, ellos que han velado por mi salud, mis estudios, mi educación entre otros, son a ellos a quien les debo todo, horas de consejos, de regaños, de reprimendas de tristezas y de alegrías de las cuales estoy muy seguro que las han hecho con todo el amor del mundo para formarme como un ser integral y de las cuales me siento extremadamente orgulloso, Le agradezco a mis hermanas las cuales han estado a mi lado, han compartido buenos y malos momentos que solo se pueden vivir entre hermanos, hermanitas han traído alegría desde que nacieron. También les agradezco a mis amigos más cercanos, a esos amigos que siempre me han acompañado y con los cuales he contado desde que los conocí.

“Solo se que este camino es únicamente el comienzo de una gran historia de esfuerzo y sacrificio”.

Gracias para mi y mi familia.

Franklin Erazo.

FIRMAS RESPONSABLES Y NOTAS

NOMBRE	FIRMA	FECHA
Ing. Iván Menes DECANO DE LA FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
Ing. Raúl Rosero DIRECTOR DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS
Ing. Marco Viteri DIRECTOR DE TESIS
Dr. Rigoberto Muñoz MIEMBRO DEL TRIBUNAL
Dr. Víctor Benítez MIEMBRO DEL TRIBUNAL
Lcdo. Carlos Rodríguez DIRECTOR DEL CENTRO DE DOCUMENTACION
NOTA DE LA TESIS	

RESPONSABILIDAD DE LOS AUTORES

“Nosotros, Santiago Roberto Cepeda Moreno y Franklin Oswaldo Erazo Hidalgo, nos declaramos responsables de todas las ideas expuestas en la presente investigación, así como también de la obtención de los resultados, este trabajo no puede copiarse, reproducirse, registrarse o transmitirse por cualquier forma posible, sin el permiso previo por escrito de los autores.; el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado pertenece a la Escuela Superior de Chimborazo.”

Santiago Roberto Cepeda Moreno

Franklin Oswaldo Erazo Hidalgo

INDICE DE ABREVIATURAS

AC	Corriente Alterna
ASCII	American Estándar Code for Information Interchange
COM	Component Object Model
CPU	Central Process Unit
HTML	Hypertext Transfer Protocol
IEEE	Institute of Electronic and Electrical Engineers
I/O	Input/Output
LD	Ladder Diagram
MTU	Master Terminal Unit
OPC	OLE for Process Control
PC	Computador Personal
PLC	Programmable Logic Control
RAM	Random Access Memory
RTU	Remote Terminal Unit
SCADA	Supervisory Control and Data Adquisition
WWW	World Wide Web

INDICE GENERAL

CAPÍTULO I

MARCO REFERENCIAL

1.1 Introducción	20
1.2 Antecedentes	21
1.3 Lugar de Aplicación.....	21
1.4 Alcance	22
1.5 Justificación	22
1.5.1 Justificación Teórica	22
1.5.2 Justificación Práctica Aplicativa.....	23
1.6 Objetivo General.....	24
1.7 Objetivos Específicos	25
1.8 Hipótesis	25

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Sistema Eléctrico	26
2.1.1 Sensores	26
2.1.1.1 Clasificación	27
2.1.1.2 Tipos	29
2.1.1.3 Principios de Funcionamiento	30
2.1.1.4 Aplicaciones.....	33
2.1.2 Interruptores.....	34
2.1.2.1 Materiales.....	35
2.1.2.2 Clasificación de los interruptores	36
2.1.2.3 Corriente y tensión.....	38
2.1.2.4 Interruptores eléctricos especiales	39
2.1.3 Conductores eléctricos para sensores.....	40
2.1.3.1 Descripción	41
2.1.3.2 Partes que componen los conductores eléctricos	42
2.1.3.3 Clasificación de los conductores eléctricos de acuerdo a su aislación o número de hebras	44
2.1.3.4 Clasificación de los Conductores Eléctricos según su tipo, uso, medio ambiente y consumos que servirán.	45
2.1.3.5 Dimensionamiento de conductores eléctricos.....	48
2.1.3.6 Capacidad de transporte de los conductores	49
2.1.4 Termocuplas.....	50

2.1.4.1	Modalidades de termopares	51
2.1.4.2	Tipos de Termopares	52
2.1.4.3	Uso del Termopar	54
2.1.5	Sensor de temperatura por resistencia PT100.....	54
2.1.5.1	Uso del PT100	56
2.1.5.2	Ventajas del PT100.....	56
2.1.6	Relés.....	57
2.1.6.1	Tipos De Relés.....	58
2.1.6.2	Control De Un Motor Mediante Relé	59
2.1.7	Motores Eléctricos	62
2.1.7.2	Principios de Funcionamiento	62
2.1.7.3	Clasificación	63
2.1.7.4	Tipos	67
2.2	Sistema Informático	68
2.2.1	PLC	68
2.2.1.1	Definición	68
2.2.1.2	Componentes	69
2.2.1.3	Modo de Operación	71
2.2.1.4	Clases de Programación.....	73
CAPITULO III		
PARTE INVESTIGATIVA		
3.1	Introducción	75
3.2	Protocolos de comunicación PLC.....	77
3.2.1	Protocolo Modbus.....	78
3.3	Lenguajes de Programación.....	80
3.3.1	C y C++.....	81
3.3.2	Java	83
3.3.3	Basic /Visual Basic	84
3.3.4	InTouch.....	86
3.4	Sistema SCADA	92
3.4.1	Características de un sistema SCADA.....	93
3.4.2	Prestaciones de un Sistema SCADA	96
3.4.3	Componentes de Hardware.....	97
3.4.4	Cómo elegir un sistema SCADA	101
3.4.5	Implantación de un Sistema SCADA Funcional	102
3.4.6	Estructura y Componentes de un Software SCADA	104
3.4.7	Interfaces de Comunicación.....	108
3.4.7	Tecnologías de Integración MICROSOFT (Drivers Específicos).....	110

3.4.8 Tabla Comparativa.....	114
3.5 Descripción de la Solución Propuesta para la Investigación	117
3.6 Propuesta Metodológica para el desarrollo del Proyecto.....	118

CAPITULO IV
DESARROLLO DEL SISTEMA PARA REPRESENTACIÓN DE SEÑALES ANALÓGICAS

4.1 Introducción	119
4.2 Partes constitutivas del Módulo	120
4.2.1 Sistema Mecánico	120
4.2.1.1 Especificaciones generales de los materiales usados.....	122
4.2.1.2 Montaje del sistema mecánico	122
4.2.2 Sistema eléctrico	123
4.2.2.1 PLC Twido.....	123
4.2.2.2 Módulos de ampliación analógica	125
4.2.2.3 Panel de control con pulsadores Encendido/Apagado	126
4.2.2.4 Cables de comunicación serial.....	126
4.2.2.5 Termocuplas tipo J.....	127
4.2.2.6 PT100.....	128
4.2.2.7 Resistencias.....	129
4.2.2.8 Ventiladores	130
4.2.2.9 Motor Eléctrico	130
4.2.2.10 Relés de control	131
4.2.2.11 Regletas borneras.....	132
4.2.2.12 Armado y Montaje del Sistema.....	133
4.2.2.13 Diseño del Sistema Eléctrico	137
4.2.3 Sistema Informático	139
4.3 Ingeniería de la Información.....	139
4.3.1 Definición del Ámbito	139
4.3.2 Planificación y Análisis de Riesgos.....	142
4.4 Especificación de Requerimientos (SRS).....	144
4.5 Análisis orientado a Objetos	150
4.5.1 Definición del caso de uso esenciales en formato expandido.....	150
4.5.2 Definición del Diagrama de Caso de Uso.....	151
4.5.3 Modelo Conceptual.....	152
4.5.4 Glosario de Términos.....	152
4.5.5 Diagrama de Secuencia.....	153
4.5.6 Contratos de operación	153

4.5.7 Diagrama de Estados	154
4.5.8 Diagrama de Clases	155
4.6 Diseño Orientado a Objetos	156
4.6.1 Casos de uso reales	156
4.6.2 Diagramas de Interacción	157
4.6.3 Arquitectura del Sistema.....	158
4.7 Fase de Implementación	159
4.7.1 Proceso de Configuración para la comunicación PC con PLC.....	159
4.7.2 Monitoreo del Sistema en Wonderware Intouch 10	164

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

RESUMEN

SUMMARY

GLOSARIO

BIBLIOGRAFÍA

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura II.1 Rango de señal analógica.....	27
Figura II. 2. Rango de señal digital.....	27
Figura II.3. Interruptor sencillo, SPST	35
Figura II.4. Pulsador SPST.....	35
Figura II.5. Interruptor de doble polo.....	36
Figura II.6. Interruptor de doble vía	36
Figura II.7. Interruptor de doble polo y doble vía	37
Figura II.8. Esquema de un interruptor para alto voltaje	37
Figura II.9. Conductor eléctrico de cobre	40
Figura II.10. Cable armado.....	45
Figura II.11. Conductor eléctrico.....	48
Figura II 12. Componentes de un termopar.	49
Figura II.13. Diagrama de funcionamiento de la termocupla	50
Figura II.14. Termocupla tipo J.....	52
Figura II.15. Rangos y tipos de termopares.....	53
Figura II.16. Componentes de un PT100.	54
Figura II.17. Un Pt100 es un tipo particular de RTD.....	54
Figura II.18. Esquema de un RELE	56
Figura II.19. Partes de un Relé	57
Figura II.20. Relé Tipo Conmutador	58
Figura II.21. Control de un Motor	59
Figura II.22. Giro del Motor en sentido Horario	59
Figura II.23. Motor Eléctrico	61
Figura II.24. Pasos principales en la operación de un PLC.....	71
Figura II.25. Lenguajes IEC-1131-3.....	73
Figura III.1. Protocolo Modbus y el Modelo OSI.....	78
Figura III.2. Ventana de Propiedades de InTouch.	86
Figura III.3. Aplicación móvil InTouch.....	88

Figura III.4. Interfaz gráfica InTouch.....	89
Figura III.5. Estructura básica de un sistema SCADA a nivel de hardware.	97
Figura III.6. Entorno de un software SCADA.....	102
Figura III.7. Ejemplo de la interfaz gráfica del SCADA InTouch.	106
Figura III.8. Diagrama de conexionado informático de un sistema SCADA.....	108
Figura III.9. Diagrama de la arquitectura de los drivers de un SCADA.	110
Figura III.10. Interfaz OPC Cliente/Servidor.	111
Figura IV.1. Armazón de lata.....	121
Figura IV.2. Banda de lona, chumaceras y rodillos.....	121
Figura IV.3. PLC Twido.	124
Figura IV.4. Módulo de expansión analógica TM2ALM3LT.....	125
Figura IV.5. Panel de control.....	126
Figura IV.6. Cable Serial RS-232	127
Figura IV.7. Termocupla Tipo J.	128
Figura IV.8. PT100.....	129
Figura IV.9. Resistencias.....	130
Figura IV.10. Ventilador.....	130
Figura IV.11. Motor de 24V.....	131
Figura IV.12. Relés de control	132
Figura IV.13. Borneras y regletas.....	132
Figura IV.14. Vista posición A.....	135
Figura IV.15. Vista posición B.....	136
Figura IV.16. Vista posición C.....	136
Figura IV. 17. Vista posición D.	136
Figura IV.18 Vista posición E.....	137
Figura IV.19. Diseño Eléctrico del Horno.	138
Figura IV.20. Comunicación a través del puerto de comunicación.	141
Figura IV.21. Arquitectura del Sistema.	147
Figura IV.22. Caso de Uso.....	151
Figura IV.23. Diagrama de sequencia.	153
Figura IV.24. Diagrama de estados.	155

Figura IV.25. Diagrama de clases.....	155
Figura IV.26. Caso de uso real.	157
Figura IV.27. Diagrama de colaboración.....	157
Figura IV.28. Diagrama de componentes.	158
Figura IV.29. Diagrama de despliegue.....	158
Figura IV.30. Diagrama Ladder.	160-164
Figura IV.31. Aplicación Modbus Serial.....	165
Figura IV.32. Configuración puerto de comunicación.....	165
Figura IV.33. Configuración Topic Name.....	166
Figura IV.34. Configuración Servidor.	166
Figura IV.35. Configuración Access Name.....	167
Figura IV.36. Selección del Access Name.....	167
Figura IV.37. Tag Names creados.....	168
Figura IV.38. Diccionario de Tag Names.	169
Figura IV.39. Ejemplo de Tag Name creado.	169
Figura IV.40. Opciones del Tag Name.	170
Figura IV.41. Portada principal del sistema.....	171
Figura IV.42. Ingreso de Usuario.....	171
Figura IV.43. Control y Monitoreo del Sistema.....	172
Figura IV.44. Base de Datos del Sistema.....	172
Figura IV.45. Base de Datos SQL Server.	173
Figura IV.46. Creación del Bind List.....	174
Figura IV.47. Configuración del Bind List.....	174
Figura IV.48. Creación del Table Template.....	175
Figura IV.49. Configuración del Table Template.	175
Figura IV.50. Configuración del Purge/Archive.....	176
Figura IV.51. Comprobación de la conexión.	176

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla II.1 Tipos de Sensores.....	29-30
Tabla II.2 Sensores y sus aplicaciones.....	33-34
Tabla III.1. Fabricantes y distribuidores del software SCADA.	103
Tabla III.2. Tabla comparativa de Software SCADA.....	115-116
Tabla IV.1. Especificaciones Módulo TM2ALM3LT	115-116
Tabla IV.2. Categorización de riesgos	143
Tabla IV.3. Especificación Técnica del Equipo.....	146
Tabla IV.4. Especificación Técnica del Equipo (II).....	148
Tabla IV.5. Caso de Uso operación de monitoreo y control.....	151
Tabla IV.6. Contrato de operación de monitoreo y control.....	154
Tabla IV.7. Caso de uso real Monitoreo y Control	156
Tabla IV.8. Disposición de las Entradas	159
Tabla IV.9. Disposición de las Salidas	159

INTRODUCCIÓN

SCADA es el acrónimo de “Supervisory Control And Data Acquisition” (control supervisión y adquisición de datos). Los sistemas SCADA utilizan la computadora y tecnologías de comunicación para automatizar el monitoreo y control de procesos industriales, consisten de una computadora principal o “master” (generalmente llamada Estación Maestra, “Master Terminal Unit” o MTU); una o más unidades control obteniendo datos de campo (generalmente llamadas estaciones remotas, “Remote Terminal Units,” o RTU); y una colección de software estándar y/o a la medida usado para monitorear y controlar remotamente dispositivos de campo.

Estos sistemas son partes integrales de la mayoría de los ambientes industriales complejos o que están muy geográficamente dispersos, ya que pueden recoger la información de una gran cantidad de fuentes muy rápidamente, y la presentan a un operador en una forma amigable. Los sistemas SCADA mejoran la eficacia del proceso de monitoreo y control proporcionando la información oportuna para poder tomar decisiones operacionales apropiadas.

Conociendo de las múltiples ventajas que estos sistemas brindan al campo ocupacional y frente a la necesidad de reforzar el aprendizaje se pretende diseñar e implementar un sistema de **ESTUDIO DE REPRESENTACIÓN DE SEÑALES ANALÓGICAS CON PLC Y UN SISTEMA SCADA**, este módulo operacional permitirá abrir un espacio para la práctica en el campo de automatización.

Durante el transcurso del desarrollo de este proyecto se realizará el estudio del los sistemas SCADA y su manejo con las señales analógicas obtenidas por medio de sensores a través de un PLC.

El contenido de esta tesis está estructurado en 4 Capítulos, los mismos que se detallan de la siguiente manera: el **Capítulo I** proporciona los antecedentes y objetivos de la tesis, el **Capítulo II** contiene un estudio de los diferentes elementos que interactuarán en nuestro proyecto, el **Capítulo III** se encargara del Estudio de las señales analógicas y su representación, el **Capítulo IV** se encargara de la parte investigativa y de desarrollo del Proyecto además de la construcción del sistema de representación de señales.

CAPÍTULO I

MARCO REFERENCIAL

1.1 Introducción

Con la evolución de la tecnología en el campo de los automatismos industriales y de los sistemas se ha ido marcando una tendencia por parte de las empresas a la utilización de estos sistemas de control automático en la realización de sus procesos, para la optimización de recursos y llegar a ser más competitivos, es por esta razón por la que nos hemos planteado el desarrollo de un sistema SCADA para representar señales analógicas y que sirva como material didáctico para los estudiantes, el mismo que será desarrollado en el Laboratorio de Automatización Industrial de la EIS, en el cual se integra el Automatismo Industrial con la Informática en busca de brindar una alternativa optima a las empresas. Para lo cual se definirá las metas que se quiere cumplir con el proyecto, de acuerdo a una adecuada planificación del mismo.

1.2 Antecedentes

En el siglo pasado muchas empresas se instalaron en el Ecuador, algunas de estas ofrecían productos que inicialmente salían al mercado creadas a través de un proceso industrial que era controlado de forma manual, incluso las variables como la temperatura, presión, peso era tratada de manera particular.

Las empresas que utilizaban los automatismos eléctricos, podían sistematizar las líneas de producción, pero el inconveniente aparecía cuando para realizar estos trabajos se ocupaba mucho espacio físico y para poner en marcha el sistema crearon un proceso complejo.

Actualmente todas las empresas han remplazado los sistemas antiguos por los nuevos autómatas o PLCs lo cual tiene varias ventajas como la disminución del espacio físico y la complejidad de la construcción, pero hay la necesidad de mano de obra calificada para estos fines.

1.3 Lugar de Aplicación

La presente investigación formara parte del sistema de control de procesos industriales, el mismo que se encuentra desarrollado en el laboratorio de Automatización Industrial de la Escuela de Ingeniería en Sistemas de la ESPOCH.

1.4 Alcance

El sistema de control de señales analógicas detectará los cambios de temperatura que existan dentro del horno de activación de pegamento, controlados por computadora.

En nuestro trabajo de investigación la detección del incremento o disminución del calor estará a cargo de tres sensores como son dos termocuplas y un PT100, los mismos que determinarán el grado de calentamiento o enfriamiento existente dentro del horno, el cual permitirá que se produzca una activación inmediata del pegamento usado en los tacos de caucho trasladados a través de la banda transportadora, a medida que la temperatura siga en aumento provocará el encendido automático de los ventiladores, caso contrario provocará el encendido a su vez de las resistencias.

Todos estos aparatos están controlados de manera automática con la ayuda de un PLC y programados mediante el software adecuado.

1.5 Justificación

1.5.1 Justificación Teórica

Nos encontramos en un mundo globalizado, las compañías se ven obligadas a competir con otras compañías dentro y fuera del país, razón por la que deben ser competitivas reduciendo al máximo sus costos y tiempo e incrementando las ventas, esto puede conseguirse a través de la automatización industrial.

El control de temperatura es uno de los pilares básicos de una industria o comercio, tan importante como los esquemas de producción o las instalaciones de venta, las empresas

dependen de la satisfacción de sus clientes, mejorar la distribución y mantenerlos satisfechos depende de la agilidad con la que se les atiende a los mismos, el problema surge cuando la cantidad de demanda específicamente en tiempo y dinero es muy elevada, razón por la cual resulta difícil o algunas veces imposible llevar un control rápido y adecuado, esta es una realidad a la que se enfrentan la mayoría de las empresas, trayendo como consecuencia el incremento en los costos de producción, debido al excesivo tiempo de respuesta, así como a la mano de obra que se necesita para realizar el trabajo de forma manual, una forma de conseguirlo es con la utilización de hornos inteligentes, los cuales permitan gestionar de una forma fácil y eficiente el control de temperatura.

Por otro lado existe poca información textual sobre la representación de señales analógicas utilizando un sistema SCADA, además no se cuenta con los conocimientos necesarios para poder iniciar la automatización de los procesos industriales dentro de un laboratorio, conllevando esta investigación hacia el mejoramiento del aprendizaje de los estudiantes.

1.5.2 Justificación Práctica Aplicativa

La razón por la que se diseñó el presente trabajo es debido a que en la actualidad existen hornos inteligentes comerciales, pero su costo es demasiado elevado, por este motivo se ha decidido implementar una solución a menor costo, implementando un horno inteligente para el laboratorio de automatización industrial de la EIS.

Los estudiantes a futuro contarán con un sistema didáctico de adquisición acondicionamiento gestión y presentación de señales analógicas, este aprendizaje teórico-práctico permitirá que el laboratorio de automatización industrial cuente con una herramienta de apoyo, la misma que servirá para la enseñanza y aprendizaje de la materia y teniendo en cuenta que la misión de la ESPOCH es: "Formar profesionales competitivos, emprendedores, conscientes de su identidad nacional, justicia social, democracia y preservación del ambiente sano, a través de la generación, transmisión, adaptación y aplicación del conocimiento científico y tecnológico para contribuir al desarrollo sustentable de nuestro país", es indispensable que se mantengan a la par de la tecnología actual existente, razón por la que la Facultad de Informática y Electrónica de la ESPOCH debe preparar a sus estudiantes, para que puedan enfrentar los nuevos retos profesionales que les esperan, la investigación está encaminada a servir como material didáctico a los alumnos de la FIE, en el mismo que podrán experimentar y realizar las pruebas correspondientes para un mejor aprendizaje.

1.6 Objetivo General

Diseñar y construir un sistema didáctico para representar señales analógicas, con plc y SCADA IN TOUCH, caso práctico horno de activación de pegamento laboratorio de automatización industrial de la EIS

1.7 Objetivos Específicos

- Programar el código necesario en el software IN TOUCH para poder generar la aplicación SCADA.
- Diseñar y Construir una Interfaz de usuario para el control del sistema SCADA.
- Diseñar e implementar una base de datos para el almacenamiento de los mismos.
- Implementar un sistema informático para la representación de señales analógicas en la pantalla de un ordenador.
- Programar el Control Central en un Lenguaje específico bajo el Estándar IEC 611 31-3.
- Implementar y construir el horno de activación de pegamento para el laboratorio de automatización industrial.

1.8 Hipótesis

¿La elaboración de un sistema didáctico para representación de señales analógicas, con PLC y SCADA IN TOUCH proporcionará a los estudiantes una herramienta práctica para la enseñanza y aprendizaje de la materia de Automatización Industrial?

CAPÍTULO II

MARCO TEORICO

2.1 Sistema Eléctrico

2.1.1 Sensores

Un sensor es un dispositivo capaz de transformar magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación, en magnitudes eléctricas, los sensores trasladan la información desde el mundo real al mundo abstracto de los microcontroladores.

Las variables de instrumentación dependen del tipo de sensor y pueden ser por ejemplo: temperatura, intensidad lumínica, distancia, aceleración, inclinación, desplazamiento, presión, fuerza, torsión, humedad, etc. En cambio una magnitud eléctrica obtenida puede ser una resistencia eléctrica (como en una RTD), una capacidad eléctrica (como

en un sensor de humedad), una tensión eléctrica (como en un termopar), una corriente eléctrica (como un fototransistor), etc.

Una característica importante de los sensores es que son elementos eléctricos/mecánicos/químicos capaces de convertir una característica del entorno en una medida cuantitativa, cada sensor se basa en un principio de **transducción**: conversión de la energía de una forma a otra.

Existe una relación importante entre los sentidos humanos y los sensores:

- Visión: ojos (óptico, luz)
- Oído: oídos (acústico, sonido)
- Tacto: piel (mecánico, calor, textura, ...)
- Olor: nariz (química, vapores)
- Gusto: lengua (química, líquidos)

2.1.1.1 Clasificación

En general, la mayoría de los sensores pueden ser divididos en dos grandes grupos:

1. Sensores analógicos
2. Sensores Digitales

Un **sensor analógico** es aquel que puede entregar una salida variable dentro de un determinado rango (Figura 1.1). Un sensor analógico, como por ejemplo una Fotorresistencia (estos componentes miden intensidad de luz), puede ser cableado en un circuito que pueda interpretar sus variaciones y entregar una salida variable con valores entre 0 y 5 volts.

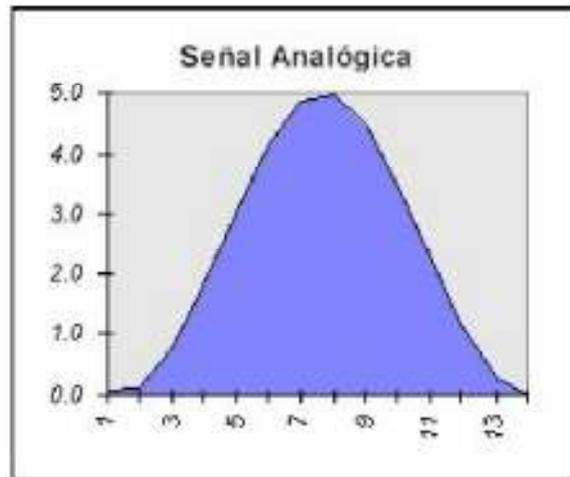


Figura N° II.1. Rango de señal analógica

Un **sensor digital** es aquel que entrega una salida de tipo discreta (Figura II.2), es decir, que el sensor posee una salida que varía dentro de un determinado rango de valores, pero a diferencia de los sensores analógicos, esta señal varía de a pequeños pasos pre-establecidos.

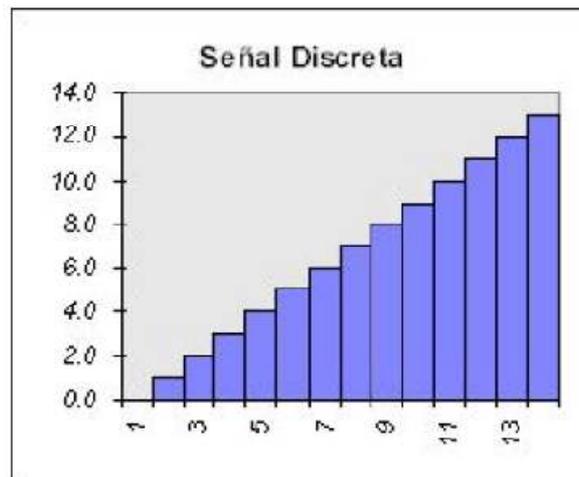


Figura N° II.2. Rango de señal digital

Los sensores discretos más comúnmente usados por ejemplo en la robótica entregan una salida del tipo binaria las cuales poseen dos estados posibles (0 y 1). La distinción entre

analógico y digital es muy importante a la hora de tomar la decisión para determinar que sensores se usarán. Esta decisión depende en gran medida de la capacidad y características del tipo de controlador que se use.

Existe también la posibilidad de transformar las señales analógicas en señales digitales mediante el uso de un conversor A/D (analógico/digital) y entregar su salida sobre un bus de 8 bits (1 Byte). Esto permitirá al microcontrolador poder tomar decisiones en base a la lectura obtenida, todo esto debido a que ciertos microcontroladores poseen un conversor integrado, lo que permite ahorrar espacio y simplificar el diseño.

2.1.1.2 Tipos

En la siguiente tabla se indican algunos tipos y ejemplos de sensores.

Magnitud	Sensor	Característica
Posición lineal o angular	Potenciómetro	Analógica
	Encoder	Digital
Desplazamiento y deformación	Transformador diferencial de variación lineal	Analógica
	Galga extensiométrica	Analógica
	Magnetostrictivos	A/D
	Magnetorresistivos	Analógica
	LVDT	Analógica
	Dinamo tacométrica	Analógica

Velocidad lineal y angular	Detector inductivo	Digital
	Servo-inclinómetros	A/D
	RVDT	Analógica
	Giróscopo	Analógica
Aceleración	Acelerómetro	Analógico
Presión	Membranas	Analógica
	Piezoeléctricos	Analógica
	Manómetros Digitales	Digital
Caudal	Turbina	Analógica
	Magnético	Analógica
Temperatura	Termopar	Analógica
	RTD	Analógica
	Termistor NTC	Analógica
	Termistor PTC	Analógica
	Bimetal	I/O
Sensores de presencia	Inductivos	I/O
	Capacitivos	I/O
	Ópticos	I/O y Analógica

Tabla II.1 Tipos de Sensores

2.1.1.3 Principios de Funcionamiento

Existe una amplia variedad de dispositivos diseñados para percibir la información externa de una magnitud física y transformarla en un valor electrónico que sea posible

introducir al circuito de control, de modo que el robot sea capaz de cuantificarla y reaccionar en consecuencia.

Un sensor consta de algún elemento sensible a una magnitud física como por ejemplo la intensidad o color de la luz, temperatura, presión, magnetismo, humedad y debe ser capaz, por sus propias características, o por medio de dispositivos intermedios, de transformar esa magnitud física en un cambio eléctrico que se pueda alimentar en un circuito que la utilice directamente, o sino en una etapa previa que la condicione (amplificando, filtrando, etc.), para que finalmente se la pueda utilizar para el control del robot.

Sensores Magnéticos

Son caracterizados por la detección de los objetos magnéticos (imanes generalmente permanentes) que se utilizan para accionar el proceso de la conmutación, los campos magnéticos pueden pasar a través de muchos materiales no magnéticos, el proceso de la conmutación se puede también accionar sin la necesidad de la exposición directa al objeto, usando los conductores magnéticos (hierro), el campo magnético se puede transmitir sobre mayores distancias para poder llevarse la señal de áreas de alta temperatura.

Sensores Ópticos

Permite la detección de metano y otros hidrocarburos con aplicación. Este mismo sistema puede ser modificado para la detección de CO₂. Asimismo se ha desarrollado

un oxímetro de pulso, utilizando diodos láser con emisión en el infrarrojo, que permita una mayor fiabilidad del dispositivo final y una mayor selectividad frente a los derivados no oxigenados de la hemoglobina.

Sensores Inductivos

Los sensores de proximidad inductivos son detectores de posición electrónicos, que dan una señal de salida sin contacto mecánico directo, estos sensores detectan todo tipo de objetos metálicos.

Consiste en una bobina cuya frecuencia de oscilación cambia al ser aproximado un objeto metálico a su superficie axial. Son detectores de posición de todo tipo de objetos metálicos. Esta frecuencia es empleada en un circuito electrónico para conectar o desconectar si el objeto metálico se aparta de la bobina

Sensores Capacitivos

Detectan materiales conductores, principalmente materiales aislantes como papel, plástico, madera. Consta de una sonda situada en la parte posterior de la cara del sensor el cual es una placa condensadora.

Al aplicar corriente al sensor, se genera un campo electrostático que reacciona a los cambios de la capacitancia causados por la presencia de un objeto. Cuando el objeto se encuentra fuera del campo electrostático, el oscilador permanece inactivo, pero cuando el objeto se aproxima, se desarrolla un acoplamiento capacitivo entre éste y la sonda

capacitiva. Cuando la capacitancia alcanza un límite especificado, el oscilador se activa, lo cual dispara el circuito de encendido y apagado.

2.1.1.4 Aplicaciones

Existe un sin número de aplicaciones de acuerdo al tipo de sensor que se esté utilizando, la siguiente tabla se detallan algunas de las más importantes:

Sensor	Aplicaciones
Humedad	Alarmas en lavadoras, acondicionadores de aire, humidificadores, higrómetros, incubadoras, sistemas respiratorios en medicina.
Presión	Barómetros, Detección de fugas, Altimetros, Flujo de aire, Control de filtros de aire, Presión sanguínea, Nivel de líquidos, Presión de ruedas.
Magnéticos	Aplicaciones de automoción o maquinaria (ruedas dentadas, varillas de metal, levas,
Movimiento	Aceleración / Desaceleración (Air Bag), Velocidad / Cambio de velocidad, Choques / Vibraciones, Detección prematura de fallos en un equipo en rotación, Detección y medida de manipulaciones, Actividad sísmica.
Luz	En la industria (sensores de posición, lector de códigos de barras, impresoras láser). En comunicaciones (receptores de fibra óptica). En

	medicina (detección de rayos X, analizador de partículas en la sangre). En óptica (auto-foco, control de flash).
Imagen	En cámaras fotográficas y de video digitales, así como el circuito cerrado de televisión (seguridad, video porteros) y las aplicaciones industriales (robótica, identificación, etc.), lector de código de barras, OCR, lápices inteligentes,, imagen en aplicaciones médicas, visión en automoción.
Biométricos	Sensor de la huella digital (Fingerprints), escáner de la Retina (Iris Scans), escáner de la mano (Hand geometry), reconocimiento facial (Facial recognition).

Tabla II.2 Sensores y sus aplicaciones

2.1.2 Interruptores

Un **interruptor eléctrico** es un dispositivo utilizado para desviar o interrumpir el curso de una corriente eléctrica. En el mundo moderno las aplicaciones son innumerables, van desde un simple interruptor que apaga o enciende un bombillo, hasta un complicado selector de transferencia automático de múltiples capas controlado por computadora.

Su expresión más sencilla consiste en dos contactos de metal inoxidable y el actuante. Los contactos, normalmente separados, se unen para permitir que la corriente circule. El

actuante es la parte móvil que en una de sus posiciones hace presión sobre los contactos para mantenerlos unidos.

2.1.2.1 Materiales

De la calidad de los materiales empleados para hacer los contactos dependerá la vida útil del interruptor. Para la mayoría de los interruptores domésticos se emplea una aleación de latón (60% cobre, 40% zinc). Esta aleación es muy resistente a la corrosión y es un conductor eléctrico apropiado. El aluminio es también buen conductor y es muy resistente a la corrosión.

En los casos donde se requiera una pérdida mínima se utiliza cobre puro por su excelente conductividad eléctrica. El cobre bajo condiciones de condensación puede formar óxido de cobre en la superficie interrumpiendo el contacto.

Para interruptores donde se requiera la máxima confiabilidad se utilizan contactos de cobre pero se aplica un baño con un metal más resistente al óxido como lo son el estaño, aleaciones de estaño/plomo, níquel, oro o plata. La plata es de hecho mejor conductor que el cobre y además el óxido de plata conduce electricidad. El oro aunque no conduce mejor que la plata también es usado por su inmejorable resistencia al óxido.



Figura N° II.3. Interruptor sencillo, SPST

2.1.2.2 Clasificación de los interruptores

Pulsadores

También llamados interruptores momentáneos. Este tipo de interruptor requiere que el operador mantenga la presión sobre el actuante para que los contactos estén unidos. Un ejemplo de su uso se lo puede encontrar en los **timbres** de las casas.



Figura N° II.4. Pulsador SPST

Cantidad de polos

Son la cantidad de circuitos individuales que controla el interruptor. Un interruptor de un solo polo como el que usamos para encender una lámpara. Los hay de 2 o más polos.

Por ejemplo si se quiere encender un motor de 220 voltios y a la vez un indicador luminoso de 12 voltios se necesitará un interruptor de 2 polos, un polo para el circuito de 220 voltios y otro para el de 12 voltios.

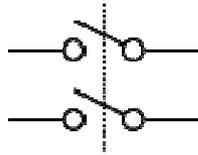


Figura N° II.5. Interruptor de doble polo

Cantidad de vías (tiros)

Es la cantidad de posiciones que tiene un interruptor. Nuevamente el ejemplo del interruptor de una sola vía es el utilizado para encender una lámpara, en una posición enciende la lámpara mientras que en la otra se apaga.

Los hay de 2 o más vías. Un ejemplo de un interruptor de 3 vías es el que podríamos usar para controlar un semáforo donde se enciende un bombillo de cada color por cada una de las posiciones o vías.



Figura N° II.6. Interruptor de doble vía

Combinaciones

Se pueden combinar las tres clases anteriores para crear diferentes tipos de interruptores. En el gráfico inferior se puede observar un ejemplo de un interruptor DPDT.

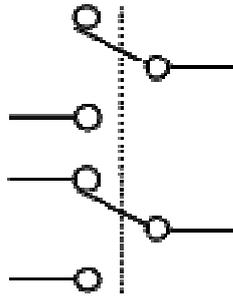


Figura N° II.7. Interruptor de doble polo y doble vía

2.1.2.3 Corriente y tensión

Los interruptores están diseñados para soportar una carga máxima, la cual se mide en **amperios**. De igual manera se diseñan para soportar una tensión máxima, que es medida en **voltios**.

Se debe seleccionar el interruptor apropiado para el uso que le vaya a dar, ya que si se sobrecarga un interruptor se está acortando su vida útil.

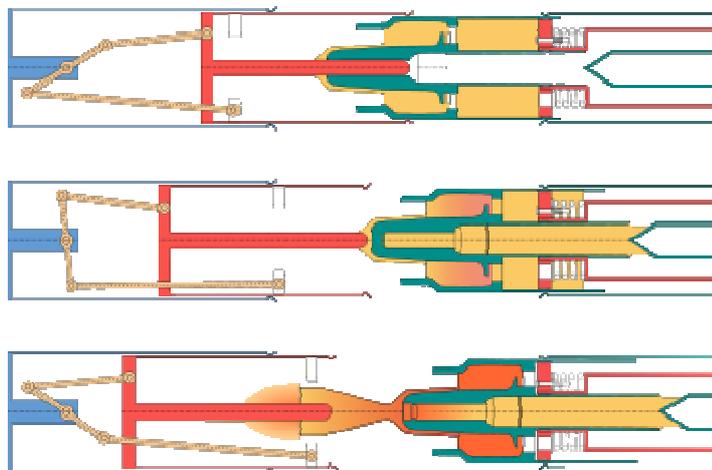


Figura N° II.8. Esquema de un interruptor para alto voltaje.

2.1.2.4 Interruptores eléctricos especiales

El Interruptor magneto térmico o interruptor automático incluye dos sistemas de protección. Se apaga en caso de cortocircuito o en caso de sobre carga de corriente. Se utiliza en los cuadros eléctricos de viviendas, comercios o industrias para controlar y proteger cada circuito individualmente.

Reed switch es un interruptor encapsulado en un tubo de vidrio al vacío que se activa al encontrar un campo magnético. Interruptor centrífugo se activa o desactiva a determinada fuerza centrífuga. Es usado en los motores como protección.

Interruptores de transferencia trasladan la carga de un circuito a otro en caso de falla de energía. Utilizados tanto en subestaciones eléctricas como en industrias.

Interruptor DIP viene del inglés '''dual in-line package''' en electrónica y se refiere a una línea doble de contactos. Consiste en una serie de múltiples micro interruptores unidos entre sí.

Hall-effect switch también usado en electrónica, es un contador que permite leer la cantidad de vueltas por minuto que está dando un imán permanente y entregar pulsos.

Interruptor inercial (o de aceleración) mide la aceleración o desaceleración del eje de coordenadas sobre el cual esté montado. Por ejemplo los instalados para disparar las bolsas de aire de los automóviles. En este caso de deben instalar laterales y frontales para activar las bolsas de aire laterales o frontales según donde el auto reciba el impacto.

Interruptor de membrana (o burbuja) generalmente colocado directamente sobre un circuito impreso. Son usados en algunos controles remotos, los paneles de control de microondas, etc.

Interruptor de nivel, usado para detectar el nivel de un fluido en un tanque. El Sensor de flujo es un tipo de interruptor que formado por un imán y un reed switch.

Interruptor de mercurio usado para detectar la inclinación. Consiste en una gota de mercurio dentro de un tubo de vidrio cerrado herméticamente, en la posición correcta el mercurio cierra dos contactos de metal.

Interruptor diferencial o Disyuntor dispositivo electromecánico para equipos eléctricos que protege a las personas de las derivaciones causadas por faltas de aislamiento.

2.1.3 Conductores eléctricos para sensores

Un conductor eléctrico es aquel cuerpo que puesto en contacto con un cuerpo cargado de electricidad transmite ésta a todos los puntos de su superficie. Generalmente elementos, aleaciones o compuestos con electrones libres que permiten el movimiento de cargas.



Figura N° II.9. Conductor eléctrico de cobre.

2.1.3.1 Descripción

Materiales cuya resistencia al paso de la electricidad es muy baja. Los mejores conductores eléctricos son los metales y sus aleaciones. Existen otros materiales, no metálicos, que también poseen la propiedad de conducir la electricidad como son el grafito, las soluciones salinas (por ejemplo, el agua de mar) y cualquier material en estado de plasma.

Para el transporte de la energía eléctrica, así como para cualquier instalación de uso doméstico o industrial, el mejor conductor es el oro pero es muy caro, así que el metal empleado universalmente es el cobre en forma de cables de uno o varios hilos.

Alternativamente se emplea el aluminio, metal que si bien tiene una conductividad eléctrica del orden del 60% de la del cobre es, sin embargo, un material mucho más ligero, lo que favorece su empleo en líneas de transmisión de energía eléctrica en las redes de alta tensión.

2.1.3.2 Partes que componen los conductores eléctricos

Estas son tres muy diferenciadas:

- El alma o elemento conductor.
- El aislamiento.
- Las cubiertas protectoras.

El alma o elemento conductor

Se fabrica en cobre y su objetivo es servir de camino a la energía eléctrica desde las centrales generadoras a los centros de distribución (subestaciones, redes y empalmes), para alimentar a los diferentes centros de consumo (industriales, grupos habitacionales.

De la forma cómo esté constituida esta alma depende la clasificación de los conductores eléctricos. Así se tiene:

- Según su constitución

Alambre: Conductor eléctrico cuya alma conductora está formada por un solo elemento o hilo conductor.

Se emplea en líneas aéreas, como conductor desnudo o aislado, en instalaciones eléctricas a la intemperie, en ductos o directamente sobre aisladores.

Cable: Conductor eléctrico cuya alma conductora está formada por una serie de hilos conductores o alambres de baja sección, lo que le otorga una gran flexibilidad.

- Según el número de conductores:

Monoconductor: Conductor eléctrico con una sola alma conductora, con aislación y con o sin cubierta protectora.

Multiconductor: Conductor de dos o más almas conductoras aisladas entre sí, envueltas cada una por su respectiva capa de aislación y con una o más cubiertas protectoras comunes.

El aislamiento

El objetivo de la aislación en un conductor es evitar que la energía eléctrica que circula por él, entre en contacto con las personas o con objetos, ya sean éstos ductos, artefactos u otros elementos que forman parte de una instalación. Del mismo modo, la aislación debe evitar que conductores de distinto voltaje puedan hacer contacto entre sí.

Los materiales aislantes usados desde sus inicios han sido sustancias poliméricas, que en química se definen como un material o cuerpo químico formado por la unión de muchas moléculas idénticas, para formar una nueva molécula más gruesa.

Antiguamente los aislantes fueron de origen natural, gutapercha y papel. Posteriormente la tecnología los cambió por aislantes artificiales actuales de uso común en la fabricación de conductores eléctricos.

Los diferentes tipos de aislación de los conductores están dados por su comportamiento técnico y mecánico, considerando el medio ambiente y las condiciones de canalización a que se verán sometidos los conductores que ellos protegen, resistencia a los agentes

químicos, a los rayos solares, a la humedad, a altas temperaturas, llamas, etc. Entre los materiales usados para la aislación de conductores se puede mencionar el PVC o cloruro de polivinilo, el polietileno o PE, el caucho, la goma, el neoprén y el nylon.

Si el diseño del conductor no consulta otro tipo de protección se le denomina aislación integral, porque el aislamiento cumple su función y la de revestimiento a la vez. Cuando los conductores tienen otra protección polimérica sobre la aislación, esta última se llama revestimiento, chaqueta o cubierta.

Las cubiertas protectoras

El objetivo fundamental de esta parte de un conductor es proteger la integridad de la aislación y del alma conductora contra daños mecánicos, tales como raspaduras, golpes, etc.

Si las protecciones mecánicas son de acero, latón u otro material resistente, a ésta se le denomina «armadura» La «armadura» puede ser de cinta, alambre o alambres trenzados. Los conductores también pueden estar dotados de una protección de tipo eléctrico formado por cintas de aluminio o cobre. En el caso que la protección, en vez de cinta esté constituida por alambres de cobre, se le denomina pantalla o blindaje.

2.1.3.3 Clasificación de los conductores eléctricos de acuerdo a su aislación o número de hebras

La parte más importante de un sistema de alimentación eléctrica está constituida por conductores. Al proyectar un sistema, ya sea de poder; de control o de información, deben respetarse ciertos parámetros imprescindibles para la especificación de la cablería.

- Voltaje del sistema, tipo (CC o CA), fases y neutro, sistema de potencia, punto central aterramiento.
- Corriente o potencia a suministrar.
- Temperatura de servicio, temperatura ambiente y resistividad térmica de alrededores.
- Tipo de instalación, dimensiones (profundidad, radios de curvatura, distancia entre vanos, etc.).
- Sobrecargas o cargas intermitentes.
- Tipo de aislación.
- Cubierta protectora.

Todos estos parámetros están íntimamente ligados al tipo de aislación y a las diferencias constructivas de los conductores eléctricos, lo que permite determinar de acuerdo a estos antecedentes la clase de uso que se les dará.

De acuerdo a éstos, se logra clasificar los conductores eléctricos según su aislación, construcción y número de hebras en monoconductores y multiconductores.

2.1.3.4 Clasificación de los Conductores Eléctricos según su tipo, uso, medio ambiente y consumos que servirán.

Conductores para distribución y poder:

- Alambres y cables (N0 de hebras: 7 a 61).
- Tensiones de servicio: 0,6 a 35 kV (MT) y 46 a 65 kV (AT).
- Uso: Instalaciones de fuerza y alumbrado (aéreas, subterráneas e interiores).
- Tendido fijo.

Cables armados:

- Cable (Nº de hebras: 7 a 37).
- Tensión de servicio: 600 a 35 000 volts.
- Uso: Instalaciones en minas subterráneas para piques y galerías (ductos, bandejas, aéreas y subterráneas)
- Tendido fijo

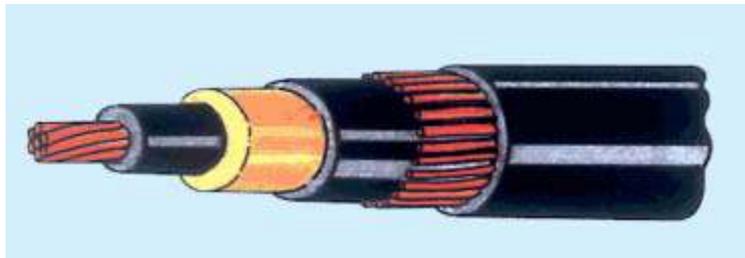


Figura N° II.10. Cable armado

Conductores para control e instrumentación:

- Cable (Nº de hebras: 2 a 27).
- Tensión de servicio: 600 volts.
- Uso: Operación e interconexión en zonas de hornos y altas temperaturas, (ductos, bandejas, aérea o directamente bajo tierra).
- Tendido fijo.

Cordones:

- Cables (Nº de hebras: 26 a 104).
- Tensión de servicio: 300 volts.
- Uso: Para servicio liviano, alimentación a: radios, lámparas, aspiradoras, jugueras, etc. Alimentación a máquinas y equipos eléctricos industriales,

aparatos electrodomésticos y calefactores (lavadoras, enceradoras, refrigeradores, estufas, planchas, cocinillas y hornos, etc.).

- Tendido portátil.

Cables portátiles:

- Cables (N0 de hebras: 266 a 2 107).
- Tensión de servicio: 1 000 a 5 000 volts
- Uso: en soldadoras eléctricas, locomotoras y máquinas de tracción de minas subterráneas. Grúas, palas y perforadoras de uso minero.
- Resistente a: intemperie, agentes químicos, a la llama y grandes sollicitaciones mecánicas como arrastres, cortes e impactos.
- Tendido portátil.

Cables submarinos:

- Cables (N0 de hebras: 7 a 37).
- Tensión de servicio: 5 y 15 kV.
- Uso: en zonas bajo agua o totalmente sumergidos, con protección mecánica que los hacen resistentes a corrientes y fondos marinos.
- Tendido fijo.

Cables navales:

- Cables (N0 de hebras: 3 a 37).
- Tensión de servicio: 750 volts.
- Uso: diseñados para ser instalados en barcos en circuitos de poder, distribución y alumbrado.

- Tendido fijo.

Dentro de la gama de alambres y cables que se fabrican en el país, existen otros tipos, destinados a diferentes usos industriales, como los cables telefónicos, los alambres magnéticos esmaltados para uso en la industria electrónica y en el embobinado de partidas y motores de tracción, los cables para conexiones automotrices a baterías y motores de arranque, los cables para parlantes y el alambre para timbres.

2.1.3.5 Dimensionamiento de conductores eléctricos

Es frecuente que las instalaciones eléctricas presenten problemas originados por la mala calidad de la energía.

- Variaciones de voltaje.
- Variaciones de frecuencia.
- Señal de tensión con altos contenidos de impurezas.

Estos efectos producen un funcionamiento irregular en los equipos eléctricos y generan pérdidas de energía por calentamiento de los mismos y de sus conductores de alimentación.

La norma ANSI/IEEE C57.110-1986, recomienda que los equipos de potencia que deben alimentar cargas no lineales (computadoras), operen a no más de un 80% de su potencia nominal. Es decir, los sistemas deben calcularse para una potencia del orden del 120% de la potencia de trabajo en régimen efectivo.

Como se puede apreciar; el correcto dimensionamiento de conductores eléctricos tiene una importancia decisiva en la operación eficiente y segura de los sistemas.

2.1.3.6 Capacidad de transporte de los conductores

La corriente eléctrica origina calentamiento en los conductores (efecto Joule: $I^2 \times R$).

El exceso de temperatura genera dos efectos negativos en los aislantes:

- Disminución de la resistencia de aislación.
- Disminución de la resistencia mecánica.

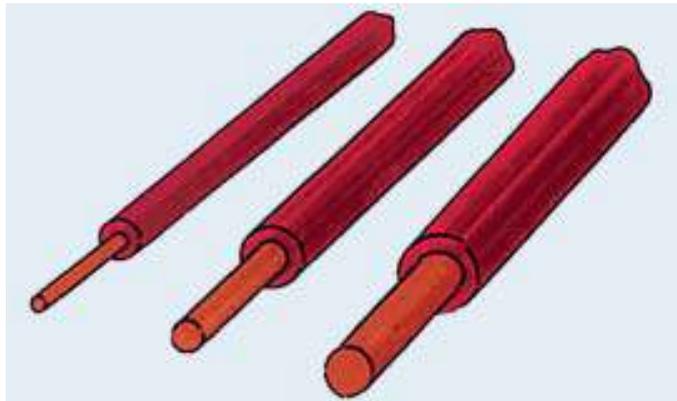


Figura N° II.11. Conductor eléctrico

El servicio operativo de la energía eléctrica y su seguridad dependen directamente de la calidad e integridad de las aislaciones de los conductores.

Las aislaciones deben ser calculadas en relación a la carga de energía eléctrica que transporten los conductores y a la sección o diámetro de los mismos.

2.1.4 Termocuplas

Un **termopar** es un dispositivo formado por la unión de dos metales distintos que produce un voltaje (efecto Seebeck), que es función de la **diferencia de temperatura** entre uno de los extremos denominado "punto caliente" o unión caliente o de medida y el otro denominado "punto frío" o unión fría o de referencia.

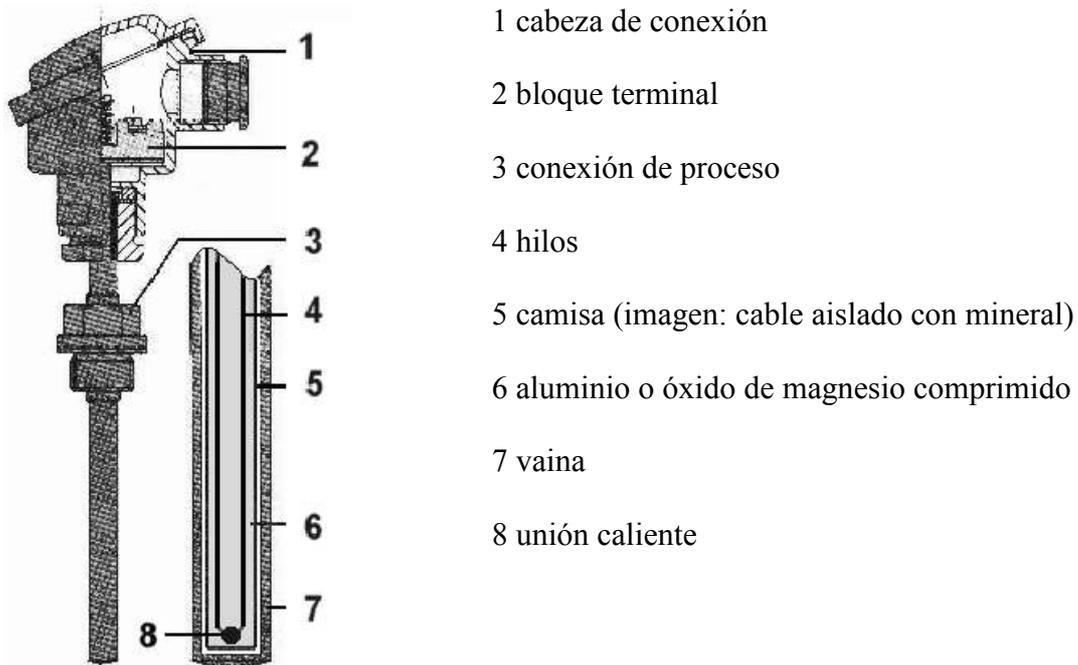


Figura N° II.12. Componentes de un termopar

En Instrumentación industrial, los termopares son ampliamente usados como sensores de temperatura. Son económicos, intercambiables, tienen conectores estándar y son capaces de medir un amplio rango de temperaturas. Su principal limitación es la exactitud ya que los errores del sistema inferiores a un grado Celsius son difíciles de obtener.

El grupo de termopares conectados en serie recibe el nombre de **termopila**. Tanto los termopares como las termopilas son muy usados en aplicaciones de calefacción a gas.

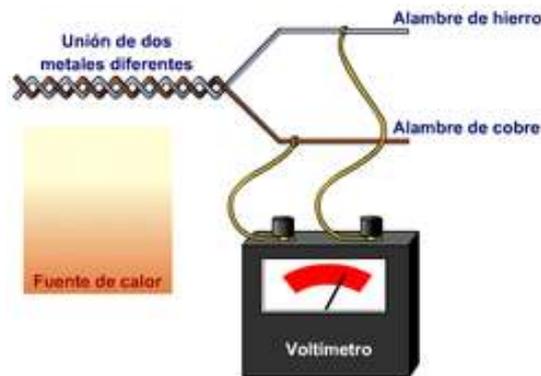


Figura N° II.13. Diagrama de funcionamiento de la termocupla.

2.1.4.1 Modalidades de termopares

Los termopares están disponibles en diferentes modalidades, como sondas. Estas últimas son ideales para variadas aplicaciones de medición, por ejemplo, en la investigación médica, sensores de temperatura para los alimentos, en la industria y en otras ramas de la ciencia, etc.

A la hora de seleccionar una sonda de este tipo debe tenerse en consideración el tipo de conector. Los dos tipos son el modelo estándar, con pines redondos y el modelo miniatura, con pines chatos, siendo estos últimos (contradictoriamente al nombre de los primeros) los más populares.

Otro punto importante en la selección es el tipo de termopar, el aislamiento y la construcción de la sonda. Todos estos factores tienen un efecto en el rango de temperatura a medir, precisión y fiabilidad en las lecturas.

2.1.4.2 Tipos de Termopares

- Tipo K (Cromo (Ni-Cr) Chromel / Aluminio (aleación de Ni -Al) Alumel): con una amplia variedad de aplicaciones, está disponible a un bajo costo y en una variedad de sondas. Tienen un rango de temperatura de -200°C a $+1.372^{\circ}\text{C}$ y una sensibilidad $41\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$ aprox. Posee buena resistencia a la oxidación.
- Tipo E (Cromo / Constantán (aleación de Cu-Ni)): No son magnéticos y gracias a su sensibilidad, son ideales para el uso en bajas temperaturas, en el ámbito criogénico. Tienen una sensibilidad de $68\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$.
- Tipo J (Hierro / Constantán): debido a su limitado rango, el tipo J es menos popular que el K. Son ideales para usar en viejos equipos que no aceptan el uso de termopares más modernos. El tipo J no puede usarse a temperaturas superiores a 760°C ya que una abrupta transformación magnética causa una descalibración permanente. Tienen un rango de -40°C a $+750^{\circ}\text{C}$ y una sensibilidad de $\sim 52\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$. Es afectado por la corrosión.
- Tipo N (Nicrosil (Ni-Cr-Si / Nisil (Ni-Si)): es adecuado para mediciones de alta temperatura gracias a su elevada estabilidad y resistencia a la oxidación de altas temperaturas, y no necesita del platino utilizado en los tipos B, R y S que son más caros.
- Por otro lado, los termopares tipo B, R y S son los más estables, pero debido a su baja sensibilidad ($10\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$ aprox.) generalmente son usados para medir altas temperaturas (superiores a 300°C).
- Tipo B (Platino (Pt)-Rodio (Rh)): son adecuados para la medición de altas temperaturas superiores a 1.800°C . Los tipo B presentan el mismo resultado a 0°C

y 42° C debido a su curva de temperatura/voltaje, limitando así su uso a temperaturas por encima de 50° C.

- Tipo R (Platino (Pt)-Rodio (Rh)): adecuados para la medición de temperaturas de hasta 1.300° C. Su baja sensibilidad ($10 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$) y su elevado precio quitan su atractivo.
- Tipo S (Platino / Rodio): ideales para mediciones de altas temperaturas hasta los 1.300° C, pero su baja sensibilidad ($10 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$) y su elevado precio lo convierten en un instrumento no adecuado para el uso general. Debido a su elevada estabilidad, el tipo S es utilizado para la calibración universal del punto de fusión del oro ($1064,43^\circ\text{C}$).

Los termopares con una baja sensibilidad, como en el caso de los tipos B, R y S, tienen además una resolución menor. La selección de termopares es importante para asegurarse que cubren el rango de temperaturas a determinar.



Figura N° II.14. Termocupla tipo J

Tipo	Material	Clase	Limite de desvio (±) 1)	Rango de temperatura relativo al desvio limite	Desvio limite según
J	Fe-CuNi	1	1,5 °C ó 0,0040 ° III	-40 °C hasta +750 °C	IEC 584 Parte 2
		2	2,5 °C ó 0,0075 ° III	-40 °C hasta +750 °C	
K	NiCr-Ni	1	1,5 °C ó 0,0040 ° III	-40 °C hasta +1000 °C	
		2	2,5 °C ó 0,0075 ° III	-40 °C hasta +1200 °C	
N	NiCrSi-NiSi	1	1,5 °C ó 0,0040 ° III	-40 °C hasta +1000 °C	
		2	2,5 °C ó 0,0075 ° III	-40 °C hasta +1200 °C	
E	NiCr-CuNi	1	1,5 °C ó 0,0040 ° III	-40 °C hasta +800 °C	
		2	2,5 °C ó 0,0075 ° III	-40 °C hasta +900 °C	
T	Cu-CuNi	1	0,5 °C ó 0,0040 ° III		
		2	1,0 °C ó 0,0075 ° III		
S	Pt10%Rh-Pt	1	$1,0\text{ °C } \pm [1 + (t - 1100) \cdot 0,003] \text{ °C}$	0 °C hasta +1600 °C	
		2	1,5 °C ó 0,0025 ° III	0 °C hasta +1600 °C	
R	Pt13%Rh-Pt	1	$1,0\text{ °C } \pm [1 + (t - 1100) \cdot 0,003] \text{ °C}$	0 °C hasta +1600 °C	
		2	1,5 °C ó 0,0025 ° III	0 °C hasta +1600 °C	
B	Pt30%Rh-Pt6%Rh	1	-	-	
		2	1,5 °C ó 0,0025 ° III	+800 °C hasta +1700 °C	
		3	4 °C ó 0,005 ° III	+600 °C hasta +1700 °C	
L	Fe-CuNi		3,0 °C ó 0,0075 ° III	+50 °C hasta +900 °C	DIN 43710
U	Cu-CuNi		3,0 °C ó 0,0075 ° III	+50 °C hasta +800 °C	

1)
Para cada clase hay dos valores, el más grande es el desvio limite válido

Figura N° II.15. Rangos y tipos de termopares

2.1.4.3 Uso del Termopar

- Cuando la temperatura excede 400 °C
- Cuando se requiere un tiempo de respuesta rápido
- Cuando el lugar de medida requiere un termómetro muy pequeño o delgado (< 1 mm)
- Cuando una longitud suficiente de inmersión no puede ser realizado
- Cuando se espera choques o vibraciones

2.1.5 Sensor de temperatura por resistencia PT100

Un Pt100 es un sensor de temperatura. Consiste en un alambre de platino que a 0 °C tiene 100 ohms y que al aumentar la temperatura aumenta su resistencia eléctrica.

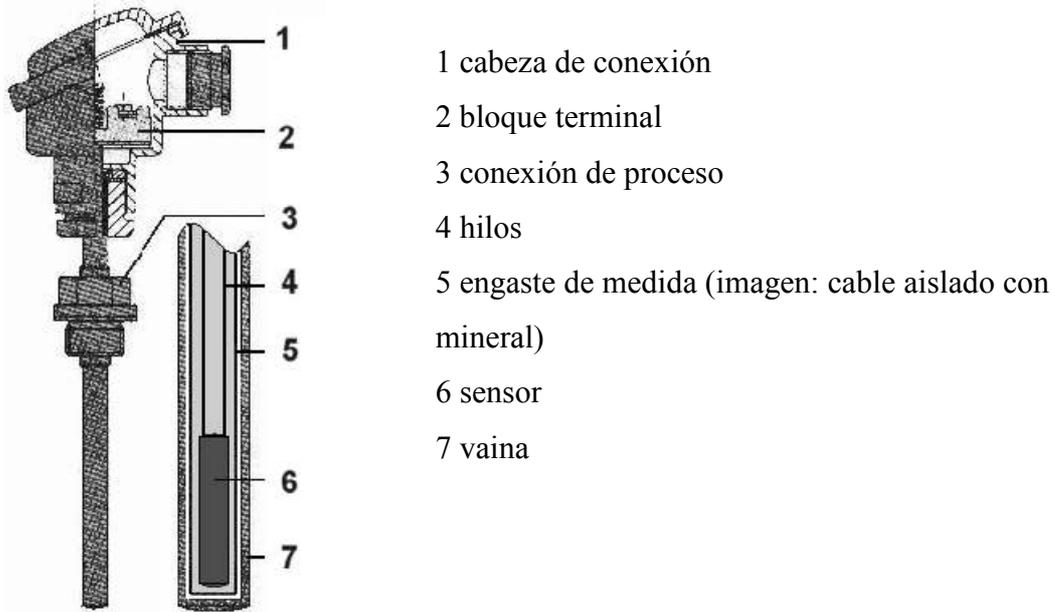


Figura N° II.16. Componentes de un PT100

El incremento de la resistencia no es lineal pero si creciente y característico del platino de tal forma que mediante tablas es posible encontrar la temperatura exacta a la que corresponde.

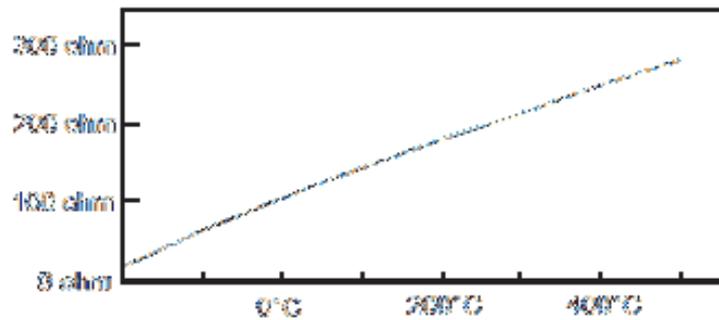


Figura N° II.17. Un Pt100 es un tipo particular de RTD (Dispositivo Termo Resistivo)

Normalmente las Pt100 industriales se consiguen encapsuladas en la misma forma que las termocuplas, es decir dentro de un tubo de acero inoxidable u otro material (vaina),

en un extremo está el elemento sensible (alambre de platino) y en el otro está el terminal eléctrico de los cables protegido dentro de una caja aluminio (cabezal).

2.1.5.1 Uso del PT100

- Cuando se requiere una precisión alta
- Cuando la temperatura a medir está bajo de 400 °C
- Cuando no se requiere un tiempo de respuesta rápido
- Cuando no se espera choques o vibraciones
- Cuando se quiere evitar todos los problemas eléctricos, que pueden ocurrir utilizando termopares (menos fuentes de errores)

2.1.5.2 Ventajas del PT100

Los Pt100 siendo levemente más costosos y mecánicamente no tan rígidos como las termocuplas, las superan especialmente en aplicaciones de bajas temperaturas. (-100 a 200 °).

Los Pt100 pueden fácilmente entregar precisiones de una décima de grado con la ventaja que la Pt100 no se descompone gradualmente entregando lecturas erróneas, si no que normalmente se abre, con lo cual el dispositivo medidor detecta inmediatamente la falla del sensor y da aviso.

Este comportamiento es una gran ventaja en usos como cámaras frigoríficas donde una desviación no detectada de la temperatura podría producir algún daño grave. Además la Pt100 puede ser colocada a cierta distancia del medidor sin mayor problema (hasta unos 30 metros) utilizando cable de cobre convencional para hacer la extensión.

2.1.6 Relés

Un relé es un interruptor accionado por un electroimán. Un electroimán está formado por una barra de hierro dulce, llamada núcleo, rodeada por una bobina de hilo de cobre (Fig. Izquierda). Al pasar una corriente eléctrica por la bobina (Fig. Derecha) el núcleo de hierro se magnetiza por efecto del campo magnético producido por la bobina, convirtiéndose en un imán tanto más potente cuanto mayor sea la intensidad de la corriente y el número de vueltas de la bobina.

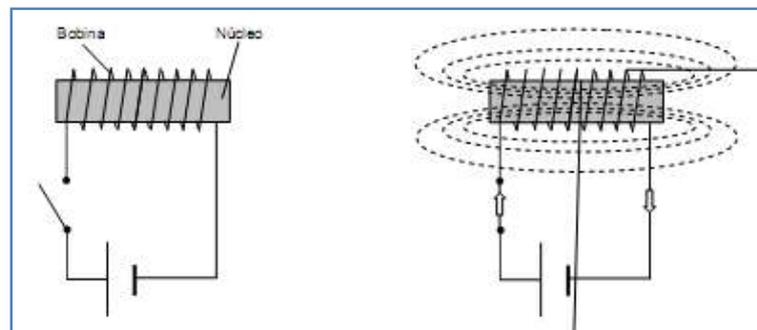


Figura N° II.18. Esquema de un RELE

Al abrir de nuevo el interruptor y dejar de pasar corriente por la bobina, desaparece el campo magnético y el núcleo deja de ser un imán.

El relé más sencillo está formado por un electroimán como el descrito anteriormente y un interruptor de contactos. Al pasar una pequeña corriente por la bobina, el núcleo se imanta y atrae al inducido por uno de sus extremos, empujando por el otro a uno de los contactos hasta que se juntan, permitiendo el paso de la corriente a través de ellos. Esta corriente es, normalmente, mucho mayor que la que pasa por la bobina.

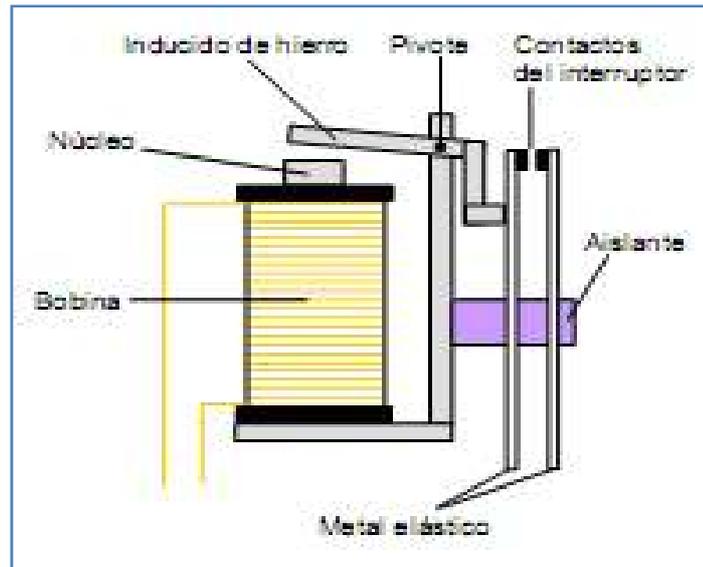


Figura N° II.19. Partes de un Relé

La bobina se representa por un rectángulo alargado con una línea a 45° que lo atraviesa en su parte central. El interruptor de contactos se representa como un interruptor normal. Entre la bobina y el interruptor se establece un vínculo mediante una línea de trazos, para dar a entender que el interruptor se cierra por efecto de la bobina.

2.1.6.1 Tipos De Relés

El relé que se ha mencionado hasta ahora funciona como un interruptor. Está formado por un contacto móvil o polo y un contacto fijo. Pero también hay relés que funcionan como un conmutador, porque disponen de un polo (contacto móvil) y dos contactos fijos:

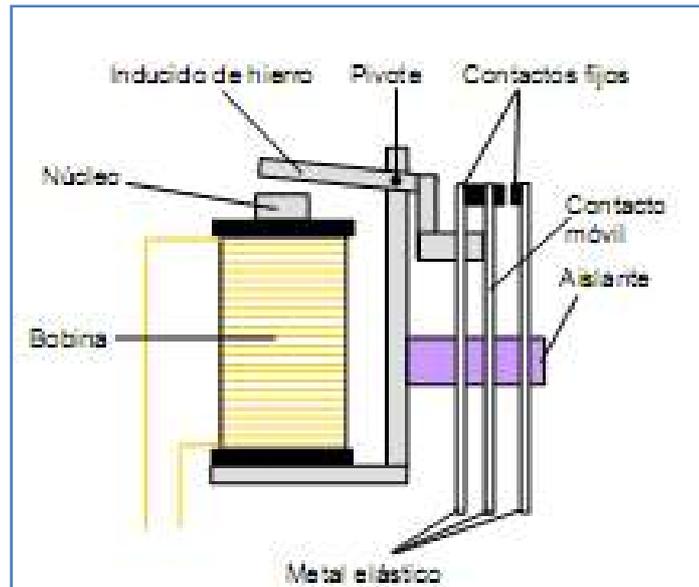


Figura N° II.20. Relé Tipo Conmutador

Cuando no pasa corriente por la bobina el contacto móvil está tocando a uno de los contactos fijos (en la Figura el de la izquierda). En el momento que pasa corriente por la bobina, el núcleo atrae al inducido, el cual empuja al contacto móvil hasta que toca al otro contacto fijo (el de la derecha).

También existen relés con más de un polo (contacto móvil) siendo muy interesantes para los proyectos de Tecnología los relés conmutadores de dos polos y los de cuatro polos.

2.1.6.2 Control De Un Motor Mediante Relé

En muchos proyectos de Tecnología es necesario controlar el giro, en ambos sentidos, de un pequeño motor eléctrico de corriente continua. Dicho control puede hacerse con

una llave de cruce o con un conmutador doble, pero también se logra hacerlo con un relé, como se verá a continuación.

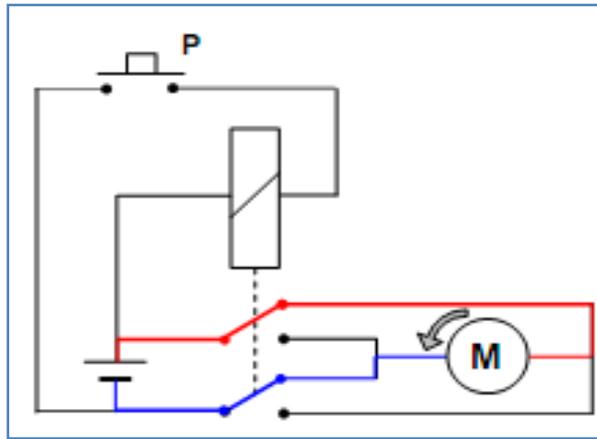


Figura N° II.21. Control de un Motor

Observe como la bobina del relé se ha conectado a la pila a través de un pulsador NA (normalmente abierto) que designamos con la letra P. El motor se ha conectado a los contactos fijos del relé del mismo modo que si se tratase de un conmutador doble. Los dos polos del relé se conectan a los bordes de la pila.

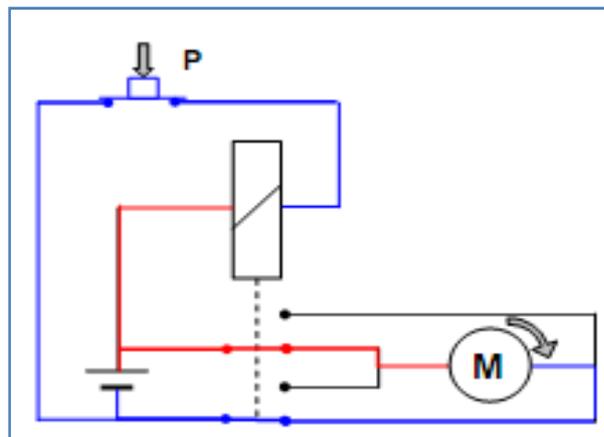


Figura N° II.22. Giro del Motor en sentido Horario.

En esta situación al motor le llega la corriente por el borde derecho y le sale por el izquierdo, girando en sentido anti horario tal como se muestra en la anterior figura. Al

accionar el pulsador P suministramos corriente a la bobina del relé, haciendo ésta que los contactos móviles cambien de posición, con lo cual la corriente le llega al motor por su borne izquierdo y le sale por el derecho, girando en sentido horario.

El tipo de control descrito tiene dos inconvenientes:

- a) el motor no se para nunca
- b) hay que mantener accionado el pulsador para que el motor gire en uno de los dos sentidos.

El problema de parar el motor automáticamente se soluciona mediante interruptores finales de carrera, accionados por el elemento móvil (por ejemplo, una puerta corredera). Dichos interruptores deben colocarse en los cables que conectan el motor con el relé, de manera que corten la corriente del motor en el momento adecuado. Para no tener que estar accionando de forma continua el pulsador hay dos posibilidades:

- a) Utilizar un interruptor en lugar de un pulsador. Esta solución nos obliga a controlar el motor desde un solo lugar (donde esté el interruptor).
- b) Modificar el circuito que conecta la bobina con la pila, mediante lo que se llama circuito de enganche del relé. Como se observa, esta solución nos permite controlar el motor desde dos puntos diferentes, lo cual es necesario en algunos casos, como por ejemplo si se quiere poder abrir y cerrar una puerta de garaje tanto desde dentro como desde fuera del mismo.

2.1.7 Motores Eléctricos

Los motores eléctricos son máquinas eléctricas rotatorias que transforman la energía eléctrica en energía mecánica. Algunos de los motores eléctricos son reversibles, pueden transformar energía mecánica en energía eléctrica funcionando como generadores.

Los motores eléctricos de tracción usados en locomotoras realizan a menudo ambas tareas, si se los equipa con frenos regenerativos. Debido a sus múltiples ventajas, entre las que cabe citar su economía, limpieza, comodidad y seguridad de funcionamiento, el motor eléctrico ha reemplazado en gran parte a otras fuentes de energía, tanto en la industria como en el transporte, las minas, el comercio, o el hogar.



Figura N° II.23. Motor Eléctrico

2.1.7.2 Principios de Funcionamiento

Los motores de corriente alterna y los motores de corriente continua se basan en el mismo principio de funcionamiento, el cual establece que si un conductor por el que circula una corriente eléctrica se encuentra dentro de la acción de un campo magnético,

éste tiende a desplazarse perpendicularmente a las líneas de acción del campo magnético.

El conductor tiende a funcionar como un electroimán debido a la corriente eléctrica que circula por el mismo adquiriendo de esta manera propiedades magnéticas, que provocan, debido a la interacción con los polos ubicados en el estator, el movimiento circular que se observa en el rotor del motor.

Partiendo del hecho de que cuando pasa corriente por un conductor produce un campo magnético, además si se lo coloca dentro de la acción de un campo magnético potente, el producto de la interacción de ambos campos magnéticos hace que el conductor tienda a desplazarse produciendo así la energía mecánica. Dicha energía es comunicada al exterior mediante un dispositivo llamado flecha.

2.1.7.3 Clasificación

Según la naturaleza de la corriente eléctrica transformada, los motores eléctricos se clasifican en motores de corriente continua, también denominada directa, motores de corriente alterna, que, a su vez, se agrupan, según su sistema de funcionamiento, en motores de inducción, motores sincrónicos y motores de colector. Tanto unos como otros disponen de todos los elementos comunes a las máquinas rotativas electromagnéticas.

Motores de corriente continúa

La conversión de energía en un motor eléctrico se debe a la interacción entre una corriente eléctrica y un campo magnético. Un campo magnético, que se forma entre los

dos polos opuestos de un imán, es una región donde se ejerce una fuerza sobre determinados metales o sobre otros campos magnéticos.

Un motor eléctrico aprovecha este tipo de fuerza para hacer girar un eje, transformándose así la energía eléctrica en movimiento mecánico.

Los dos componentes básicos de todo motor eléctrico son el rotor y el estator. El rotor es una pieza giratoria, un electroimán móvil, con varios salientes laterales, que llevan cada uno a su alrededor un bobinado por el que pasa la corriente eléctrica. El estator, situado alrededor del rotor, es un electroimán fijo, cubierto con un aislante. Al igual que el rotor, dispone de una serie de salientes con bobinados eléctricos por los que circula la corriente.

Cuando se introduce una espira de hilo de cobre en un campo magnético y se conecta a una batería, la corriente pasa en un sentido por uno de sus lados y en sentido contrario por el lado opuesto. Así, sobre los dos lados de la espira se ejerce una fuerza, en uno de ellos hacia arriba y en el otro hacia abajo. Si la espira de hilo va montada sobre el eje metálico, empieza a dar vueltas hasta alcanzar la posición vertical. Entonces, en esta posición, cada uno de los hilos se encuentra situado en el medio entre los dos polos, y la espira queda retenida.

Para que la espira siga girando después de alcanzar la posición vertical, es necesario invertir el sentido de circulación de la corriente. Para conseguirlo, se emplea un conmutador o colector, que en el motor eléctrico más simple, el motor de corriente continua, está formado por dos chapas de metal con forma de media luna, que se sitúan sin tocarse, como las dos mitades de un anillo, y que se denominan delgas.

Los dos extremos de la espira se conectan a las dos medias lunas. Dos conexiones fijas, unidas al bastidor del motor y llamadas escobillas, hacen contacto con cada una de las delgas del colector, de forma que, al girar la armadura, las escobillas contactan primero con una delga y después con la otra.

Cuando la corriente eléctrica pasa por el circuito, la armadura empieza a girar y la rotación dura hasta que la espira alcanza la posición vertical. Al girar las delgas del colector con la espira, cada media vuelta se invierte el sentido de circulación de la corriente eléctrica. Esto quiere decir que la parte de la espira que hasta ese momento recibía la fuerza hacia arriba, ahora la recibe hacia abajo, y la otra parte al contrario. De esta manera la espira realiza otra media vuelta y el proceso se repite mientras gira la armadura.

El esquema descrito corresponde a un motor de corriente continua, el más simple dentro de los motores eléctricos, pero que reúne los principios fundamentales de este tipo de motores.

Motores de corriente alterna

Los motores de corriente alterna tienen una estructura similar, con pequeñas variaciones en la fabricación de los bobinados y del conmutador del rotor. Según su sistema de funcionamiento, se clasifican en motores de inducción, motores sincrónicos y motores de colector.

Motores de inducción

El motor de inducción no necesita escobillas ni colector. Su armadura es de placas de metal magnetizable. El sentido alterno de circulación, de la corriente en las espiras del

estator genera un campo magnético giratorio que arrastra las placas de metal magnetizable, y las hace girar.

El motor de inducción es el motor de corriente alterna más utilizado, debido a su fortaleza y sencillez de construcción, buen rendimiento y bajo coste así como a la ausencia de colector y al hecho de que sus características de funcionamiento se adaptan bien a una marcha a velocidad constante.

Motores sincrónicos

Los motores sincrónicos funcionan a una velocidad sincrónica fija proporcional a la frecuencia de la corriente alterna aplicada. Su construcción es semejante a la de los alternadores.

Cuando un motor sincrónico funciona a potencia Constante y sobreexcitado, la corriente absorbida por éste presenta, respecto a la tensión aplicada un ángulo de desfase en avance que aumenta con la corriente de excitación, esta propiedad es la que ha mantenido la utilización del motor sincrónico en el campo industrial, pese a ser el motor de inducción más simple, más económico y de cómodo arranque.

Motores de colector

El problema de la regulación de la velocidad en los motores de corriente alterna y la mejora del factor de potencia han sido resueltos de manera adecuada con los motores de corriente alterna de colector.

Según el número de fases de las corrientes alternas para los que están concebidos los motores de colector se clasifican en monofásicos y Polifásicos, siendo los primeros los más utilizados, los motores monofásicos de colector más utilizados son los motores serie y los motores de repulsión.

2.1.7.4 Tipos

Monofásicos

- Motor de arranque a resistencia. Posee dos bobinas una de arranque y una bobina de campo.
- Motor de arranque a condensador. Posee un capacitor electrolítico en serie con la bobina de arranque la cual proporciona más fuerza al momento de la marcha y se puede colocar otra en paralelo la cual mejora la reactancia del motor permitiendo que entregue toda la potencia.
- Motor de marcha.
- Motor de doble capacitor.
- Motor de polos sombreados.

Trifásicos

- Motor de Inducción.
- A tres fases

La mayoría de los motores trifásicos tienen una carga equilibrada, es decir, consumen lo mismo en las tres fases, ya estén conectados en estrella o en triángulo. Un motor con carga equilibrada no requiere el uso de neutro. Las tensiones en cada fase en este caso

son iguales al resultado de dividir la tensión de línea por raíz de tres. Por ejemplo, si la tensión de línea es 380 V, entonces la tensión de cada fase es 220 V.

2.2 Sistema Informático

2.2.1 PLC

2.2.1.1 Definición

El PLC, denominado así por sus siglas en inglés de Controlador Lógico Programable, es un dispositivo que se encarga del control de instalaciones, máquinas o procesos. El PLC trabaja revisando sus entradas, y dependiendo del estado de éstas, manipula el estado de sus salidas, encendiéndolas o apagándolas.

El usuario debe ingresar un programa vía software, que es el que lleva o obtiene los resultados de operación deseados. Los PLC son usados en varias aplicaciones de tareas cotidianas, tales como operaciones de maquinado, embalaje y manejo de materiales, ensamblaje automatizado y en casi todas las tareas que requieren aplicar movimientos repetitivos.

En el trayecto de la historia hasta no hace mucho tiempo el control de procesos industriales se venía realizando de forma cableada por medio de contactores y relés. Al operario que se encontraba a cargo de este tipo de instalaciones, se le demandaba tener altos conocimientos técnicos para poder realizarlas y posteriormente mantenerlas.

Además cualquier desviación en el proceso suponía modificar físicamente gran parte de las conexiones de los montajes, siendo necesario para ello un gran esfuerzo técnico y un mayor desembolso económico para la industria.

El uso del control lógico programable produce ahorro de costos y tiempo, además de evitar a los operarios la realización de tareas repetitivas y sobre todo altamente peligrosas. Casi cualquier operación que requiera controlar aparatos eléctricos necesita la aplicación de un PLC.

2.2.1.2 Componentes

Los componentes de un PLC básico son los siguientes: Rack principal, Fuente de alimentación, CPU, Tarjetas entradas/salidas digitales, Tarjetas entradas/salidas analógicas.

Rack Principal

Este elemento es sobre el que se "enchufan" o conectan el resto de los elementos. Va atornillado a la placa de montaje del armario de control. Puede alojar a un número finito de elementos dependiendo del fabricante y conectarse a otros racks similares mediante un cable al efecto, llamándose en este caso rack de expansión.

Fuente de Alimentación

Es la encargada de suministrar la tensión y corriente necesarias tanto a la CPU como a las tarjetas (según fabricante). La tensión de entrada es normalmente de 110/220VAC de entrada y 24 DCV de salida que es con la que se alimenta a la CPU.

CPU

Es el cerebro del PLC. Consta de uno o varios microprocesadores que se programan mediante un software propio. La mayoría de ellos ofrecen varias formas de programación (lenguaje contactos, lenguaje mnemónico o instrucciones, lenguaje de funciones, graficet, etc). Trabajan según la lógica de 0 y 1, esto es, dos estados para un mismo bit.

Normalmente trabajan con bases de 16 bits, del 0 al 15 aunque algunos modernos trabajan con bases de 32 bits. Según los modelos de CPU ofrecen en principio más o menos capacidad de memoria pero también va ligado esto a un aumento de la velocidad del reloj del procesador y prestaciones de cálculo o funciones matemáticas especiales.

Hoy en día la potencia de cálculo de estos PLCs es enorme, sobre todo si se trabaja con números reales o coma flotante, dando unas resoluciones más que deseables. El programa alojado en la CPU va escrito en un lenguaje propio de la misma, se ejecuta en una secuencia programable y tiene un principio y un final.

El tiempo que transcurre entre los dos se llama ciclo de scan y hay un temporizador interno que vigila que este programa se ejecute de principio a fin, llamado "perro guardián" o "watchdog". Si este temporizador finaliza y el programa no ha ejecutado la instrucción END, el PLC pasará a estado de STOP.

Tarjetas entradas/salidas digitales.

Se enchufan o conectan al rack y comunican con la CPU a través de una conexión, en el caso de las entradas digitales transmiten los estados 0 o 1 del proceso (presostatos, finales carrera, detectores, conmutadores, etc) a la CPU. En el caso de las salidas, la CPU determina el estado de las mismas tras la ejecución del programa y las activa o desactiva en consecuencia.

Tarjetas entradas/salidas analógicas.

Se enchufan o conectan al rack de igual manera que las anteriores, pero teniendo en cuenta que en algunos modelos de PLCs han de estar situadas lo más cerca posible de la CPU. Estas tarjetas leen un valor analógico e internamente lo convierten en un valor digital para su procesamiento en la CPU. Esta conversión la realizan los convertidores analógico-digitales internos de las tarjetas que en algunos casos es uno para todos los canales de entrada o salida aunque actualmente se tiene uno por cada canal de entrada o salida.

2.2.1.3 Modo de Operación

Un PLC trabaja barriendo continuamente un programa, se puede entender los ciclos de barrido como la ejecución consecutiva de tres pasos principales como se muestra en la siguiente figura:

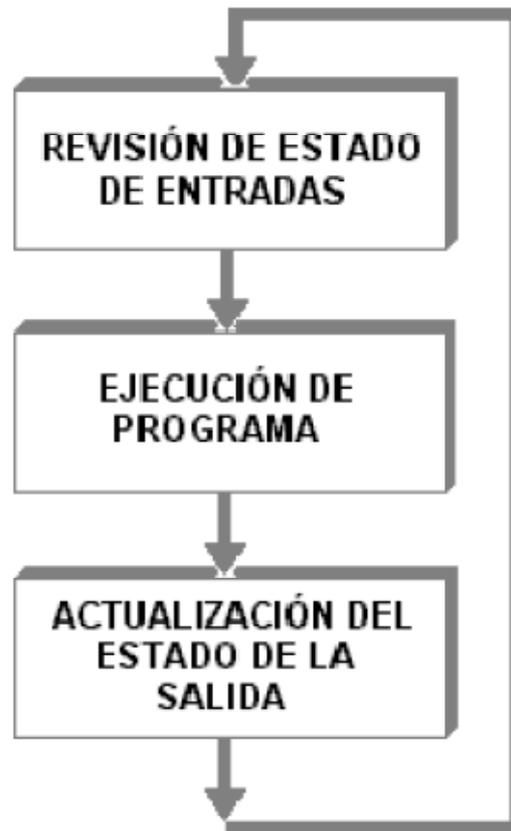


Figura N° II.24. Pasos principales en la operación de un PLC.

Revisar estado de las entradas

Como primer paso el PLC revisa cada entrada para determinar si está encendida o apagada, revisa las entradas desde la primera a la última y graba estos estados en su memoria para ser utilizados en el siguiente paso.

Ejecución del Programa

El PLC ejecuta el programa preestablecido instrucción por instrucción y en el orden en que se determinó, como ya se ha revisado el estado de las entradas, el programa puede tomar decisiones en base a los valores que fueron guardados. Las decisiones que toma el

programa, en última instancia, corresponden a los valores que van a tomar cada una de las salidas y son almacenados en registros para ser utilizados en la etapa final.

Actualización del estado de las salidas

Finalmente el PLC toma los resultados almacenados después de la ejecución del programa, estos resultados se van reflejando, uno a uno, en cada una de las salidas, en el orden por defecto del equipo, o en el definido si se permite configurar el orden de actualización.

2.2.1.4 Clases de Programación

Un autómata programable lee entradas, escribe salidas y resuelve lógica basada en un programa de control. La creación de un programa de control para un autómata consiste en escribir una serie de instrucciones en uno de los siguientes lenguajes de programación:

Literales:

- Lista de instrucciones (Instruction List, IL).
- Texto estructurado (Structured Text, ST).

Gráficos:

- Diagrama de contactos (Diagram Ladder, LD).
- Diagrama de bloques funcionales (Function Block Diagram, FBD).

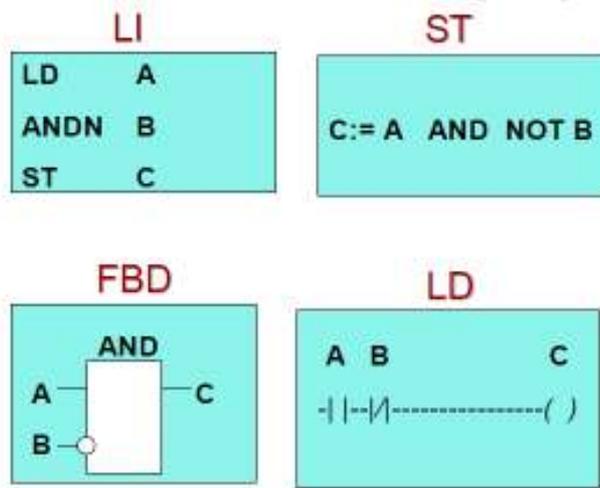


Figura N° II.25. Lenguajes IEC-1131-3.

CAPÍTULO III

PARTE INVESTIGATIVA

3.1 Introducción

En este capítulo se hace un estudio y análisis de los controles lógicos programables y de los sistemas SCADA, así como también se determina el protocolo que se empleará para realizar las tareas de comunicación, teniendo en cuenta los equipos con los que se cuenta para realizar la investigación, se hará un breve estudio de los diferentes Lenguajes de Programación que existen hoy en día y se elegirá el lenguaje más apropiado para la implementación de la interfaz gráfica o el panel de control del usuario, del mismo modo se especifica la metodología de desarrollo que fue implantada para el desarrollo de todo el proyecto de automatización industrial, las mismas que se

seguirá para la implementación del Sistema Inteligente de Adquisición y Representación de señales Analógicas.

Control y monitoreo en PLC

Un autómata programable (PLC) está diseñado y construido para operar de forma independiente y sin la necesidad de utilizar una computadora, salvo el caso que se quiera crear el programa que será cargado al mismo, el cual se encargará de controlar las respectivas entradas, salidas, bobinas, memorias, etc., que el PLC posea. Los PLC fueron diseñados debido a que a nivel industrial era necesario que los mismos puedan soportar ambientes extremos como puede ser polvo, frío, calor, humedad, etc., los cuales para un computador era difícil y a veces imposible de soportar. Pero esto no significa que el mismo no pueda interactuar con diferentes elementos como pueden ser otros PLC ya sean de la misma marca o de diferente fabricante, PC's, redes de computadores y demás dispositivos industriales.

Todo esto puede ser conseguido a través del monitoreo y el control del PLC, sin embargo hay que definir que es monitoreo y que es control.

Monitoreo: El monitoreo consiste en visualizar las actividades que se estén llevando a cabo en el PLC, cuando se realiza monitoreo se determina los elementos que se quieren visualizar del autómata, los mismos que pueden ser entradas, salidas, tiempos de respuesta, registros, memorias, etc., pero únicamente se puede leer dicha información, es decir no se puede modificar la misma desde un dispositivo, o sitio externo al PLC, el monitoreo es la actividad más empleada en todo proyecto industrial, ya que de esta

forma permite conocer el estado del actual proceso que lleva a cabo el PLC de forma remota, todo ello es posible hacerlo utilizando algún protocolo de comunicación.

Control: El proceso de control es más complicado que el monitoreo, ya que a más de hacer monitoreo se debe poder controlar el PLC de forma remota, esto se lo consigue a través del envío de mensajes o solicitudes al PLC, el mismo que al recibirlos e interpretarlos realiza la tarea que esté destinada al recibir dicha solicitud, pero esta acción implica que el receptor (PLC) debe poder interpretar las solicitudes enviadas por el emisor, y que además el emisor pueda entender las respuestas generadas por el receptor, para lo cual ambos deben hablar el mismo idioma, esto puede lograrse a través de la implementación de comunicación a través de un protocolo industrial.

3.2 Protocolos de comunicación PLC

Existen numerosos protocolos para la comunicación industrial, todos ellos con sus respectivas ventajas y desventajas, la mayoría ha sido una implementación realizada por los fabricantes para poder interconectar sus equipos, esto ha causado que exista una completa des estandarización en el mercado, ya que existían PLC que no podían comunicarse con otros de distinto fabricante, por lo que en cierta forma forzaba a que las implementaciones se las tenga que hacer con la utilización de una única marca de dispositivos, por lo cual una vez que se adquiría un dispositivo se ataba de por vida a la utilización de dicha marca.

Para evitar estos problemas se crearon estándares de protocolos para la comunicación entre PLC, así como con otros dispositivos como computadoras, etc. Existen varios protocolos industriales con los que se pueden intercomunicar equipos de diferentes tipos y marcas, dependiendo si han sido creados con la compatibilidad para el protocolo específico, existen protocolos industriales, como OPC¹, Modbus², JBus. Profibus, etc.

Existen equipos que soportan varios protocolos a la vez, lo cual amplía la gama de opciones y equipos con los que los mismos se pueden comunicar, el equipo con el que se implementara el presente trabajo es de la marca Schneider de la familia Telemecanique Twido, por lo cual el único protocolo para el monitoreo y control que este soporta es Modbus, debido a lo que se profundizará en su estructura y la forma en la que se puede intercambiar información entre dos dispositivos, en este caso entre el PLC y el PC.

3.2.1 Protocolo Modbus

Modbus es un protocolo industrial que ha sido tomado como estándar de facto para las comunicaciones industriales, por lo cual la mayoría de los dispositivos industriales lo soportan, fue diseñado en 1979 por Modicon para su familia de PLC. Se basa en la tecnología cliente/servidor la cual intercomunica diferentes tipos de dispositivos o redes, lo que permite tener comunicación entre un maestro y uno o varios esclavos conectados a él, pudiendo ser el maestro un PLC, un computador u otro dispositivo, al igual que los esclavos. Existen dos implementaciones del protocolo, Modbus Serial y Modbus TCP, la implementación serial trabaja en la primera, segunda y séptima capa

¹ <http://www.opcfoundation.org/>

² <http://www.modbus.org/>

del Modelo OSI, la conexión puede realizarse utilizando conectores RS234 y RS485, Modbus Serial posee dos modos: RTU y ASCII, en la implementación TCP se puede acceder al dispositivo utilizando el puerto 502 del protocolo TCP/IP.

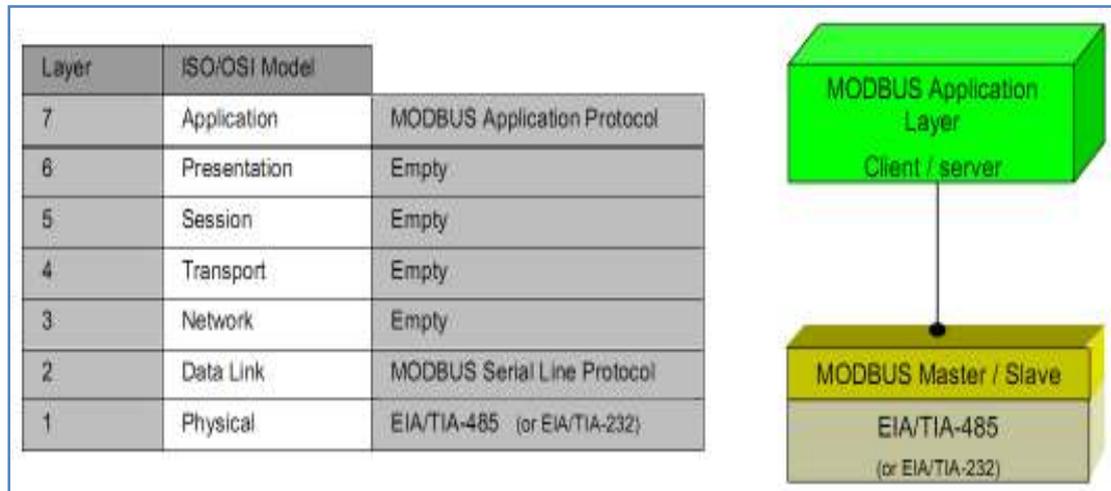


Figura N° III.1. Protocolo Modbus y el Modelo OSI

Modo RTU: El modo RTU permite una transmisión de datos de forma binaria, lo cual es más eficiente, pues es una representación compacta de datos, RTU finaliza la trama con una Comprobación de Redundancia Cíclica (CRC), para comprobar la integridad del paquete.

Modo ASCII: Este modo permite la transmisión de datos en forma de texto ASCII, la misma que es legible, pero menos eficiente, para la comprobación de errores este modo lo hace a través del Control de Redundancia Longitudinal (LRC).

La implementación Modbus TCP es muy similar a RTU, la única diferencia es que la transmisión se la hace a través de paquetes TCP/IP.

Sea cual sea la implementación Modbus que se utilice, cada dispositivo tiene un identificador único que lo diferencia de los demás en la red, cualquier dispositivo puede realizar solicitudes Modbus, aunque lo común es que esto lo pueda realizar únicamente el dispositivo Maestro, todos los dispositivos conectados a la red y que son esclavos reciben la solicitud, pero únicamente su destinatario la ejecutará, esto se lo logra gracias a que en la trama se incluye el identificador del dispositivo al que va encaminada dicha solicitud, la misma que puede ser destinada a asignar un valor a alguno de los registros del dispositivo esclavo o bien solicitar el contenido de dicho registro, la única oportunidad en la que todos los dispositivos ejecutaran la solicitud a la vez, es cuando se está trabajando en modo especial Broadcast.

3.3 Lenguajes de Programación

Existe una infinidad de lenguajes de programación que pueden ser empleados para la comunicación con diferentes dispositivos, manejo de base de datos, monitoreo, etc. En nuestro caso el dispositivo que se quiere comunicar con el PC es un PLC, por lo cual en esta sección se detallarán los lenguajes de programación más habituales y las respectivas características de cada uno de ellos, para finalmente seleccionar el lenguaje de programación que mejor se adapte a nuestras necesidades para llevar a cabo el presente trabajo.

Como se detallo anteriormente el PLC a utilizar en nuestra investigación es de la marca Schneider de la familia Telemecanique, y la única forma de que este se pueda

comunicar con otros dispositivos es a través del protocolo Modbus, por lo cual para la elección del lenguaje de programación tanto para la implementación del panel de control, así como para el manejo de base de datos, el cual es un objetivo en nuestro proyecto, se deberá tener en cuenta estos dos aspectos claves para dicha elección.

A continuación se analizan los principales lenguajes de programación y sus características:

3.3.1 C y C++

C fue creado en los Laboratorios Bell Telephone al principio de los 70, por Dennis M. Ritchie. Su nacimiento estuvo ligado al del sistema operativo Unix, que se desarrolló paralelamente. Sus características debían ser: eficiencia (o sea, rapidez en la ejecución de los programas), potencia (permite explotar a fondo las posibilidades de la máquina) y portabilidad (el mismo código puede compilarse en máquinas diferentes).

Unix fue reescrito en C, lo cual supuso un gran éxito de este lenguaje, a partir del cual se convirtió en uno de los más extendidos.³

A C se le ha criticado que los programas suelen ser poco legibles y propensos a errores. Por contra, casi nadie le discute su potencia y su gran implantación, que a menudo lo convierten en la elección inevitable para proyectos colectivos.

A partir de 1979, Bjarne Stroustrup, de AT&T, empezó a trabajar en un descendiente de C con soporte para orientación a objetos y otras mejoras, que sería conocido como C++

³ En <http://cm.bell-labs.com/cm/cs/who/dmr/chist.html>, encontrará la historia contada por contada por Dennis M. Ritchie.

(la primera versión, interna de AT&T, data de 1983), si desea mayor información visite⁴.

Una de las características del lenguaje de programación en C, es que es un lenguaje estructurado, lo que permite generar código claro y sencillo, ya que está basado en la modularidad.

El lenguaje de programación en C, está estructurado en tres partes fundamentales, las cuales son, una librería estándar, un programa compilador y un preprocesador.

La librería estándar en el lenguaje de programación C, no es más que librerías realizadas en código objeto y puede haber sido realizada en otro lenguaje diferente que el C. Estas librerías se deben colocar en un programa de lenguaje programación en C, en la instrucción conocida como INCLUDE.

El programa compilador en el lenguaje de programación en C, es el que tiene como función traducir las instrucciones del programa fuente en C al lenguaje conocido por las computadoras u ordenadores, el llamado lenguaje maquina. El programa compilador, depura y detecta los posibles errores en el lenguaje fuente, y es capaz de notificar el error ocurrido al programador, mediante un mensaje de texto.

En el lenguaje de programación en C, el preprocesador es un componente perteneciente propiamente al lenguaje C, el cual transforma el programa fuente traduciendo cada instrucción del programa fuente, de la siguiente forma: Elimina los comentarios colocados por el programador, incluye en el programa fuente el contenido de los

⁴ En <http://www.research.att.com/~bs/C++.html>, podrá encontrar más información creada por el propio Bjarne Stroustrup.

archivos que se encuentran declarados en el INCLUDE, a estos archivos se le suele llamar cabeceras, y por último , sustituye los valores de las constantes declaradas en el define.

Por su flexibilidad y ser un lenguaje de alto nivel, es empleado por muchos programadores.

3.3.2 Java

Java es un lenguaje muy moderno (se presentó en 1995) desarrollado por la empresa Sun Microsystems. Al parecer su historia es bastante curiosa, iniciándose como un lenguaje para el control de aparatos electrónicos (con el nombre de Oak). Cuando el proyecto estaba prácticamente abandonado, Bill Joy, cofundador de Sun, viendo Internet como el terreno idóneo para competir con Microsoft, retomó este lenguaje, que con los cambios pertinentes se transformó en Java.

Java es famoso por las applets, pequeñas aplicaciones gráficas que se insertan dentro de una página web. Uno de sus puntos fuertes es su capacidad multiplataforma, que permite que el mismo código pseudocompilado (llamado bytecode) se ejecute en cualquier sistema (cualquier sistema con soporte Java, claro).

Esta programación Java tiene muchas similitudes con el lenguaje C y C++, así que si se tiene conocimiento de este lenguaje, el aprendizaje de la programación Java será de fácil comprensión por un programador que haya realizado programas en estos lenguajes.

Con la programación en Java, se pueden realizar distintos aplicativos, como son applets, que son aplicaciones especiales, que se ejecutan dentro de un navegador al ser cargada una página HTML en un servidor WEB, Por lo general los applets son programas pequeños y de propósitos específicos.

Otra de las utilidades de la programación en Java es el desarrollo de aplicaciones, que son programas que se ejecutan en forma independiente, es decir con la programación Java, se pueden realizar aplicaciones como un procesador de palabras, una hoja que sirva para cálculos, una aplicación grafica, etc. en resumen cualquier tipo de aplicación se puede realizar con ella. Java permite la modularidad por lo que se pueden hacer rutinas individuales que sean usadas por más de una aplicación, por ejemplo se tiene una rutina de impresión que puede servir para el procesador de palabras, como para la hoja de cálculo.

La programación en Java, permite el desarrollo de aplicaciones bajo el esquema de Cliente Servidor, como de aplicaciones distribuidas, lo que lo hace capaz de conectar dos o más computadoras u ordenadores, ejecutando tareas simultáneamente, y de esta forma logra distribuir el trabajo a realizar.⁵

3.3.3 Basic /Visual Basic

El lenguaje BASIC fue creado en 1964 por los norteamericanos John Kemeny y Thomas Kurtz, en el Dartmouth College. Su intención era diseñar un lenguaje adecuado para principiantes. No tenía, por tanto, pretensiones de gran potencia, pero era fácil de

⁵ http://es.wikipedia.org/wiki/Lenguaje_de_programaci%C3%B3n_Java, podrá encontrar más información.

aprender y permitía abordar pronto pequeños proyectos. BASIC son las iniciales de Beginner's All-purpose Symbolic Instruction Code.

El BASIC tuvo una gran expansión en los años 80, cuando se impuso como lenguaje estándar para los microordenadores domésticos de ocho bits. Se usó ampliamente en la enseñanza y también en la programación profesional. Sin embargo, era un lenguaje poco estructurado y recibió muchas críticas por promover malos hábitos de programación. Pero en lugar de desaparecer, fueron surgiendo versiones nuevas con características más avanzadas. Aún hoy, Visual Basic y su sucesor, Visual Basic .NET (aunque son variantes ya muy alejadas del original) son lenguajes de programación muy usados en entorno Windows.

Podríamos definir programación en Visual Basic como el método que se utiliza para desarrollar la interfaz gráfica de usuario. Con la programación en Visual Basic podrá desarrollar prácticamente cualquier programa que se imagine. Además con la tecnología ActiveX, Visual Basic le proporciona una herramienta ilimitada para crear aplicaciones en la red.

Programación en Visual Basic permite construir de forma rápida aplicaciones de Windows. No es necesario conocer otros lenguajes de programación para poder saber programar en Visual Basic.

Programación en Visual Basic es una manera sencilla de crear aplicaciones, además el lenguaje le ofrece una cantidad de herramientas para simplificar esta labor, como

proyectos, formularios, plantillas de objetos, controles personalizados, add-ins y un gestor de base de datos.⁶

3.3.4 InTouch

InTouch es un sistema interactivo diseñado para la visualización, la supervisión y el control de procesos industriales.

Este software es utilizado para monitorización y control de procesos industriales ofrece una sobresaliente facilidad de uso, creación y configuración de gráficos. Permite a los usuarios la creación y puesta en marcha de aplicaciones para la captura de información a tiempo real mediante potentes asistentes y sus nuevos Wonderware SmartSymbols.

Las aplicaciones creadas con InTouch son lo suficientemente flexibles para cubrir las necesidades y permitir su ampliación para el acondicionamiento a futuros requerimientos, manteniendo todos los esfuerzos e inversiones realizadas en las primeras fases de desarrollo. Están preparadas para el acceso desde dispositivos móviles, Thin Clients, Estaciones de Red o a través de Internet. Además, el concepto abierto y ampliable de InTouch HMI ofrece una conectividad si igual al más amplio conjunto de dispositivos de automatización industriales.

Una de las claves en la selección de un software para la generación de aplicaciones HMI es su facilidad de uso. InTouch HMI es un líder en esta tarea desde su introducción. De hecho, InTouch ha sido seleccionado como número uno por los usuarios de software industrial durante 10 años consecutivos. InTouch HMI facilita a los usuarios el

⁶ http://es.wikipedia.org/wiki/Visual_Basic

desarrollo fácil y rápido de aplicaciones industriales para crear las vistas gráficas de sus procesos. Los usuarios pueden crear gráficos con el programa editor WindowMaker™, que incluye herramientas como gráficos estándar: imágenes bitmap, controles ActiveX, Symbol Factory (avanzada librería gráfica que contiene miles de imágenes pre-configuradas utilizadas en el mundo industrial), y ahora con los nuevos SmartSymbols. Todas ellas intuitivas y preparadas para un rápido y eficaz desarrollo de aplicaciones.

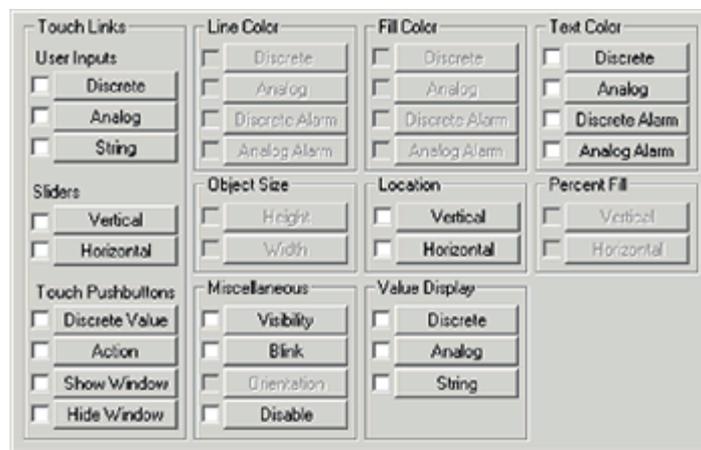


Figura N° III.2. Ventana de Propiedades de InTouch

InTouch dispone de múltiples herramientas de dibujo, enlaces de conexión I/O de fácil configuración, un motor de generación de programas (*Scripts*) potente y amigable y un interface de un sólo click para sus operaciones fundamentales. Sus asistentes y herramientas de configuración permiten a los usuarios la creación, depuración y puesta en marcha de aplicaciones en minutos tras haber instalado el paquete. **Aplicaciones Distribuidas.**

InTouch funciona bien para la creación de aplicaciones para una sola estación de trabajo, y es totalmente escalable en el entorno de una red de desarrollo de aplicaciones

(*NAD*) de cientos de nodos. *NAD* facilita el mantenimiento centralizado de una copia máster de una aplicación InTouch usando un servidor de red. Cada nodo cliente dispone de una copia local de la aplicación máster, lo que permite su trabajo en el caso de que el servidor no esté disponible. Su reconexión al servidor es automática y transparente cuando éste se active.

Los usuarios cliente son notificados por el sistema de los cambios generados en la aplicación del servidor y los pueden aceptar a conveniencia sin necesidades de parar la aplicación. Una vez aceptados, se transfieren únicamente los componentes que han cambiado. En el caso de no aceptarlos, la aplicación seguirá con su versión actual hasta la próxima vez que se reinicie el sistema. De esta manera, los clientes están usando siempre la última versión de la aplicación con posibilidad de actualización sin decremento en tiempo o pérdida de visualización del proceso. Las potentes características de distribución integradas facilitan el mantenimiento, administración y puesta en marcha de grandes sistemas, revertiendo en un coste corporativo mucho menor. InTouch 10 HMI permite la visualización de información mediante **Wonderware Industrial Application Server**, el cual reduce drásticamente el esfuerzo y tiempo requeridos en el mantenimiento y puesta en marcha de aplicaciones de una planta o incluso de múltiples plantas.

Aplicaciones Ágiles

Las aplicaciones generadas con InTouch son visibles desde muchos dispositivos sin necesidad de cambios en su configuración. Se puede visualizar una aplicación en uno o varios monitores. La misma aplicación es visible desde terminales *Thin Client*,

dispositivos móviles como *PDA*s o *Tablet PCs* o a través de Internet con el uso de InTouch HMI en modo *Terminal Services*. InTouch reduce el coste del proyecto permitiendo la visualización de la misma aplicación en múltiples dispositivos. Esencialmente, InTouch HMI suministra la información que los usuarios necesitan en los dispositivos que prefieran.



Figura N° III.3. Aplicación móvil InTouch

InTouch 10 incluye una nueva función para utilizar en sus scripts, *IOSetRemoteReferences*, que permite la modificación de todos los orígenes de datos asociados a una pantalla con la ejecución de una sola línea de código. Esta prestación permite la actualización a tiempo real de la información presentada a gran velocidad. Cabe la posibilidad de utilizar esta función asociada con los nuevos *SmartSymbols* para crear modelos que encapsulen tanto la información gráfica estándar como el modelo de acceso a datos y se beneficien de las capacidades de propagación de cambios.

Conectividad sin rival

InTouch HMI se puede conectar a casi cualquier dispositivo de control debido a los cientos de controladores I/O y servidores *OPC*® existentes diseñados para la conexión a productos de Wonderware. Su lista de controladores es la más grande del mercado. Esto

es posible gracias el Equipo de Integración de Dispositivos de Wonderware y a la gran cantidad de Desarrolladores de Productos externos que ofrecen conectividad a la mayoría de PLCs del mercado.

Los Servidores Wonderware suministran datos a aplicaciones InTouch a través de comunicación DDE de Microsoft®, el protocolo *SuiteLink™* de Wonderware o la tecnología OPC. Otros fabricantes utilizan el set de herramientas Archestra DAS (Data Access Server) Toolkit para la creación de servidores que incorporen uno o varios de los métodos anteriormente mencionados. InTouch HMI y los productos FactorySuite A2™ de Wonderware son capaces de actuar como Clientes o como Servidores OPC⁷.

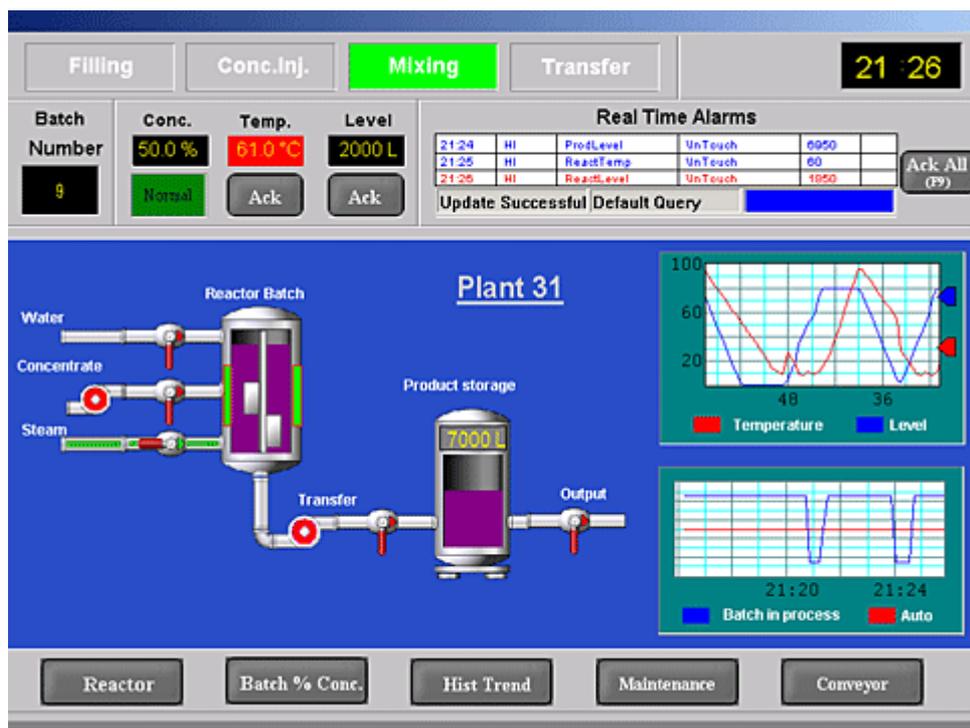


Figura N° III.4. Interfaz gráfica InTouch

⁷ <http://www.logitek.com/contents/sw/productos/intouch.htm>

Características principales

- Mejoras operacionales para el tiempo de actividad de las aplicaciones HMI mediante el uso de dispositivos de electrónica de estado sólido que no contienen partes móviles que se desgasten
- Reducción de costos de TI con los sistemas que requieren poco o ningún campo de mantenimiento y de formación de los usuarios
- Ahorre tiempo y dinero con el software HMI previamente probada y pre-instalado en el dispositivo CE de su elección
- En verdad la legendaria facilidad de uso de software HMI en todos los niveles de su planta incluidos los dispositivos de la CE de bajo costo
- Un menor tiempo de ingeniería y los costes utilizando un único entorno de desarrollo para ambos CE y Windows XP / Vista sistemas operativos

Capacidades clave

- Desarrollar y configurar las aplicaciones de forma centralizada, descarga en estaciones de múltiples operadores
- Scripting sofisticada que le permite ampliar y personalizar las aplicaciones para sus necesidades específicas
- Integrar los paneles e interfaces de operador con Wonderware arquitectura ArchestrA
- Construida en tiempo real e histórico de tendencias, alarmas y registro

3.4 Sistema SCADA

(Supervisory Control And Data Acquisition, Control Supervisor y Adquisición de datos). Un sistema SCADA es una aplicación o conjunto de aplicaciones software especialmente diseñada para funcionar sobre ordenadores de control de producción, con acceso a la planta mediante la comunicación digital con los instrumentos y actuadores, e interfaz gráfica de alto nivel con el usuario (pantallas táctiles, ratones o cursores, lápices ópticos, etc.). Aunque inicialmente solo era un programa que permitía la supervisión y adquisición de datos en procesos de control, en los últimos tiempos han ido surgiendo una serie de productos hardware y buses especialmente diseñados o adaptados para éste tipo de sistemas. La interconexión de los sistemas SCADA también es propia, se realiza una interfaz del PC a la planta centralizada, cerrando el lazo sobre el ordenador principal de supervisión.

El sistema permite comunicarse con los dispositivos de campo (controladores autónomos, autómatas programables, sistemas de dosificación, etc.) para controlar el proceso en forma automática desde la pantalla del ordenador, que es configurada por el usuario y puede ser modificada con facilidad. Además, provee de toda la información que se genera en el proceso productivo a diversos usuarios.

Los sistemas SCADA se utilizan en el control de oleoductos, sistemas de transmisión de energía eléctrica, yacimientos de gas y petróleo, redes de distribución de gas natural subterráneos, generación energética (convencional y nuclear).

No todos los sistemas SCADA están limitados a procesos industriales sino que también se ha extendido su uso a instalaciones experimentales como la fusión nuclear o los colisionadores del CERN donde la alta capacidad de gestionar un número elevado de E/S, la adquisición y supervisión de esos datos; convierte a estos, en sistemas ideales en procesos que pueden tener canales entorno a los 100k o incluso cerca de 1M.

3.4.1 Características de un sistema SCADA

Los sistemas SCADA, en su función de sistemas de control, dan una nueva característica de automatización que realmente pocos sistemas ofrecen: la de *supervisión*.

Sistemas de control hay muchos y muy variados y todos, bien aplicados, ofrecen soluciones óptimas en entornos industriales. Lo que hace de los sistemas SCADA una herramienta diferente es la característica de *control supervisado*. De hecho, la parte de control viene definida y supeditada, por el proceso a controlar, y en última instancia, por el hardware e instrumental de control (PLCs, controladores lógicos, armarios de control) o los algoritmos lógicos de control aplicados sobre la planta los cuales pueden existir previamente a la implantación del sistema SCADA, el cual se instalará sobre y en función de estos sistemas de control. (Otros sistemas SCADA pueden requerir o aprovechar el hecho que implantamos un nuevo sistema de automatización en la planta para cambiar u optimizar los sistemas de control previos.)

En consecuencia, supervisamos el control de la planta y no solamente monitorizamos las variables que en un momento determinado están actuando sobre la planta; esto es, se

puede actuar y variar las variables de control en tiempo real, algo que pocos sistemas permiten con la facilidad intuitiva que dan los sistemas SCADA.

Se puede definir la palabra *supervisar* como ejercer la inspección superior en determinados casos, ver con atención o cuidado y someter una cosa a un nuevo examen para corregirla o repararla permitiendo una acción sobre la cosa supervisada. La labor del supervisor representa una tarea delicada y esencial desde el punto de vista normativo y operativo; de ésta acción depende en gran medida garantizar la calidad y eficiencia del proceso que se desarrolla. En el supervisor descansa la responsabilidad de orientar o corregir las acciones que se desarrollan. Por lo tanto se tiene una toma de decisiones sobre las acciones de últimas de control por parte del supervisor, que en el caso de los sistemas SCADA, estas recaen sobre el operario.

Esto diferencia notablemente los sistemas SCADA de los sistemas clásicos de automatización donde las variables de control están distribuidas sobre los controladores electrónicos de la planta y dificulta mucho una variación en el proceso de control, ya que estos sistemas una vez implementados no permiten un control a tiempo real óptimo.

La función de monitorización de estos sistemas se realiza sobre un PC industrial ofreciendo una visión de los parámetros de control sobre la pantalla de ordenador, lo que se denomina un HMI (Human Machine Interface), como en los sistemas SCADA, pero sólo ofrecen una función complementaria de **monitorización**: Observar mediante aparatos especiales el curso de uno o varios parámetros fisiológicos o de otra naturaleza para detectar posibles anomalías (Definición Real Academia de la Lengua).

Es decir, los sistemas de automatización de interfaz gráfica tipo HMI básicos, ofrecen una gestión de alarmas en formato rudimentario mediante las cuales la única opción que le queda al operario es realizar una parada de emergencia, reparar o compensar la anomalía y realizar un *reset*. En los sistemas SCADA, se utiliza un HMI interactivo el cual permite detectar alarmas y a través de la pantalla solucionar el problema mediante las acciones adecuadas en tiempo real. Esto otorga una gran flexibilidad a los sistemas SCADA. En definitiva, el modo supervisor del HMI de un sistema SCADA no solamente señala los problemas, sino lo más importante, orienta en los procedimientos para solucionarlos.

Como componentes principales de un sistema SCADA se puede mencionar los siguientes:

Adquisición y almacenamiento de datos, para recoger, procesar y almacenar la información recibida, en forma continua y confiable.

Representación gráfica y animada de variables de proceso y monitorización de éstas por medio de alarmas

Ejecutar **acciones de control**, para modificar la evolución del proceso, actuando bien sobre los reguladores autónomos básicos (consignas, alarmas, menús, etc.) bien directamente sobre el proceso mediante las salidas conectadas.

Arquitectura abierta y flexible con capacidad de ampliación y adaptación

Conectividad con otras aplicaciones y bases de datos, locales o distribuidas en redes de comunicación.

Supervisión, para observar desde un monitor la evolución de las variables de control.

Transmisión, de información con dispositivos de campo y otros PC.

Base de datos, gestión de datos con bajos tiempos de acceso. Suele utilizar ODBC.

Presentación, representación gráfica de los datos. Interfaz del Operador o HMI (Human Machine Interface).

Explotación de los datos adquiridos para gestión de la calidad, control estadístico, gestión de la producción y gestión administrativa y financiera.

Alertar al operador de cambios detectados en la planta, tanto aquellos que no se consideren normales (alarmas) como cambios que se produzcan en la operación diaria de la planta (eventos). Estos cambios son almacenados en el sistema para su posterior análisis.

3.4.2 Prestaciones de un Sistema SCADA

Las prestaciones que puede ofrecernos un sistema SCADA eran impensables hace una década y son las siguientes:

- Posibilidad de crear paneles de alarma, que exigen la presencia del ordenador para reconocer una parada o situación de alarma, con registro de incidencias.
- Generación de históricos de señal de planta, que pueden ser volcados para su proceso sobre una hoja de cálculo.
- Creación de informes, avisos y documentación en general.
- Ejecución de programas, que modifican la ley de control, o incluso el programa total sobre el autómeta (bajo unas ciertas condiciones).

- Posibilidad de programación numérica, que permite realizar cálculos aritméticos de elevada resolución sobre la CPU del ordenador, y no sobre la del autómeta, menos especializado, etc.

Con ellas, se pueden desarrollar aplicaciones basadas en el PC, con captura de datos, análisis de señales, presentaciones en pantalla, envío de resultados, a disco o impresora, control de actuadores, etc.

3.4.3 Componentes de Hardware

Un sistema SCADA, como aplicación de software industrial específica, necesita ciertos componentes hardware en su sistema, para poder tratar y gestionar la información captada.

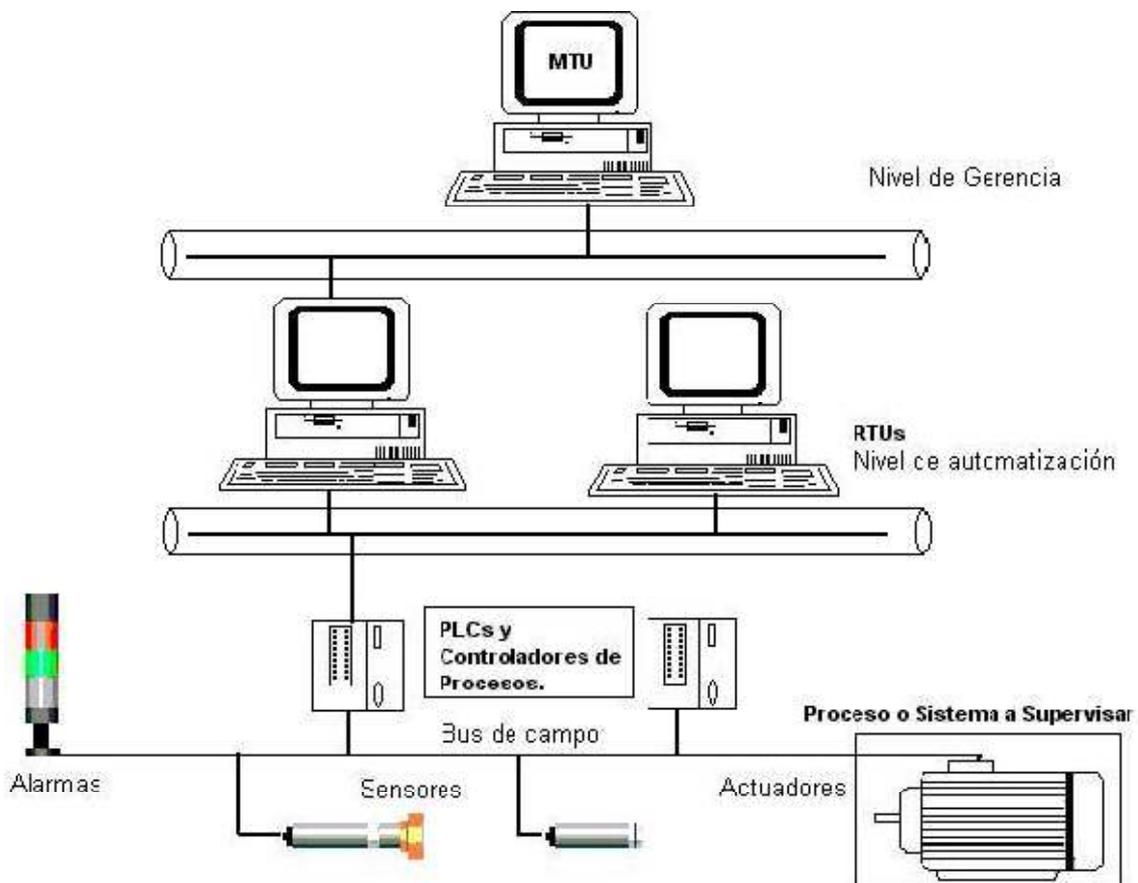


Figura N° III.5. Estructura básica de un sistema SCADA a nivel de hardware

Ordenador Central o MTU (Master Terminal Unit):

Se trata del ordenador principal del sistema el cual supervisa y recoge la información del resto de las subestaciones, bien sean otros ordenadores conectados (en sistemas complejos) a los instrumentos de campo o directamente sobre dichos instrumentos. Este ordenador suele ser un PC, el cual soporta el HMI.

De esto se deriva que el sistema SCADA más sencillo es el compuesto por un único ordenador, el cual es el MTU que supervisa toda la estación.

Las funciones principales de la MTU son:

- Interroga en forma periódica a las RTU's, y les transmite consignas; siguiendo usualmente un esquema maestro-esclavo.
- Actúa como interfaz para el operador, incluyendo la presentación de información de variables en tiempo real, la administración de alarmas, y la recolección y presentación de información histórica.
- Puede ejecutar software especializado que cumple funciones específicas asociadas al proceso supervisado por el SCADA. Por ejemplo, software para detección de pérdidas en un oleoducto.
- Ordenadores Remotos o RTUs (*Remote Terminal Unit*): Estos ordenadores están situados en los nodos estratégicos del sistema gestionando y controlando las subestaciones del sistema, reciben las señales de los sensores de campo, y

comandan los elementos finales de control ejecutando el software de la aplicación SCADA.

Se encuentran en el nivel intermedio o de automatización, a un nivel superior está el MTU y a un nivel inferior los distintos instrumentos de campo que son los que ejercen la automatización física del sistema, control y adquisición de datos.

Estos ordenadores no tienen por qué ser PCs, ya que la necesidad de soportar un HMI no es tan grande a este nivel, por lo tanto suelen ser ordenadores industriales tipo armarios de control, aunque en sistemas muy complejos puede haber subestaciones intermedias en formato HMI.

Una tendencia actual es la de dotar a los PLCs (en función de las E/S a gestionar) con la capacidad de funcionar como RTUs gracias a un nivel de integración mayor y CPUs con mayor potencia de cálculo. Esta solución minimiza costes en sistemas donde las subestaciones no sean muy complejas sustituyendo el ordenador industrial mucho más costoso. Un ejemplo de esto son los nuevos PLCs (adaptables a su sistema SCADA Experion PKS (Power Knowledge System)) de Honeywell o los de Motorola MOSCAD, de implementación mucho más genérica.

Red de comunicación

Éste es el nivel que gestiona la información que los instrumentos de campo envían a la red de ordenadores desde el sistema. El tipo de BUS utilizado en las comunicaciones puede ser muy variado según las necesidades del sistema y del software escogido para

implementar el sistema SCADA, ya que no todo el software (así como los instrumentos de campo como PLCs) pueden trabajar con todos los tipos de BUS.

Hoy en día, gracias a la estandarización de las comunicaciones con los dispositivos de campo, se puede implementar un sistema SCADA sobre prácticamente cualquier tipo de BUS. Se puede encontrar SCADAs sobre formatos estándares como los RS-232, RS-422 y RS-485 a partir de los cuales, y mediante un protocolo TCP/IP, se puede conectar el sistema sobre un bus en configuración DMS ya existente; pasando por todo tipo de buses de campo industriales, hasta formas más modernas de comunicación como Bluetooth (Bus de Radio), Micro-Ondas, Satélite, Cable.

A parte del tipo de BUS, existen interfaces de comunicación especiales para la comunicación en un sistema SCADA como puede ser módems para estos sistemas que soportan los protocolos de comunicación SCADA y facilitan la implementación de la aplicación.

Otra característica de las comunicaciones de un sistema SCADA es que la mayoría se implementan sobre sistemas WAN de comunicaciones, es decir, los distintos terminales RTU pueden estar des localizados geográficamente.

Instrumentos de Campo

Son todos aquellos que permiten tanto realizar la automatización o control del sistema (PLCs, controladores de procesos industriales, y actuadores en general) como los que se encargan de la captación de información del sistema (sensores y alarmas).

Una característica de los Sistemas SCADA es que sus componentes son diseñados por distintos proveedores, sin coordinación entre sí. Así, se tienen diferentes proveedores para las RTUs (incluso es posible que un sistema utilice RTUs de más de un proveedor), módems, radios, minicomputadores, software de supervisión e interfaz con el operador, software de detección de pérdidas, etc.

3.4.4 Cómo elegir un sistema SCADA

Para evaluar si un sistema SCADA es necesario para manejar una instalación dada, el proceso a controlar debe cumplir las siguientes características:

- El número de variables del proceso que se necesita monitorear es alto.
- El proceso está geográficamente distribuido. Esta condición no es limitativa, ya que puede instalarse un SCADA para la supervisión y control de un proceso concentrado en una localidad.
- La información del proceso se necesita en el momento en que los cambios se producen en el mismo, o en otras palabras, la información se requiere en tiempo real.
- La complejidad y velocidad del proceso permiten que la mayoría de las acciones de control sean iniciadas por un operador. En caso contrario, se requerirá de un Sistema de Control Automático, el cual lo puede constituir un Sistema de Control Distribuido, PLC's, Controladores a Lazo Cerrado o una combinación de ellos.

3.4.5 Implantación de un Sistema SCADA Funcional

Cuando una empresa decide implementar un sistema SCADA sobre su instalación hay 5 fases básicas a tener en cuenta para llevar a cabo el proceso:

Fase1: El diseño de la arquitectura del sistema. Esto incluye todas las consideraciones importantes sobre el sistema de comunicaciones de la empresa (Tipo de BUS de campo, distancias, número de E/S, Protocolo del sistema y Drivers...). También se verán involucrados los tipos de dispositivos que no están presentes en la planta pero que serán necesarios para supervisar los parámetros deseados.

Fase2: Equipamiento de la empresa con los RTUs necesarios, comunicaciones, Equipos HMI y Hardware en general. Adquisición de un paquete software SCADA adecuado a la arquitectura y sistemas de la planta.

Fase3: La instalación del equipo de comunicación y el sistema PC.

Fase4: Programación, tanto del equipamiento de comunicaciones como de los equipos HMI y software SCADA.

Fase5: Testeo del sistema o puesta a punto, durante el cual los problemas de programación en comunicaciones como en el software SCADA son solucionados.

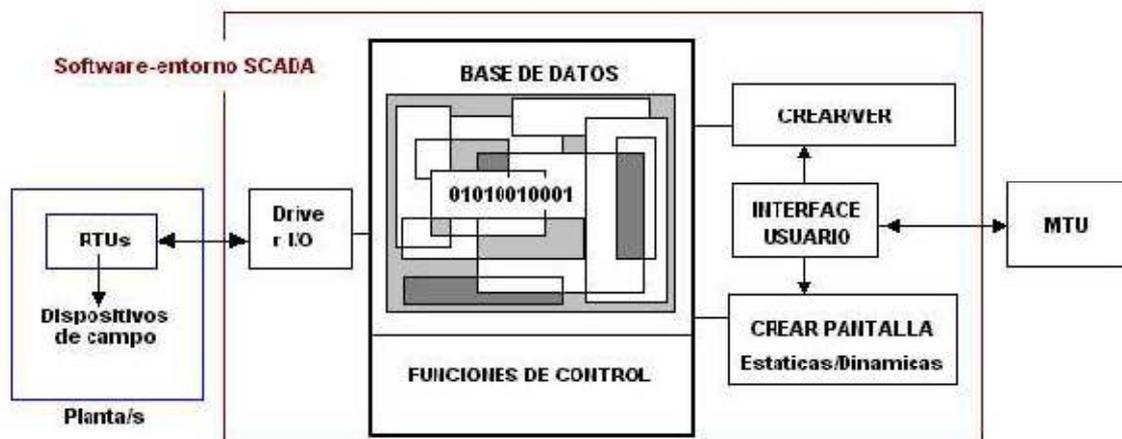


Figura N° III.6. Entorno de un software SCADA

A continuación se exponen los principales software SCADA que se puede encontrar en el mercado así como los fabricantes y distribuidores en nuestro país. En algunos casos no tan solo proporcionan una solución puramente SCADA sino que incluyen el registro y gestión de datos sobre software MES (Manufacturing Execution System) para explotación de datos de fabricación. Este tipo de integración de software MES en un sistema SCADA es una solución cada vez más demandada por los usuarios.

Nombre del Producto	Distribuidor / Fabricante
Aimax	Design Instruments, S.A.
All-Done Scada	Freixas i Ros, S.L.
Automainge	Automainge
Captor	Sisteplant
Checksys Objects:	M2R,S.A.
Factory Suite A2	Logitek, S.A./Wonderware
Factorylink ECS y Xfactory:	Tecnomatix (USDATA)
Gefip	Mondragón Sistemas
Genesis CE(Pocket) y 32	Aplein Ingenieros, S.A./Iconics
GPAO-SAC	Sistemas Avanzados de Control,S.A.
Intouch	Logitek,S.A./Wonderware
JUMO SVS-2000	Jumo Sercon, S.A. (D)
LabVIEW DSC	National Instruments
NI Lookout 5.1	National Instruments
Scada-Vs	Foxboro/Foxcada (Australia)
TQWIN	Vertex Serveis Informàtics, S.L.
WizFactory:	Wizcon Soft Espaa,S.L./PC soft International, Ltd (Israel)

Tabla III.1 Fabricantes y distribuidores del software SCADA

3.4.6 Estructura y Componentes de un Software SCADA

Los módulos o bloques software que permiten las actividades de adquisición, supervisión y control son los siguientes:

Configuración: permite al usuario definir el entorno de trabajo de su aplicación según la disposición de pantallas requerida y los niveles de acceso para los distintos usuarios.

Dentro del módulo de configuración el usuario define las pantallas gráficas o de texto que va a utilizar, importándolas desde otra aplicación o generándolas desde el propio SCADA. Para ello, se incorpora un editor gráfico que permite dibujar a nivel de píxel (punto de pantalla) o utilizar elementos estándar disponibles, líneas, círculos, textos o figuras, con funciones de edición típicas como copiar, mover, borrar, etc.

También durante la configuración se seleccionan los *drivers* de comunicación que permitirán el enlace con los elementos de campo y la conexión o no en red de estos últimos, se selecciona el puerto de comunicación sobre el ordenador y los parámetros de la misma, etc.

En algunos sistemas es también en la configuración donde se indican las variables que después se van a visualizar, procesar o controlar, en forma de lista o tabla donde pueden definirse a ellas y facilitar la programación posterior.

Interfaz gráfica del operador: proporciona al operador las funciones de control y supervisión de la planta. El proceso a supervisar se representa mediante sinópticos gráficos almacenados en el ordenador de proceso y generados desde el editor

incorporado en el SCADA o importados desde otra aplicación de uso general (Paintbrush, DrawPerfect, AutoCAD, etc.) durante la configuración del paquete.

Los sinópticos están formados por un fondo fijo y varias zonas activas que cambian dinámicamente a diferentes formas y colores, según los valores leídos en la planta o en respuesta a las acciones del operador.

Se tienen que tener en cuenta algunas consideraciones a la hora de diseñar las pantallas:

Las pantallas deben tener apariencia consistente, con zonas diferenciadas para mostrar la planta (sinópticos), las botoneras y entradas de mando (control) y las salidas de mensajes del sistema (estados, alarmas). La representación del proceso se realizará preferentemente mediante sinópticos que se desarrollan de izquierda a derecha.

La información presentada aparecerá sobre el elemento gráfico que la genera o soporta, y las señales de control estarán agrupadas por funciones. La clasificación por colores ayuda a la comprensión rápida de la información.

Los colores serán usados de forma consistente en toda la aplicación: si rojo significa peligro o alarma, y verde se percibe como indicación de normalidad, éste será el significado dado a estos colores en cualquier parte de la aplicación.

Previendo dificultades en la observación del color debe añadirse alguna forma de redundancia, sobre todo en los mensajes de alarma y atención: textos adicionales, símbolos gráficos dinámicos, intermitencias, etc.

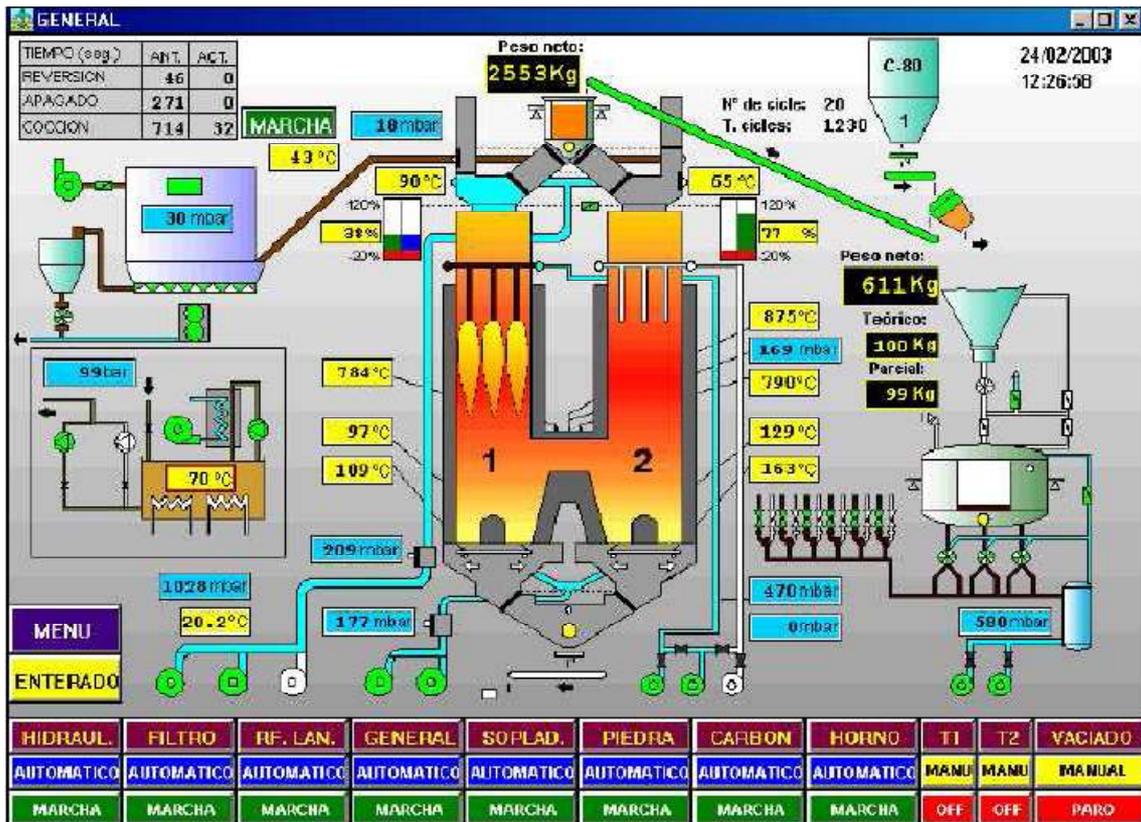


Figura N° III.7. Ejemplo de la interfaz gráfica del SCADA InTouch

Módulo de proceso: ejecuta las acciones de mando pre-programadas a partir de los valores actuales de variables leídas. Sobre cada pantalla se puede programar relaciones entre variables del ordenador o del autómatas que se ejecutan continuamente mientras la pantalla esté activa. La programación se realiza por medio de bloques de programa en lenguaje de alto nivel (C, Basic, etc.).

Es muy frecuente que el sistema SCADA confíe a los dispositivos de campo, principalmente autómatas, el trabajo de control directo de la planta, reservándose para sí las operaciones propias de la supervisión, como el control del proceso, análisis de tendencias, generación de históricos, etc.

Las relaciones entre variables que constituyen el programa de mando que el SCADA ejecuta de forma automática pueden ser de los tipos siguientes:

Acciones de mando automáticas pre-programadas dependiendo de valores de señales de entrada, salida o combinaciones de éstas.

Maniobras o secuencias de acciones de mando.

Animación de figuras y dibujos, asociando su forma, color, tamaño, etc., a valor actual de las variables.

Gestión de recetas, que modifican los parámetros de producción (consignas de tiempo, de conteo, estados de variables, etc.) de forma pre-programada en el tiempo o dinámicamente según la evolución de planta.

Gestión y archivo de datos: Se encarga del almacenamiento y procesado ordenada de los datos, según formatos inteligibles para periféricos hardware (impresoras, registradores) o software (bases de datos, hojas de cálculo) del sistema, de forma que otra aplicación o dispositivo pueda tener acceso a ellos.

Pueden seleccionarse datos de planta para ser capturados a intervalos periódicos, y almacenados con un cierto, como un registro histórico de actividad, o para ser procesados inmediatamente por alguna aplicación software para presentaciones estadísticas, análisis de calidad o mantenimiento.

Esto último se consigue con un intercambio de datos dinámico entre el SCADA y el resto de aplicaciones que corren bajo el mismo sistema operativo.

Por ejemplo, el protocolo DDE de Windows permite intercambio de datos en tiempo real. Para ello, el SCADA actúa como un servidor DDE que carga variables de planta y las deja en memoria para su uso por otras aplicaciones Windows, o las lee en memoria para su propio uso después de haber sido escritas por otras aplicaciones.

Una vez procesados, los datos se presentan en forma de gráficas analógicas, histogramas, representación tridimensional, etc., que permiten después analizar la evolución global del proceso.

3.4.7 Interfaces de Comunicación

Es la que permite al PC MTU acceder a los dispositivos de campo, a través de los RTU. Así, la interfaz de comunicación enlazará el MTU con los distintos RTUs del sistema a través del BUS de campo.

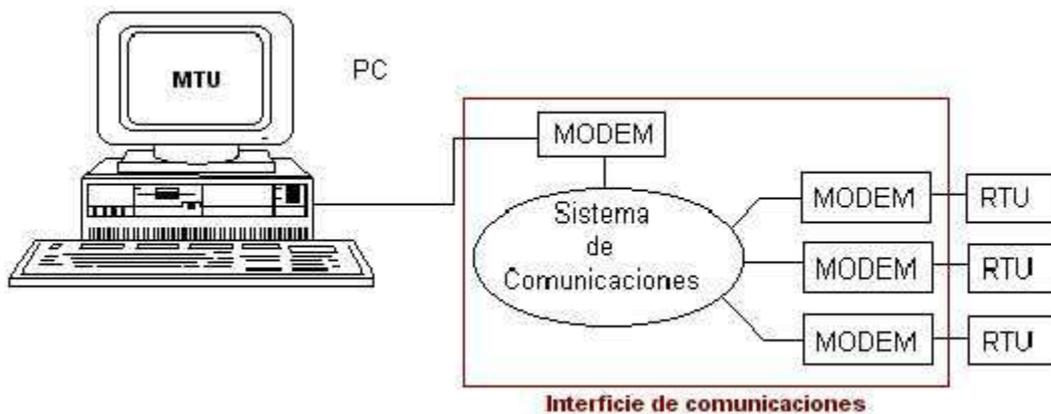


Figura N° III.8. Diagrama de conexionado informático de un sistema SCADA

La interfaz de comunicación consta de distintos elementos:

- La base del sistema de comunicación es el BUS de Campo que es el que transporta la información y las ordenes de control; éste vendrá definido en función del tamaño del sistema SCADA (número de E/S del sistema), distancias entre RTUs y/o disponibilidad del servicio público de comunicación (para sistemas SCADA de tipo red WAN en interconexión entre distintas plantas).
- Los Modems que conectan físicamente los RTUs y el MTU al BUS.
- El módulo de comunicaciones contiene los *drivers* de conexión con el resto de elementos digitales conectados, entendiendo el *driver* como un programa (software) que se encarga de la iniciación del enlace, aplicación de los formatos, ordenación de las transferencias, etc., en definitiva, de la gestión del protocolo de comunicación. Estos protocolos pueden ser abiertos (ModBus, FieldBus, Map, etc.), o propios de fabricante.

Estos drivers, propios del software SCADA, deben comunicarse con otros paquetes de software por medio de DDE (Dynamic Data Exchange) DLL (Dynamic Link Libraries) como canal de comunicación, implementados por el sistema operativo, que permite que diversos paquetes de software envíen y reciban datos comunes. Por ejemplo se puede relacionar una celda de una hoja de cálculo con una variable del sistema y así variar puntos de consignas del proceso, o bien comunicación directa con los drivers de I/O de los dispositivos de campo.

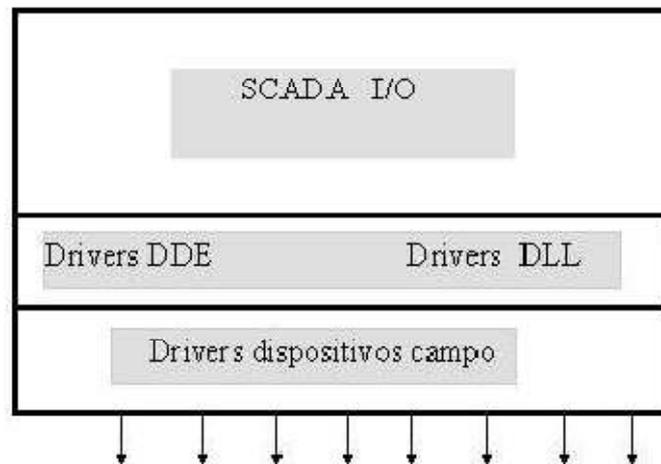


Figura N° III.9. Diagrama de la arquitectura de los drivers de un SCADA

3.4.7 Tecnologías de Integración MICROSOFT (Drivers Específicos)

COM/DCOM

COM (Component Object Model) permite que una aplicación utilice funcionalidades de otra aplicación residente en la misma computadora, ello se hace incorporando a la aplicación principal objetos software propios de la otra aplicación. DCOM (Distributed COM) supone extender el estándar COM a sistemas formados por redes.

Visual Basic for Applications (VBA)

VBA es el lenguaje de programación (basado en scripts) incorporado en las aplicaciones de Microsoft Office y ofrece diversas ventajas. Está muy extendido y es aceptado por diversos fabricantes, por lo que se va convirtiendo en un estándar "de facto" que presenta una muy buena relación entre potencia y dificultad de aprendizaje y uso. El uso de un lenguaje común también facilita la integración de objetos suministrados por

terceros, en la medida que aplican este mismo estándar. Además, permite interactuar directamente con las aplicaciones de Office (Access, Excell, Word, de BackOffice y de otros productos compatibles.

Interfaz OPC

OPC (OLE for Process Control) es el estándar diseñado para comunicar sistemas y dispositivos. Esto incluye tanto las comunicaciones entre un software SCADA y los buses de comunicación con los autómatas, como las comunicaciones entre una aplicación SCADA y otras aplicaciones como puedan ser las de gestión, abriendo a estas últimas el acceso a los datos de planta, como datos históricos, datos batch, etc. Los productos OPC (Clientes y Servidores), pueden ser usados con Visual Basic y sus variantes.

Es decir, OPC corresponde a un conjunto de especificaciones basadas en los estándares de Microsoft (COM, DCOM, OLE Automation, y ActiveX) que cubren los requerimientos de comunicación industrial entre aplicaciones y dispositivos, especialmente en lo que se refiere a la atención al tiempo real.

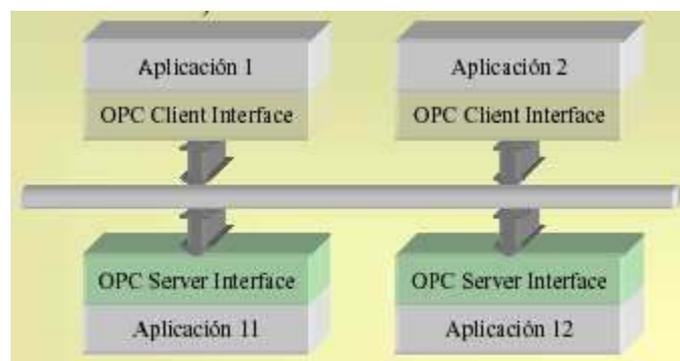


Figura N° III.10. Interfaz OPC Cliente/Servidor

Las especificaciones OPC se mantienen a través de la OPC Foundation, conjunto de especificaciones técnicas no-propietario que define un conjunto de interfaces estándar basadas en la tecnología OLE/COM de *Microsoft*. La tecnología COM permite la definición de objetos estándar así como de métodos y propiedades para los servidores de información en tiempo real. La tecnología

OLE Automation posibilita comunicar las aplicaciones con datos recibidos a través de LAN, estaciones remotas o Internet. Antes del OPC, cada software requería de una interface específica (servidor, driver) para intercambiar datos con una determinada familia de dispositivos de campo. Y para intercambiar datos entre aplicaciones se utilizaba el estándar DDE o bien interfaces específicos para cada pareja de aplicaciones.

OPC elimina esta necesidad y permite utilizar una misma operativa para comunicar aplicaciones, dispositivos y drivers. Los proveedores, tanto de hardware como de software, pueden suministrar productos con una elevada conectividad y compatibilidad, y los usuarios tienen una amplia gama de opciones para construir la solución que mejor se adapta a sus necesidades.

ActiveX

Incorporar un Control ActiveX en una pantalla supone añadir un objeto con código asociado que realiza una determinada función de forma totalmente integrada dentro de la aplicación que estamos tratando, basta con establecer los enlaces necesarios entre las variables de la aplicación y las del Control ActiveX.

Un Control Active X no es un lenguaje de programación, es una pequeña pieza de software, escrita según las especificaciones COM, y tiene propiedades, métodos y eventos. Cuando Usted compra un objeto ActiveX en realidad compra una licencia para usar este objeto en su aplicación. Un objeto ActiveX puede ser el servidor o driver de un PLC como SIMATIC (Siemens). Este driver tiene propiedades para definir los datos a ser leídos desde el PLC, métodos para iniciar la lectura de los valores y eventos para informar que los datos han sido recibidos desde el PLC.

Debido a que los objetos ActiveX son basados en COM, ellos pueden ser usados en cualquier aplicación que soporta COM, tal como Visual Basic, Internet Explorer, Borland Delphi, Software SCADA Genesis32 de Iconics, etc.

Existen varios objetos ActiveX que pueden comprarse independientemente para agregarlos a su aplicación SCADA basada en tecnología COM. Se tiene por ejemplo drivers para comunicación con PLC's, DCS, conectividad a bases de datos, reportes, tendencias, símbolos de instrumentos de medición, selectores, barras indicadoras, etc.

Conectividad remota WebServer (conexión a través de internet)

El trabajo en un entorno Intranet es considerado normal para bastantes proveedores que incluyen funcionalidades de cliente y de servidor de Web.

Algunas de las ventajas de la utilización de Internet en los entornos SCADA son el ofrecimiento de una funcionalidad total, ofreciendo su operatividad a través de cualquier navegador estándar. La información en tiempo real de la planta de proceso es

inmediatamente accesible para cualquier persona autorizada de la organización, esté donde esté, con el coste más bajo.

3.4.8 Tabla Comparativa

En la siguiente tabla se puede encontrar una comparativa entre los software SCADA más importantes actualmente existentes en el mercado (CXSupervisor, All-Done, Intouch, Win CC y Vijeo Look).

En ella se observa cómo el lenguaje de programación más utilizado frente a los propios de cada sistema es el Visual Basic, ya que permite una mayor integración mediante la tecnología ofertada por Microsoft y así poder aprovechar al máximo sus posibilidades.

De esta manera, queda justificable que todos los sistemas a continuación expuestos utilizan la tecnología OPC Cliente-Servidor para la adquisición de datos.

A modo de diferenciación entre unos sistemas y otros, las características que comportan más relevancia son los drivers utilizados para la conexión con el PLC, el nº de variables del proceso, la estructura sobre la que recorre el sistema y la comunicación con el PLC.

Software	CX-Supervisor	All-Done 115	InTouch	Vijeo Look	Win CC
Subministrador/Fabricante	Omron/Omron (UK)	Freixas i Ros, S.L./Freixas i Ros, S.L.(E)	Logitec, S.A./Wonderware (USA)	Schneider Electric/Schneider Electric (F)	Siemens/ Siemens
Requisitos recomendados del sistema	Windows 2000/NT 4.0 (Service Pack 5) IBM PC o compatible (200Mhz pentium o superior) Espacio libre de disco duro 100MB 128MB RAM Tarjeta SVGA 1024x768	Windows 2000/XP Profesional Intel Pentium III/IV, AMD Athlon Disco duro 20GB, 128MB RAM Tarjeta SVGA 1024x768 de resolución	Windows 2000/XP Profesional Intel Pentium III o superior Espacio libre de disco duro 2GB 512MB RAM	Windows 2000/XP Profesional procesador: Celeron 500Mhz...1.8 Ghz RAM: 256MB,,,102 4MB Espacio libre del disco duro 4GB SVGA 1024x768 de resolución	Windows 95/98 i Windows NT4.0/2000 de microsoft CPU INTEL Pentium II 400 MHz RAM 128MB Resolución 1024 x 768 Espacio disponible: > 500 MB
Drivers para PLC's	OMRON: todo los PLC's	OMRON: Sysmac seric C MOELLER: PS4-200 SIEMENS: simatic S5,S7-200/300/400 TELEMECANIQUE: unitelway otros ...	ALLEN-BRADLEY SIEMENS MODICON OPTO 22 SQUARE D OMRON altres...	TELEMECANIQUE AEG MODICON MODICON SQUARE D	SIMATIC ALLEN-BRADLEY MITSUBISHI FETELEMECANIQUE UNI-TELWAY GE-FANUC MODICON OMRON serie C otros...
Lenguajes de programación	Visual Basic/Java	Visual Basic	propio (basado en C)	VBA (Visual Basic for Application)	Visual Basic C ANSI-C
Precio (euros)	600	1000-4000	/	/	/
Control de usuarios	si	si	si	si	si
nº variables	ilimitado	ilimitado	64-64k	128, 512 ó 1024	

Comunicación entre módulos PC	/	UDP/Ethernet	Ethernet	/	TCP/IP NetBEUI
Estructura	un único PC o varios PC's en multitasca	varios PC's en multitasca	un único PC o varios PC's en multitasca	un único PC	varios PC's en multitasca
Gestión de alarmas	si	si	si	si	si
Comunicación con PLC	RS-232C RS-422 Ethernet	UDP sobre Ethernet	DEVICE-Net PPI/MPI Profibus RS-232, RS-485	Uni-Telway o Modbus sobre RS-232 o RS-485; TCP/IP sobre Ethernet	Profibus TCP/IP Bus-SIPART Canal-DLL Modbus
Adquisición de datos	cliente OPC	OPC Servidor/Cliente	OPC Servidor/Cliente	OPC Factory Server (OFS)	OPC Servidor/Cliente
Bases de datos	MS-Access SQL SERVER ODBC paraORACLE	MDB	Servidor SQL MDSE	Access 2000 MSDE	Sybase SQL
Intercambio de datos en el PC	automatización OLE controles ACTIVE-X comunicaciones DDE ADO (Active Data Object)	controles ACTIVE-X DBE	controles ACTIVE_X comunicaciones DDE	controles ACTIVE_X	Controles ACTIVE_X aplicaciones OLE i CUSTOM

Tabla III.2. Tabla comparativa de Software SCADA

Como se puede observar en la Tabla III.2 el software Intouch es el que presenta las características más favorables para realizar nuestra investigación ya que es el software líder en los sistemas SCADA, compatible con muchos dispositivos industriales y soporte al protocolo Modbus, ya que es el protocolo con el que se comunica el PLC marca Telemecanique modelo TWDLCAA24DRF con el cual trabajaremos. Además se pudo obtener una copia demo proporcionada por la Escuela de Ingeniería Electrónica de la ESPOCH, lo que facilitó la instalación y configuración en el laboratorio de Automatización Industrial.

3.5 Descripción de la Solución Propuesta para la Investigación

En esta sección se detallará la forma de implementación de la solución al sistema didáctico para representación de señales analógicas, así como también la tecnología que se utilizará en las diferentes fases del mismo.

Como este sistema necesita ser alimentado por señales del mundo exterior es necesario contar con la asistencia de elementos, ya sea por sensores, cámaras, etc. Lo cual ha permitido que ciencias como la automatización industrial haya avanzado de forma vertiginosa en las últimas décadas, todo aquello no sería posible sin la utilización de estos elementos de vital importancia.

Por esta razón, la forma en la que el presente proyecto interactuará con el mundo exterior es a través de sensores, los mismos que serán los encargados de tomar las señales externas percibidas y emitirlas al PLC y PC, para que estos de acuerdo a la lógica de programación con la que se implementen actúen recibiendo las temperaturas captadas en el horno para que se active el pegamento adherido en los tacos de los

zapatos con el fin de obtener un automatismo en el proceso de grandes cantidades del producto.

3.6 Propuesta Metodológica para el desarrollo del Proyecto

Para el desarrollo de la parte práctica del proyecto de tesis se propone seguir la Metodología Orientada a Objetos de H.C. Larman, la misma que será adaptada a las necesidades Industriales, esta metodología fomenta la reutilización de componentes y clases existentes, lo que disminuye drásticamente el tiempo y reduce los costos y recursos.

La metodología seleccionada cumple diversas fases de desarrollo, las mismas que se detallan en el siguiente capítulo.

CAPÍTULO IV

DESARROLLO DEL SISTEMA PARA REPRESENTACIÓN DE SEÑALES ANALÓGICAS

4.1 Introducción

En este capítulo se detalla todo el proceso de planificación, diseño, desarrollo y construcción del proyecto Sistema de Representación de Señales Analógicas, el mismo que fue realizado siguiendo la metodología planteada anteriormente, lo cual ha permitido que el proyecto se lo realice de forma rápida y siguiendo las recomendaciones de la automatización industrial con la obtención de excelentes resultados.

Para la elaboración del proyecto se ha destinado mucho tiempo no únicamente al desarrollo de la parte mecánica, sino también al diseño e implementación eléctrica, electrónica, sin dejar de lado la parte informática y de desarrollo de software que es la que más nos interesa.

4.2 Partes constitutivas del Módulo

El horno de activación de pegamento está constituido por tres sistemas principales:

- Sistema mecánico.
- Sistema eléctrico.
- Sistema informático.

4.2.1 Sistema Mecánico

El sistema mecánico consta de las siguientes partes:

- Una sección de metal que constituye el armazón principal del horno.
- Una base de metal.
- Una banda transportadora de lona.
- Dos rodillos de aluminio.
- Cuatro chumaceras.

Básicamente toda la parte mecánica está constituida en su gran mayoría de metal, la base principal que es sobre la cual descansa el armazón mediante la utilización de pernos y tuercas que se fijan entre sí, además la base sobre donde descansa la banda

transportadora también se constituye de metal y está unida al armazón por medio de tres tornillos a cada lado.



Figura N° IV.1. Armazón de lata.



Figura N° IV.2. Banda de lona, chumaceras y rodillos.

4.2.1.1 Especificaciones generales de los materiales usados

Base de metal de 55cm de largo x 35cm de ancho. Esta base es sobre la que descansa todo el sistema.

Armazón principal (figura IV.1) que constituye el horno cuyas medidas son de 49cm de largo x 25cm de ancho.

Banda de lona cuya medida es de 55 cm de largo, esta banda será la encargada de transportar los tacos de un extremo al otro.

La banda transportadora gira gracias a la ayuda de dos cilindros de aluminio, los mismos que están unidos a la base con dos chumaceras a los lados por cada extremo del horno.

4.2.1.2 Montaje del sistema mecánico

Para el montaje del sistema mecánico se utilizó herramientas como llaves para fijar los pernos a la base, taladro para realizar las perforaciones necesarias para la unión de los elementos con la utilización de tuercas y arandelas. La colocación de la banda transportadora se la realiza colocando a cada extremo dos chumaceras, las mismas que están fijadas de forma paralela para poder realizar la acción de transporte de un extremo a otro.

La banda transportadora descansa sobre una base de metal adicional, la misma que va unida al armazón principal por medio de tres tornillos a cada lado del horno, la

colocación de la banda se la efectúa antes de proceder a unir con los tornillos ya que la lata va en medio de la banda y las chumaceras con el fin de tener una base sobre la que descansa el material a ser transportado.

4.2.2 Sistema eléctrico

El sistema eléctrico permite el control del ciclo de operación del horno de activación de pegamento y está compuesto de los siguientes elementos:

- PLC Twido.
- Módulos de ampliación analógica.
- Panel de control con pulsadores encendido/apagado.
- Cable de comunicación
- Termocuplas tipo J.
- PT100.
- Resistencias.
- Ventiladores.
- Motor eléctrico de 24 VDC.
- Relés de control
- Regletas borneras

4.2.2.1 PLC Twido

El PLC es el encargado de realizar las tareas de obtención de los datos de los sensores de temperatura al interior del horno, este se conecta al PC por medio de un cable de enlace de datos por medio del puerto serial.

Twido se constituye de un diseño ultra compacto que está fabricado especialmente para los pequeños sistemas de control. Es flexible, adaptable y asequible, la solución Twido hace fácil de elaborar el control de los procesos de acuerdo a sus necesidades. Twido software ofrece un entorno de desarrollo gráfico para crear, configurar y administrar las solicitudes de los controladores Twido.



Figura N° IV.3. PLC Twido.

El PLC que se está utilizando es el modelo TWDLCAA24DRF, cuyas características son las siguientes:

- Base automática compacta.
- Voltaje de 230 V de CA.
- 14 entradas de 24 V de CC.
- 10 salidas de rele 2A.
- Bloques de terminales de tornillo no extraíble.

4.2.2.2 Módulos de ampliación analógica

Se cuenta con dos módulos de expansión de señales analógicas que corresponden al modelo TM2ALM3LT, cuya función es la de conectar dos termocuplas tipo J y un sensor PT100.



Figura N° IV.4. Módulo de expansión analógica TM2ALM3LT

Especificaciones principales

Número de canales de E/S	2 entradas 2 salidas		Termopar Sonda de temperatura	
Tipo de señal/sensor	Termopar	Sonda de temperatura	Tensión	Corriente
Tipo de entrada	Tipo J, K y T	Pt100/1000 Ni100/1000	0...10 Vcc	4...20 mA
Resolución	12 bits (4096 puntos)			
Tipo de conexión	Bloque de terminales de tornillos extraíbles			

Tabla IV.1. Especificaciones Módulo TM2ALM3LT.

4.2.2.3 Panel de control con pulsadores Encendido/Apagado

El panel de control está ubicado en la parte derecha del horno (figura IV.5), en este se encuentra los elementos de control siguientes:

- Pulsador inicio ciclo automático, permite iniciar el ciclo de operación en modo automático.
- Pulsador de paro del ciclo automático, permite terminar el proceso de operación de forma automática.



Figura N° IV.5. Panel de control

4.2.2.4 Cables de comunicación serial

Establece la comunicación entre los diferentes elementos de entrada que a través de sus señales dan consentimiento para la ejecución del programa en el PLC y la comunicación para la activación de los elementos de salida, (figura IV.6).

El cable en cuestión es el RS-232 (Recommended Standard 232), para el intercambio serie de datos binarios entre un DTE (Equipo terminal de datos) y un DCE (Data Communication Equipment, Equipo de Comunicación de datos), en nuestro caso concreto para la comunicación entre el PLC y el PC.



Figura N° IV.6. Cable Serial RS-232.

4.2.2.5 Termocuplas tipo J

Para la obtención de las temperaturas dentro del horno se utiliza dos termocuplas tipo J, ya que son dispositivos formados por la unión de dos metales distintos que produce un voltaje, que es función de la diferencia de temperatura entre uno de los extremos que se denomina "punto caliente" o unión caliente o de medida y el otro denominado "punto frío" o unión fría o de referencia.

Este tipo de termopar no puede usarse a temperaturas superiores a 760° C ya que una abrupta transformación magnética causa una descalibración permanente. Y en nuestro caso concreto no se utilizan altísimas temperaturas, es por esto que este termopar es la más adecuada ya que tienen un rango de -40° C a +750° C.

En total se utilizan dos termopares tipo J, las mismas que se colocan a los extremos del horno, los termopares captan las temperaturas de las dos resistencias que se hallan colocadas en forma paralela a estas.



Figura N° IV.7. Termocupla Tipo J.

4.2.2.6 PT100

Además de los termopares se utiliza un detector de temperatura resistivo PT100 o RDT (RTD – Resistance Temperature Detector), el cual está basado en la variación de la resistencia de un conductor con la temperatura. Particularmente el PT100 es de material de platino y su medición de temperatura va en el rango de 0° C a 100°C.

El PT100 va colocado en la parte superior del horno justo en la mitad de las dos termocuplas, ya que su forma es distinta porque es más largo y necesita colocarse debidamente para poder captar la temperatura de la resistencia central.



Figura N° IV.8. PT100.

4.2.2.7 Resistencias

Para la generación de calor dentro del horno se dispone de tres resistencias de 24 Voltios, las mismas que van dispuestas en posición paralela a los sensores que son los que captarán la temperatura de estas resistencias. Estas resistencias generan el calor dentro del horno, cuyo objetivo primordial es el de calentar el ambiente para que el pegamento de los tacos de los zapatos se active y se pueda adherir de mejor manera a los zapatos.



Figura N° IV.9. Resistencias.

4.2.2.8 Ventiladores

El horno de activación de pegamento debe contar con un sistema de enfriamiento para mantener un rango de temperatura adecuado para poder calentar los tacos con el pegamento, Siguiendo con la lógica de distribución de los sensores y las resistencias, también en el caso de los ventiladores son tres elementos con los que se cuenta, pero al contrario de los anteriores su ubicación debe ser al frente es decir van colocados en el lado frontal a la posición de las resistencias, con el objetivo de que el aire que emite los ventiladores enfríe las resistencias.



Figura N° IV.10. Ventilador.

4.2.2.9 Motor Eléctrico

Establece el movimiento y el sentido de giro de la banda transportadora a través del sistema de rodillos con las chumaceras,



Figura N° IV.11. Motor de 24V.

4.2.2.10 Relés de control

Estos dispositivos electromecánicos funcionan como un interruptor controlado por un circuito eléctrico en el que, por medio de una bobina y un electroimán, se acciona un juego de uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes.

Estos determinan el encendido o apagado de las resistencias de acuerdo al nivel de temperatura que existe adentro del horno. Para este trabajo se utilizan cuatro relés de 24 voltios.



Figura N° IV.12. Relés de control.

4.2.2.11 Regletas borneras

Es el medio físico de unión entre los diferentes dispositivos, así como también las interfaces de comunicación y los elementos de maniobra, control y salidas.



Figura N° IV.13. Borneras y regletas.

4.2.2.12 Armado y Montaje del Sistema

Una vez armada la parte mecánica y eléctrica se procede al montaje completo con todas las partes que intervienen en el proceso que van a operar el horno de activación, a continuación se detalla el procedimiento de armado:

Puesta a punto del equipo

Al inspeccionar las instalaciones o los sistemas en el momento de ejecutar la puesta a punto del equipo deben tenerse presente que las mismas se encuentren apagadas y tener los cuidados necesarios durante la ejecución.

La puesta a punto toma en cuenta los siguientes objetivos:

- Comprobación de la continuidad de las conexiones eléctricas.
- Medición de voltaje y resistencia mediante dispositivos de medición.
- Verificación de las funciones individuales.
- Verificación de la interacción de funciones conectadas en módulos entrelazados.
- Documentación de los hechos técnicos en forma de registros.

Comprobación de la continuidad de las conexiones eléctricas.

En este punto se debe verificar físicamente y con la ayuda de un multímetro las conexiones tanto de interfaces como borneras y demás elementos de control, asegurando de esta manera la asignación de direcciones correcta de los diferentes circuitos.

Verificación de las funciones individuales

En el horno de activación de pegamento se debe diferenciar claramente las funciones individuales y las funciones entrelazadas. La verificación se debe empezar con los componentes individuales de los grupos en el sistema completo.

Se detallan las acciones a seguir:

- Constatar la activación de entradas y salidas en el PLC.
- Comprobar la activación de los sensores de temperatura (PT100 y termopares).
- Comprobar la activación de los sensores.
- Funcionamiento del panel de encendido/apagado.
- Identificar los sentidos de giro del motor y funcionamiento del mismo, mediante la medición del valor de corriente y voltaje.
- Verificación del sistema eléctrico, activación manual de los relés.
- Revisión de cables.

Detección y eliminación de fallas

Acorde a la realidad de las máquinas y sistemas reales se toma en cuenta la posibilidad de introducir y simular fallas de acuerdo a los siguientes parámetros

- Detección de fallas en la maquinaria y en las unidades de producción.
- Idealización de las fallas mediante percepción con sensores o dispositivos de diagnóstico.

- Localización de fallas tomando en consideración las interfaces entre los módulos mecánicos y eléctricos.
- Examinar las posibles causas de cualquier interferencia o falla.
- Eliminación de la interferencia y fallas mediante reparación o cambio de partes.

Se verifica el proceso de armado y ensamblado del horno con las siguientes figuras:

- Posición A (sensores y resistencias)
- Posición B (Ventiladores)
- Posición C (vista superior del horno)
- Posición D (parte interior del horno)
- Posición E (banda transportadora)

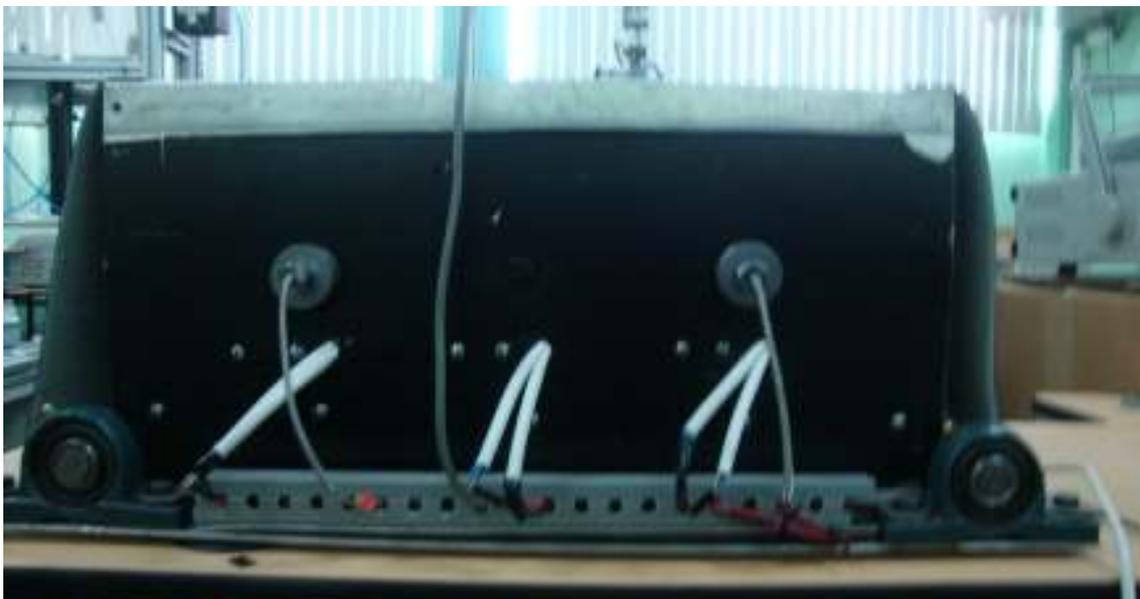


Figura N° IV.14. Vista posición A.



Figura N° IV.15. Vista posición B.

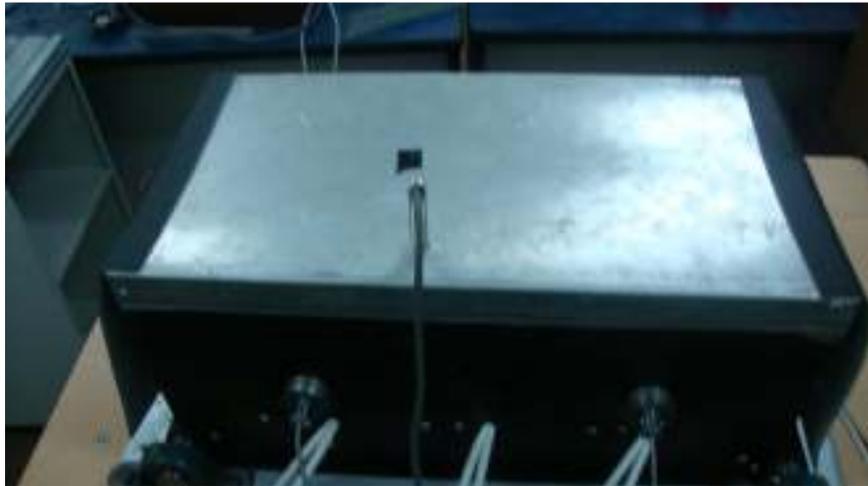


Figura N° IV.16. Vista posición C.



Figura N° IV.17. Vista posición D.



Figura N° IV.18. Vista posición E.

4.2.2.13 Diseño del Sistema Eléctrico

El diseño del sistema eléctrico está compuesta por una bornera a la cual se conectan los distintos módulos como son PLC, Módulos de expansión, Banda Transportadora, los cables utilizados para la conexión fueron construidos utilizando un cable UTP y cables eléctricos para soportar el voltaje adecuado.

El diseño eléctrico esta marcado para las Entradas y Salidas con las que cuenta el PLC Telemecanique TWDLCAA24DRF, el cual tiene 14 entradas y 10 salidas. Adicionalmente se añadió dos módulos de expansión TM2ALM3LT con 2 entradas y 2 salidas.

Aquí se muestra el esquema principal del Cableado Eléctrico.

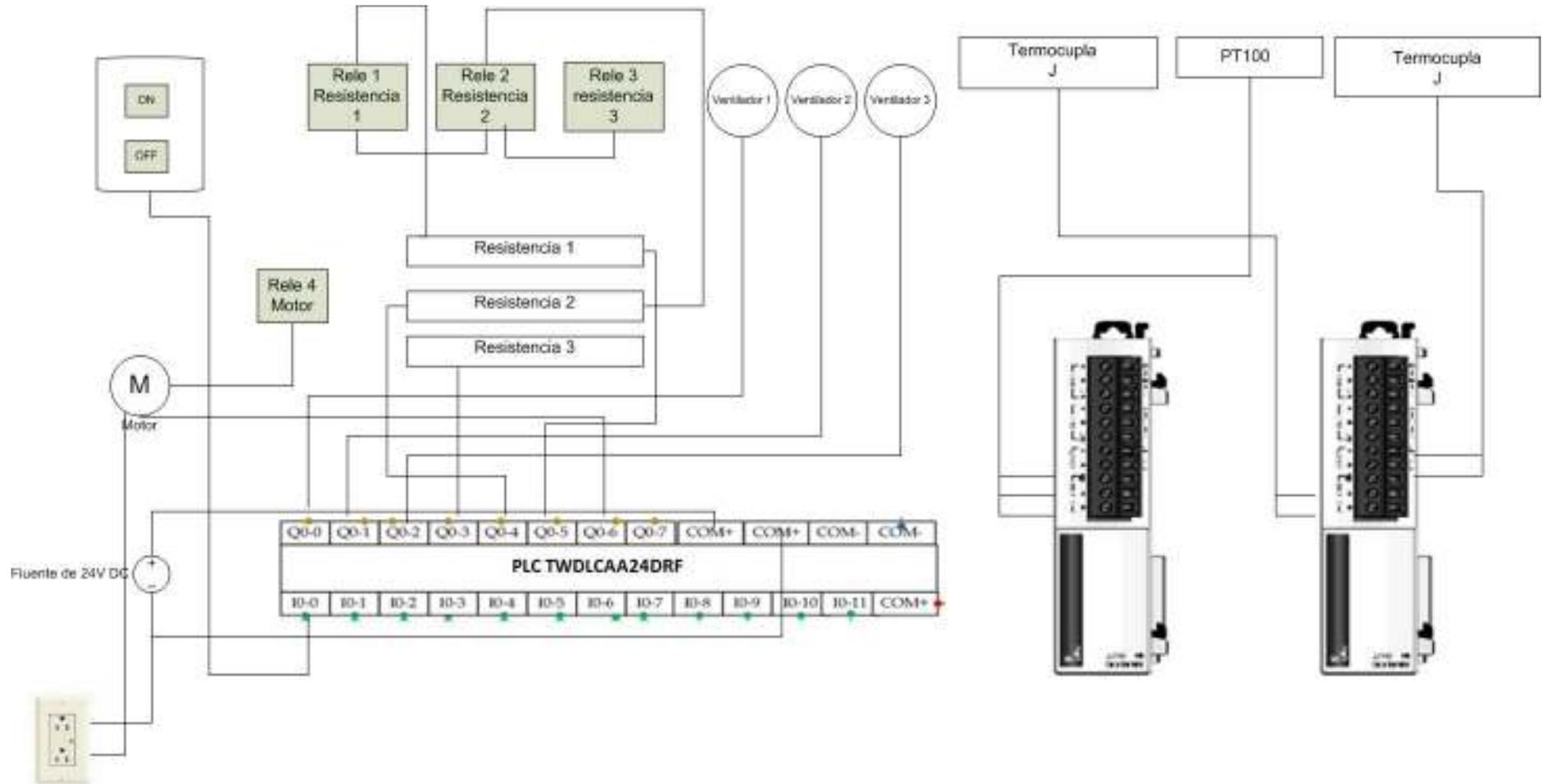


Figura N° IV.19. Diseño Eléctrico del Horno.

4.2.3 Sistema Informático

Para la implementación de la parte informática se requiere del análisis, diseño y especificación de requerimientos Software, para este análisis se utiliza la metodología de Craig Larman, a continuación se realiza este análisis.

4.3 Ingeniería de la Información

4.3.1 Definición del Ámbito

Antecedentes

El sistema SCADA de control y monitoreo del horno de activación de pegamento será implementado en el Laboratorio de Automatización Industrial que se encuentra en la Escuela de Ingeniería en Sistemas (EIS), cuyo objetivo principal es el de impartir conocimientos referentes a la automatización industrial a los estudiantes de la escuela y realizar prácticas reales sobre dispositivos industriales.

Actualmente el Laboratorio de Automatización cuenta con los siguientes recursos:

Recurso Humano

Ing. Marco Viteri

Recursos Hardware

Existen en total diez computadoras en el Laboratorio de Automatización (EIS).

Recurso Software

Para la programación y control de equipos el Laboratorio de Automatización (EIS) cuenta con diversos recursos software, entre los que se pueden mencionar los siguientes:

- Microsoft XP Profesional
- Labview 7.1
- TwidoSoft 3.1
- TwidoSuite 2.2
- Lookout 4.5

Funcionalidad del Sistema Propuesto

Definición del problema

El Laboratorio de Automatización (EIS) necesita implementar un sistema didáctico para la representación, monitoreo y control de señales analógicas implementadas con PLC y software para la comunicación y configuración, de una forma eficaz y sencilla.

Definición de la alternativa de solución

Desarrollaremos un prototipo de horno a escala con la utilización de diferentes materiales que interactúen entre sí para lograr el correcto funcionamiento y así poder dejar un sistema totalmente funcionando y que sea didáctico en el laboratorio de Automatización Industrial (EIS). Para realizar la comunicación entre el PC y el PLC Twido, se debe utilizar un cable de datos RS232 que se conecta al puerto serial del PC.

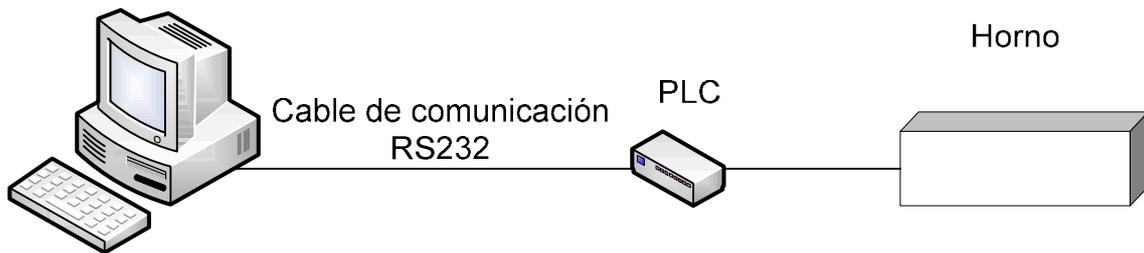


Figura N° IV.20. Comunicación a través del puerto de comunicación.

Definición del Caso de Uso General

El Laboratorio de Automatización Industrial (EIS) como parte de su infraestructura tecnológica posee varios módulos o piezas para aportar al proceso de producción industrial, sin embargo en nuestro caso el horno de activación de pegamento no se fusionará con otro módulo existente sino mas bien actuará como una unidad independiente del resto de equipos.

Para el ensamblado del horno se procedió al armado del armazón del horno, el mismo que está construido con material de latón cuyas medidas son de 49cm de largo x 25cm de ancho x 24cm de alto, la banda transportadora fue fabricada en material de lona el mismo que sirve para el traslado de los tacos de caucho, que es el material que se empleará para la activación del pegamento siguiendo un rango de temperatura que es de 22 a 25 grados centígrados.

Se utiliza dos termocuplas tipo j y un PT100 para el control de la temperatura, tres relés para accionar las resistencias que son las encargadas de calentar el horno. El proceso de

calentamiento de los tacos se acciona al pasar por la banda transportadora los tacos con pegamento, estos se van calentando con la temperatura que emite el horno que va en un grado de 23° a 26° grados centígrados, si llega a una temperatura menor a 22° se accionarán automáticamente las resistencias que calentarán el horno, y si es mayor a 26 se encenderán los ventiladores para iniciar el proceso de enfriamiento hasta llegar a la temperatura promedio, todo este proceso se repite a medida que se van ingresando los tacos.

4.3.2 Planificación y Análisis de Riesgos

Categorización de Riesgos

Para optimizar la gestión de riesgos que amenazan a nuestro sistema se tomará en cuenta una estrategia de gestión de riesgos 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.
- Valoración de la probabilidad y el impacto
- Establecer una prioridad según su importancia

En la siguiente tabla se detallan algunos de los riesgos reales que pueden surgir durante el desarrollo del proyecto de tesis y afectar a la planificación previamente planteada:

Riesgos	Muy poco probable	Probable	Muy Probable
Falta de recursos económicos			x
Falla de equipos		x	
Perdida de datos			X

Tabla IV.2. Categorización de riesgos.

Plan de Contingencia

Falta de recursos económicos: Este riesgo puede llegar a existir debido a que el costo de los equipos a adquirir necesarios para el desarrollo sea excesivamente alto, a causa del costo excesivo de los impuestos de importación o aduanas, ya que estos equipos son importados.

Falla de equipos: Se debe tener los equipos con una conexión con UPS por si existen fallas de energía eléctrica y desconectar la fuente de poder de los equipos.

Pérdida de datos: La pérdida de datos pueden surgir debido a una mala administración de la base de datos, además se deben tener equipos especializados para el uso en automatización industrial.

4.4 Especificación de Requerimientos (SRS)

Introducción

La especificación de requerimientos es la parte más primordial del desarrollo del proyecto, debido a que en este punto se describen los requisitos que debe cumplir el sistema.

Propósito

Por medio del SRS se pretende presentar una visión detallada de los requerimientos software necesario para el desarrollo de una aplicación que permita efectuar la adquisición, manejo, control y monitoreo del proceso.

Alcance

El sistema propuesto es una aplicación SCADA, es decir es un sistema de adquisición, control y monitoreo de datos cuyo principio es el de una aplicación cliente / servidor que hace posible el monitoreo de un equipo mecatrónico usando en el horno de activación de pegamento.

La adquisición de los datos está a cargo de tres sensores, dos termocuplas tipo J y un sensor PT100. El control se lo representa con el traslado de los tacos por medio de la banda transportadora que se acciona cada cierto intervalo de tiempo entre cada taco que se ingrese al horno. Así también el sistema de enfriamiento está representado por tres

ventiladores. Finalmente el monitoreo se lo hace a las temperaturas que fluctúan dentro del horno, con el fin de establecer el correcto funcionamiento del sistema.

Perspectiva General del Producto

La aplicación a desarrollarse utilizará la tecnología de comunicación serial entre el PC y el PLC para realizar las tareas de un sistema SCADA que se utilizará en la presente tesis.

Funciones del producto

Las funciones que el producto software realizará es la siguiente:

Monitoreo: El sistema permitirá realizar el monitoreo del Módulo Ensamblador de Partes si existe alguna falla en el proceso de producción, utilizando para su comunicación la tecnología Bluetooth.

Características del usuario

El sistema está dirigido exclusivamente para usuarios de Tipo Administrador, los cuales tienen la capacidad de realizar el control del equipo y esté en capacidad de tomar decisiones y ejecutarlas.

Restricciones

a) Políticas Reguladoras

El sistema se implementará de acuerdo a las necesidades y estatutos del Laboratorio de Automatización (EIS) de la ESPOCH.

b) Limitaciones de Hardware

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

Equipos de Control

El sistema de control está compuesto por los equipos que se detallan a continuación.

Especificaciones Técnicas del equipo de control	
Equipo	Características
Estación de trabajo	Computador Intel Pentium IV Procesador de 3.2 GB 1 GB de RAM, 120 Gb de Disco Duro Monitor digital Sansung 15" Teclado y Mouse
PLC Twido	Marca Scheneider Telemecanique Voltaje de 230 V de CA 14 entradas de 24 V de CC 10 salidas de relé Bloques de terminales de tornillo no extraíble

Tabla IV.3. Especificación Técnica del Equipo.

Red de Comunicaciones

El sistema de comunicaciones permitirá el intercambio de información entre todos los dispositivos de control que están acoplados al horno:

Esta comunicación se realizará por medio de la tecnología serial para realizar el monitoreo del sistema de activación de pegamento, la comunicación se lo realizara de la siguiente manera: el PLC Twido está conectado con los módulos de expansión, los cuales captan los datos de las temperaturas de los termopares, el PLC a su vez tiene las salidas de las resistencias y de los ventiladores para accionar el sistema automáticamente. El PLC se comunica con el PC o equipo de control por medio de un Cable Serial RS-232.

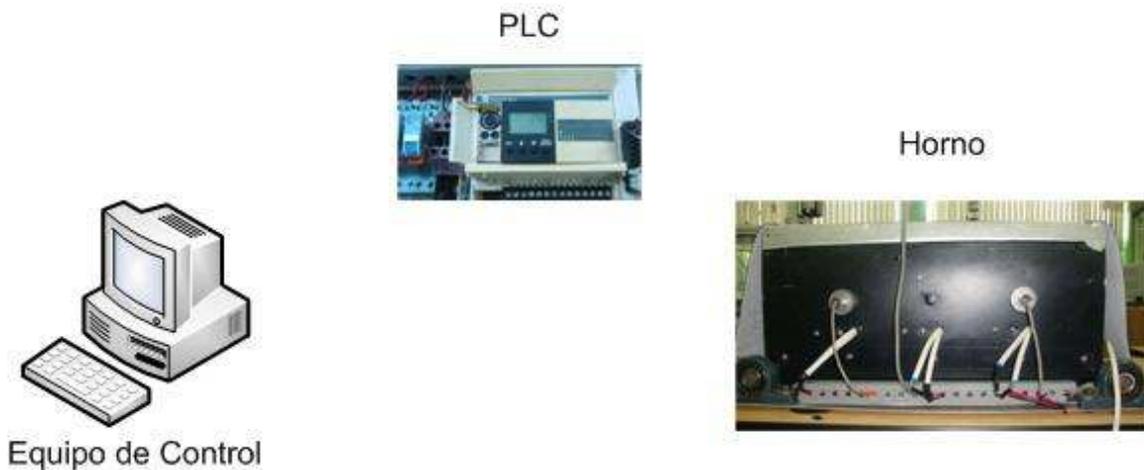


Figura N° IV.21. Arquitectura del Sistema.

c) Otras limitaciones.

- El desarrollador debe dejar correctamente funcionando el software, para ello es necesario hacer pruebas iniciales que demuestren el trabajo del mismo.
- El sistema requiere que este instalado previamente el lenguaje de programación Twido Suite 2.2 o superior, para realizar el programa para el PLC Twido, también se debe tener instalado Intouch 10 para realizar el monitoreo.

Requisitos específicos

a) Requisitos funcionales

En la automatización de este Sistema se contará con la siguiente función:

- El sistema permitirá realizar el monitoreo del Horno de activación de Pegamento por medio de un sistema SCADA.

REQUISITO FUNCIONAL 1	
Función:	Monitoreo
Entradas:	✓ Estado Inicial del equipo ✓ Acción a realizar
Procesos:	Mediante el la implementación de un sistema SCADA se podrá realizar el monitoreo del horno de activación de pegamento.
Salida	Estado final del equipo.

Tabla IV.4. Especificación Técnica del Equipo.

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 que un operario administrador realiza el control y monitoreo del horno.

b) Seguridad

Para garantizar la seguridad del software de accesos maliciosos, o dañinos etc., estará habilitado únicamente para dispositivos registrados.

c) Portabilidad / Conversión

El sistema podrá ser utilizado únicamente en equipos que este instalado el software de monitoreo y que se encuentre configurado para la comunicación con el protocolo Modbus Serial.

d) Precaución

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

Precauciones Lógicas: adicionalmente de los niveles de seguridad que el motor de base de datos ofrece, se implementarán contraseñas para garantizar la confiabilidad de los usuarios del sistema.

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.

4.5 Análisis orientado a Objetos

4.5.1 Definición del caso de uso esenciales en formato expandido

Los Casos de Uso nos ayudarán a describir la secuencia de eventos de un usuario cuando utiliza un sistema de monitoreo. Más fácilmente es una forma de graficar o ilustrar la forma en que se usa un determinado sistema por parte de los actores que intervienen en el mismo.

Los casos de uso que se consideren los más importantes y los que más influyen al resto, se describen a un nivel más detallado: en el formato expandido.

CASO DE USO : Monitoreo del Sistema del Horno de activación de pegamento	
Operaciones de control	
Actores:	Administrador
Propósito:	Realizar el monitoreo del sistema del horno de activación de pegamento.
Tipo:	Primario esencial
CURSO TIPICO DE EVENTOS:	
Acciones del Actor	Respuesta del Sistema
a) Ingresa al sistema	Verifica el password.
b) Ejecuta el sistema	Habilita comunicación
	Almacena los datos
c) Monitorea	

Tabla IV.5. Caso de Uso operación de monitoreo y control.

4.5.2 Definición del Diagrama de Caso de Uso

Caso de Uso Operación de control y monitoreo.



Figura N° IV.22. Caso de Uso.

4.5.3 Modelo Conceptual

Como una acción esencial e importante es la de descomponer el problema en conceptos u objetos individuales. Un modelo conceptual es una representación de los conceptos en un dominio del problema.

La creación de un modelo ofrece una ventaja significativa como la de subrayar fuertemente una concentración en los conceptos del dominio, no en las entidades del software.

4.5.4 Glosario de Términos

Los términos que se define a continuación son los que se emplean con más frecuencia durante el desarrollo del proyecto.

- Administrador: Es el persona u operario que ocupa directamente el sistema.
- SCADA: Es el sistema de adquisición, control y supervisión de datos.
- PLC: Control Lógico programable.
- Sensor: dispositivo o mecanismo que interpreta las señales y las procesa como información.

4.5.5 Diagrama de Secuencia

El diagrama de secuencia describe el curso particular que sigue los eventos del o los casos de uso del sistema, donde cada actor interviene directamente con el sistema, y los sucesos que se generan a causa de ello.

A continuación se describe el proceso de interacción del sistema con el usuario:

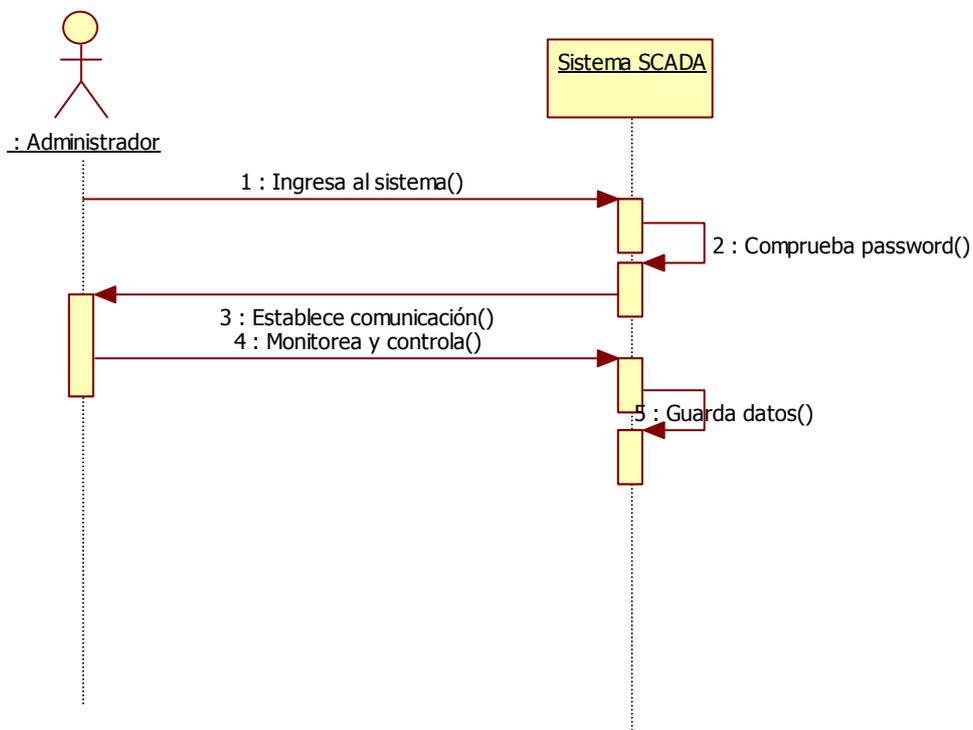


Figura N° IV.23. Diagrama de secuencia.

4.5.6 Contratos de operación

Los contratos de operación describen el propósito primordial y lo que se espera de los procesos a ejecutarse en el sistema, poniendo más interés en lo que va a realizar en cada operación sin detallar como se lo hará. Los contratos de operación ayudan a describir

los cambios en todos los estados por los que pasa un determinado sistema cuando un agente o evento externo invoca una operación determinada.

CONTRATO DE OPERACIÓN.	
Nombre	Operación de control y monitoreo.
Responsabilidades	Permitir al Administrador efectuar un control monitorizado entre el PC y e PLC mediante la aplicación SCADA implementada para el horno de activación de pegamento.
Referencias cruzadas	Ninguna
Excepciones	Si el usuario tiene que saber cómo funciona el programa para poder manejar.
Notas	
Pre condiciones	El Administrador debe ejecutar el programa para que se ejecute el monitoreo y simulación del proceso.
Post condiciones	El sistema debe enviar comandos de control y almacenar los datos.

Tabla IV.6. Contrato de operación de monitoreo y control.

4.5.7 Diagrama de Estados

El diagrama de estado describe los estados por el cual atraviesa un caso de uso o una determinada clase con la acción de los diferentes eventos que se involucran en el funcionamiento del sistema.

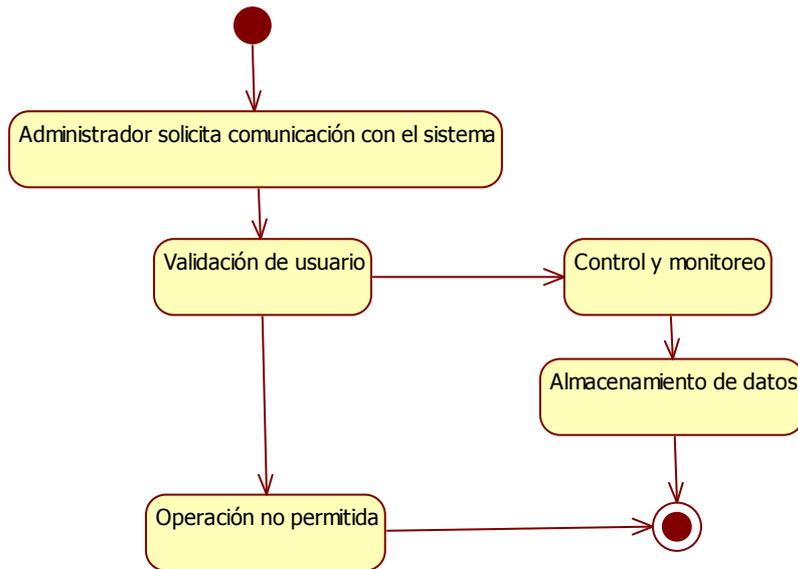


Figura N° IV.24. Diagrama de estados.

4.5.8 Diagrama de Clases

El diagrama de clases muestra las clases que intervienen en el sistema para poder establecer las dependencias y tipos de datos a utilizarse para el almacenamiento de los datos.

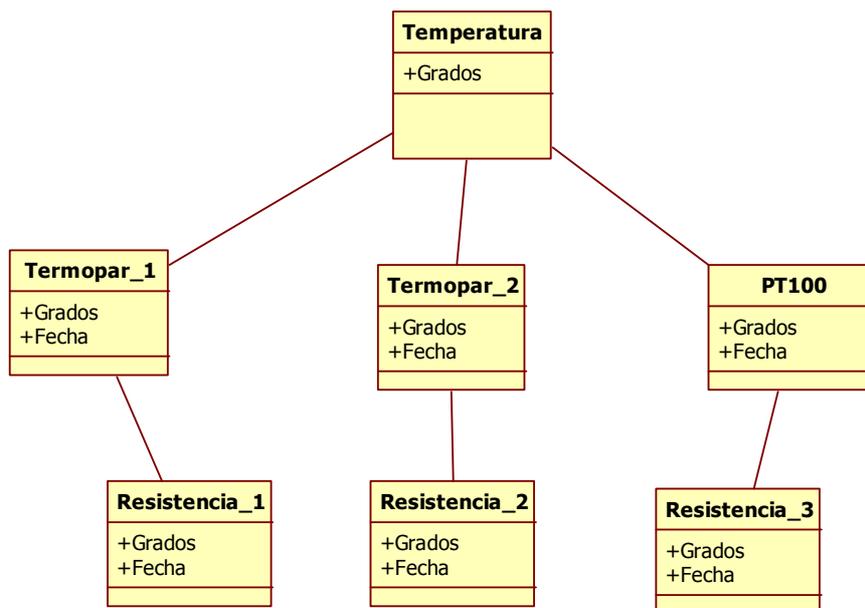


Figura N° IV.25. Diagrama de Clases.

4.6 Diseño Orientado a Objetos

4.6.1 Casos de uso reales

Los casos de uso reales describen ya en manera más real y específica el caso de uso, según la tecnología concreta de entrada y salida y su implementación en el sistema que se pretende realizar.

CASO DE USO 1:	
Operaciones de control y monitoreo	
Actores:	Administrador
Propósito:	Realizar el control y monitoreo del sistema propuesto para el horno.
Tipo:	Primario real
CURSO TIPICO DE EVENTOS:	
Acciones del Actor	Respuesta del Sistema
a) El Administrador ingresa al sistema, monitorea y acciona las tareas de control del horno.	b) El sistema establece comunicación entre el PC y el PLC Twido una vez que el usuario se ha identificado.
	c) Envía comandos de control y opciones.
d) El administrador realiza el seguimiento del proceso.	e) Guarda los datos.

Tabla IV.7. Caso de uso real Monitoreo y Control.

Caso de uso real. Operación de control y monitoreo.

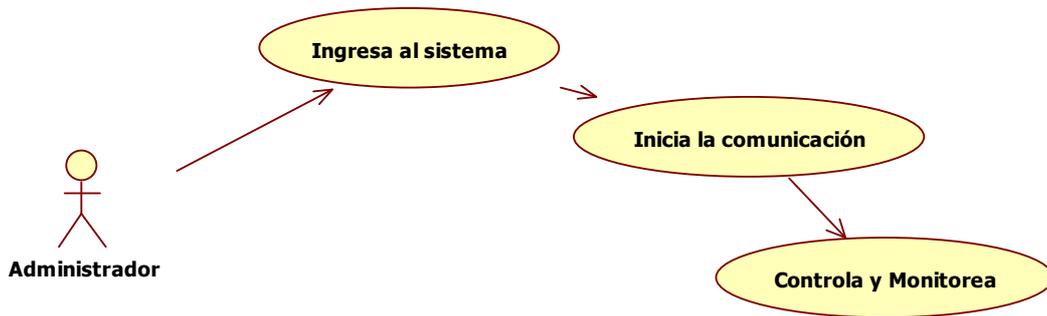


Figura N° IV.26. Caso de uso real.

4.6.2 Diagramas de Interacción

Diagrama de colaboración

Este diagrama desempeña un lugar significativo en el desarrollo del diseño del proyecto por su expresividad y simpleza en el diseño.

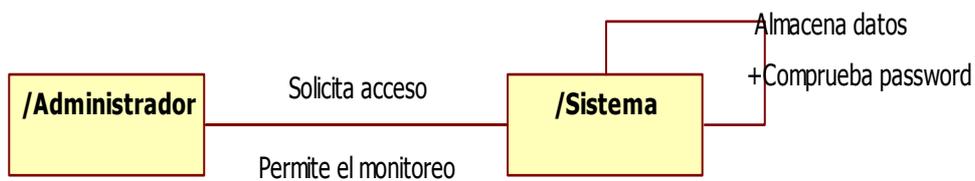


Figura N° IV.27. Diagrama de colaboración.

4.6.3 Arquitectura del Sistema

Diagrama de Componentes

Este diagrama permite visualizar los principales componentes de la aplicación.

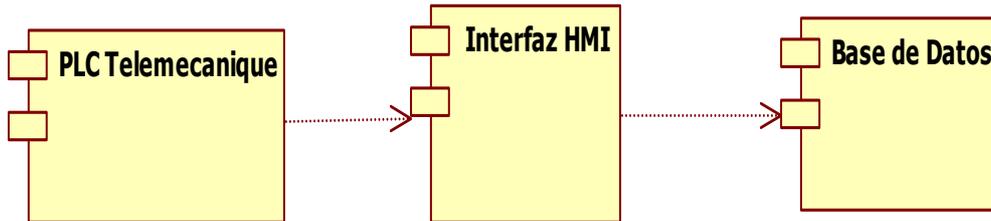


Figura N° IV.28. Diagrama de componentes

Diagrama de Despliegue

En esta etapa se determina la estructura que ha tomado la aplicación mediante niveles o paquetes que representen a los equipos que intervienen en todo el proceso.

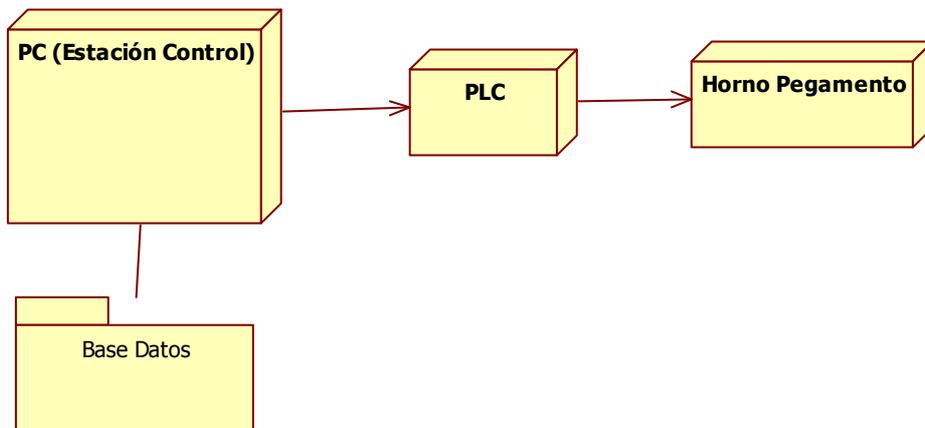


Figura N° IV.29. Diagrama de despliegue.

4.7 Fase de Implementación

Luego de haber establecido el modelado el sistema, se procede a la configuración e implementación de la aplicación. En esta fase se realiza el sistema SCADA para la representación de las señales, utilizando equipos mecatrónicos como PLC y otros módulos de comunicación y software para la programación como Twido Suite V2.2 y Wonderware Intouch 10 para el control y monitoreo.

4.7.1 Proceso de Configuración para la comunicación PC con PLC

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

Dirección	Comentario
%I0.0	Start
%IW1.1	RTD
%IW2.0	Termocupla 1
%IW2.1	Termocupla 2

Tabla IV.8. Disposición de las Entradas.

Dirección	Comentario
%Q0.0	Ventilador de la Izquierda
%Q0.1	Ventilador de la Mitad
%Q0.2	Ventilador de la Derecha
%Q0.3	Resistencia de la Derecha
%Q0.4	Resistencia de la Mitad
%Q0.5	Resistencia de la Izquierda
%Q0.6	Banda transportadora

Tabla IV.9. Disposición de las Salidas.

Una vez efectuado la disposición de las entradas y las salidas que se utilizan en el desarrollo del proceso de automatización del horno de activación se procede a su implementación, a continuación se encuentra el programa que hará que funcione.

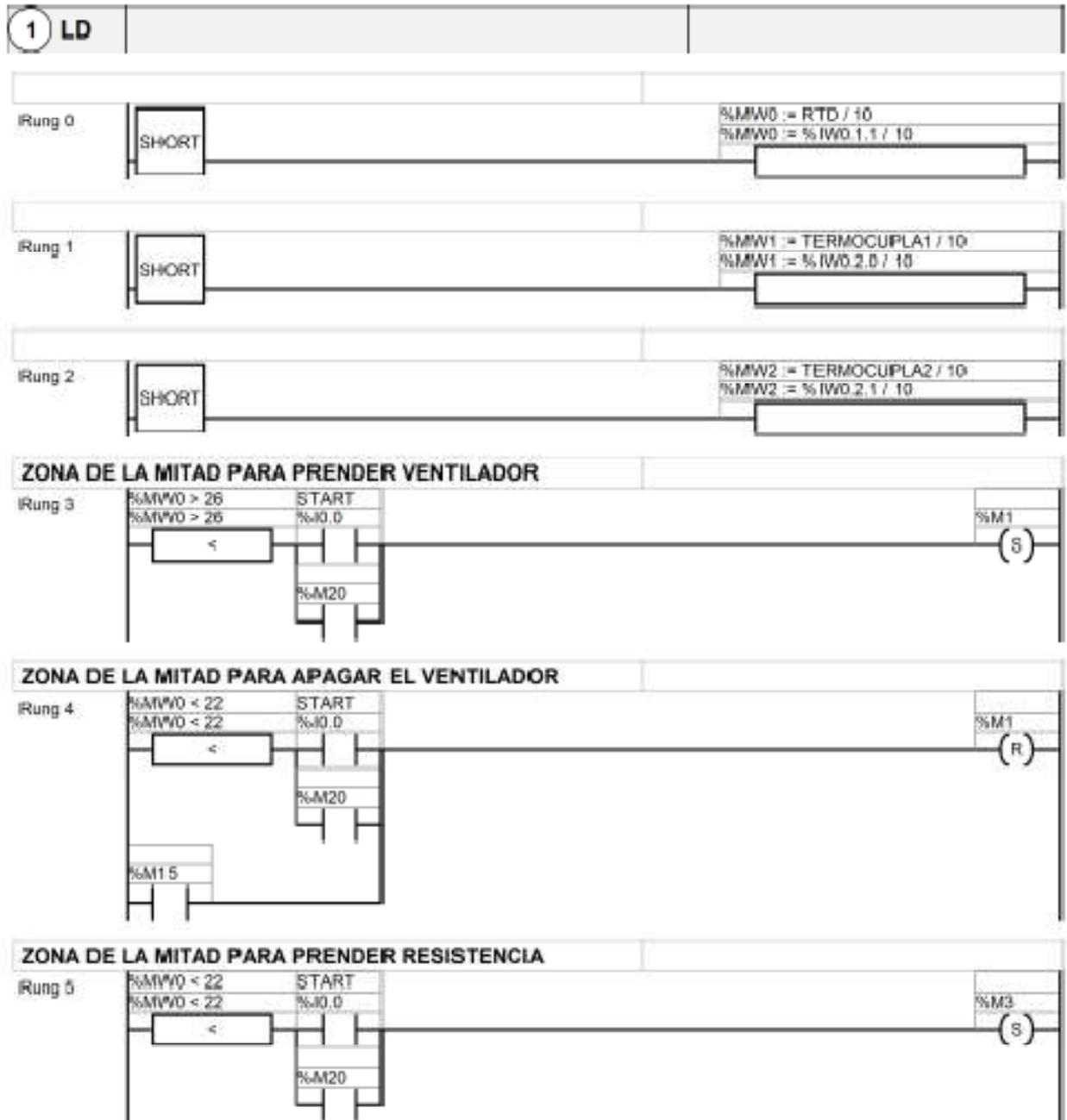


Figura N° IV.30. Diagrama Ladder.

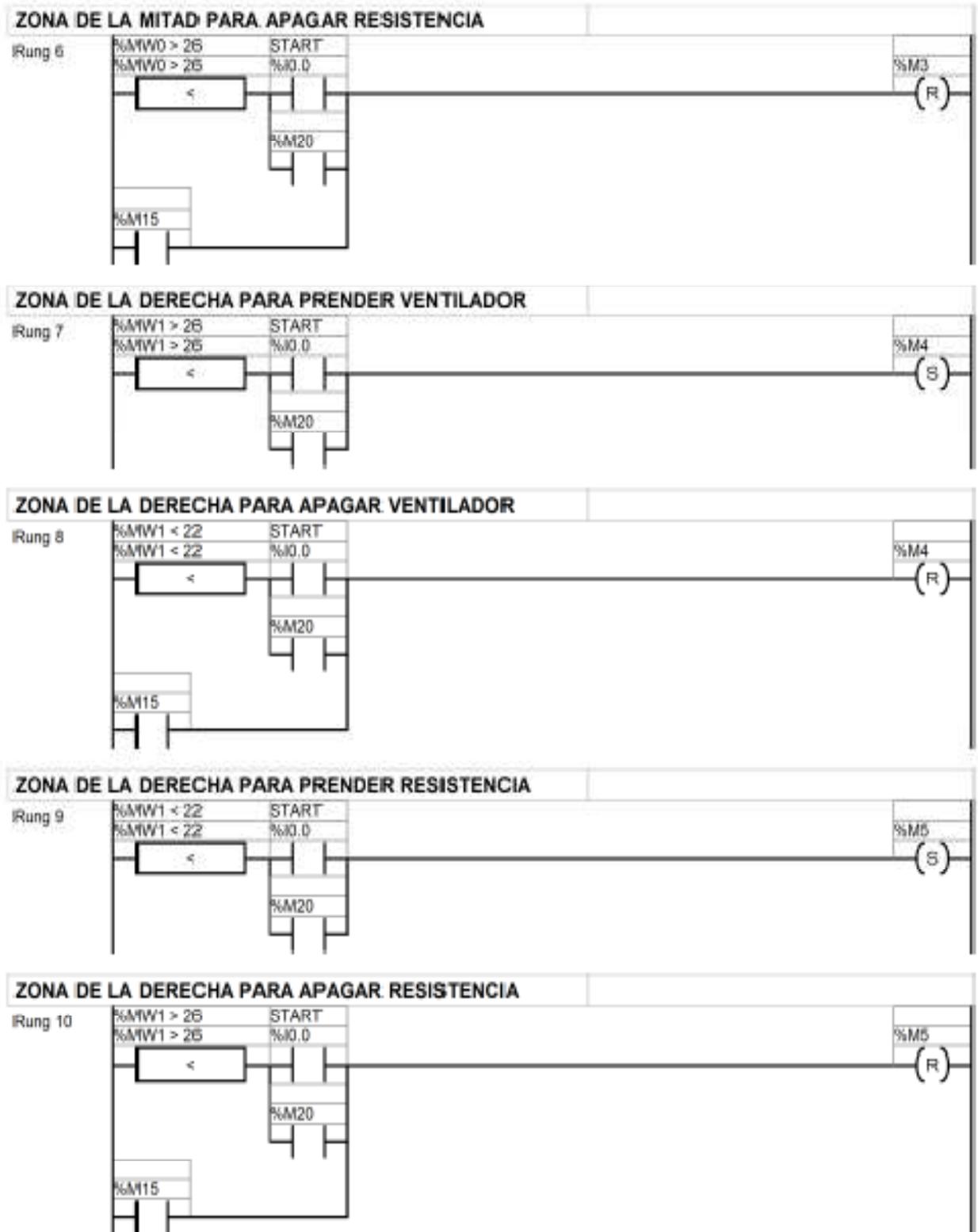


Figura N° IV.30. Diagrama Ladder.

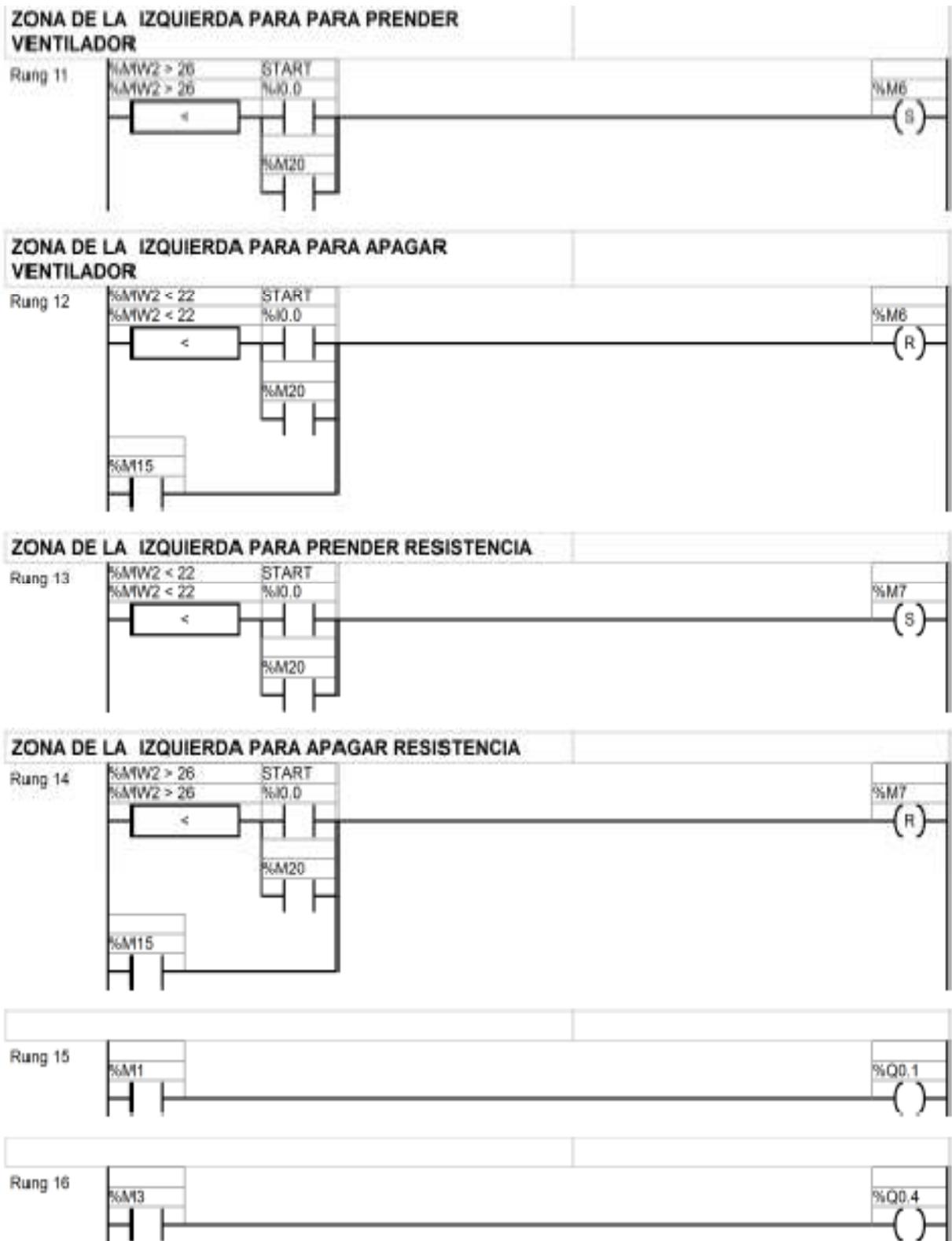


Figura N° IV.30. Diagrama Ladder.

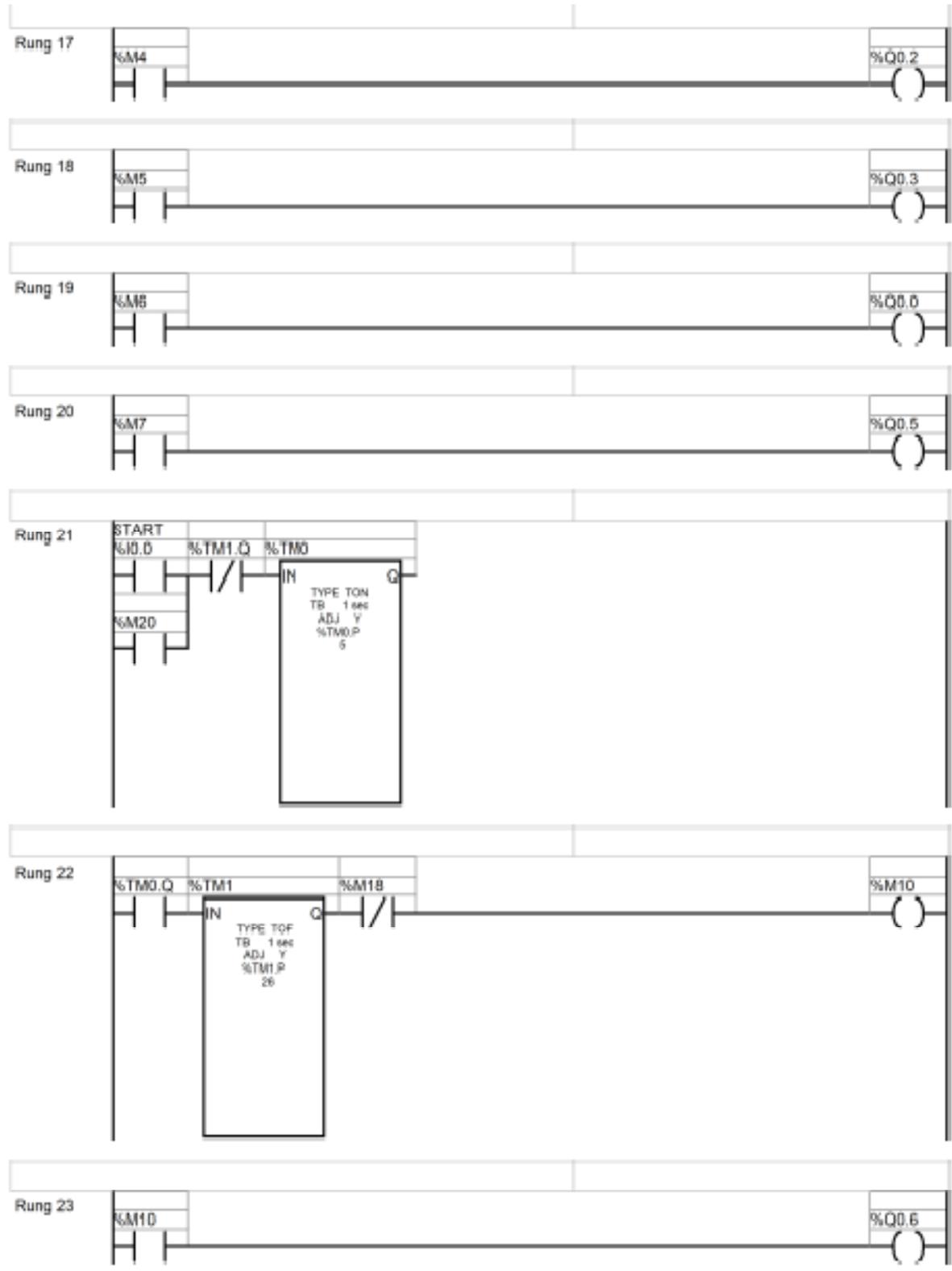


Figura N° IV.30. Diagrama Ladder.

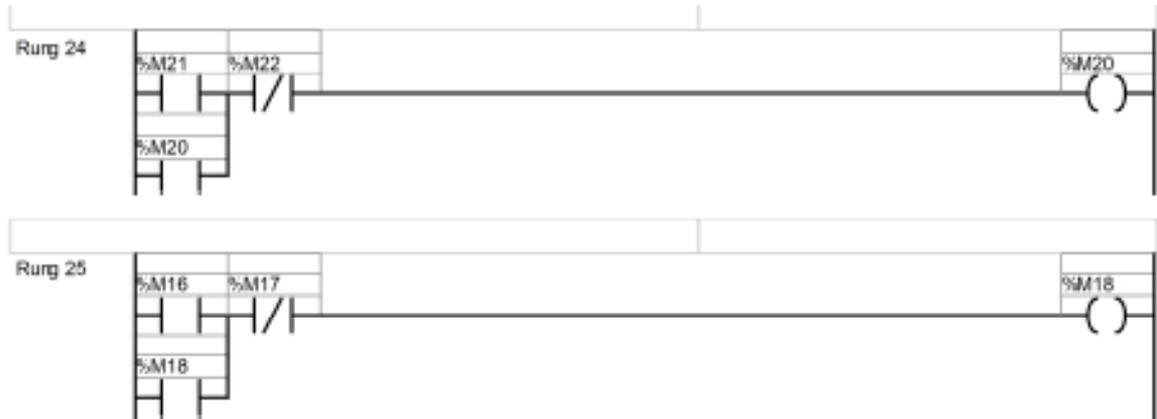


Figura N° IV.30. Diagrama Ladder.

4.7.2 Monitoreo del Sistema en Wonderware Intouch 10

Configuración del Modbus Serial

Para establecer la comunicación entre el PLC Telemecanique y el PC (Equipo de Control), se necesita configurar el aplicativo Modbus de la siguiente manera:

- Clic en Inicio
- Todos los programas
- Wonderware Factory Suite
- IOServers
- Modbus Modicom.



Figura N° IV.31. Aplicación Modbus Serial.

Se deben configurar los parámetros de la conexión vía puerto serial, para esto se da clic en Configura del menú principal y se asigna tal como se muestra a continuación:

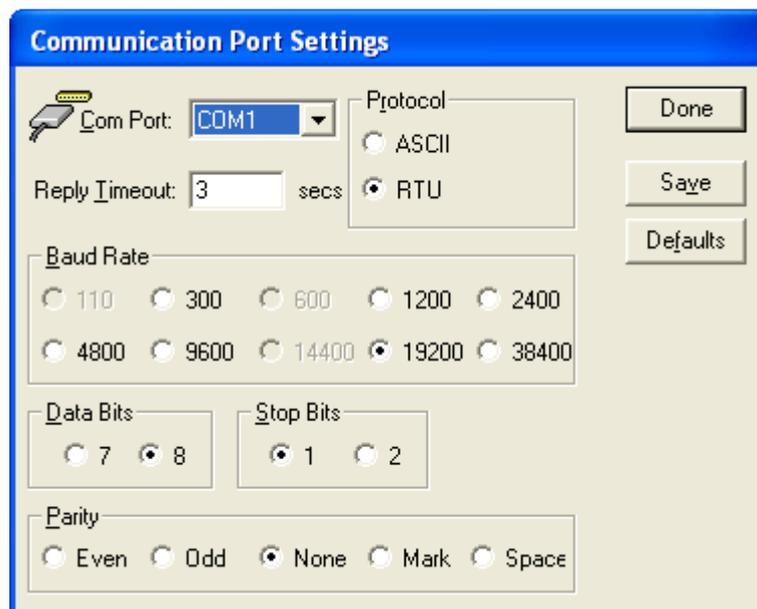


Figura N° IV.32. Configuración puerto de comunicación.

Para la comunicación con el software Intouch se debe definir el **Topic Name** con el que se relacionara el PLC y la aplicación, en este caso concreto lo llamaremos PLC1.

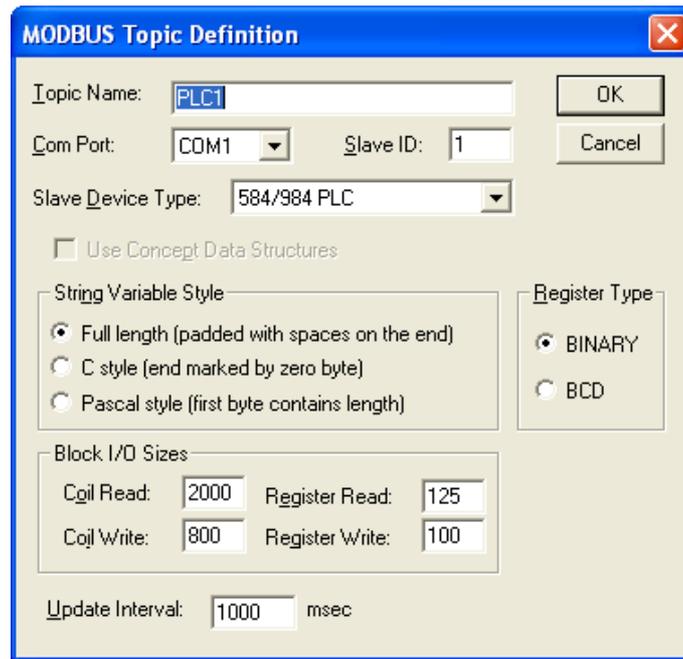


Figura N° IV.33. Configuración Topic Name.

Finalmente se define la configuración del servidor de la aplicación.

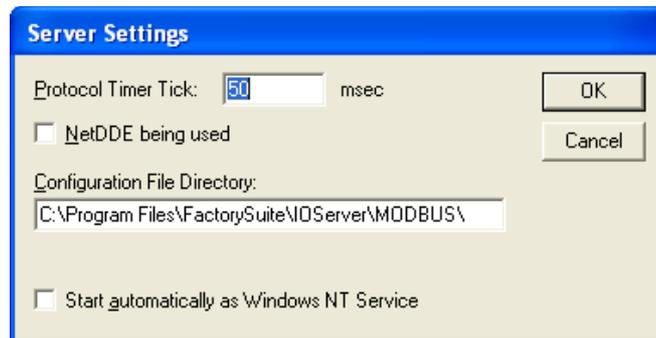


Figura N° IV.34. Configuración Servidor.

Una vez configurados de manera correcta el IO Server y el Topic Name se debe establecer la comunicación al PLC mediante el Access Name donde se ingresara los siguientes parámetros:

- Acces: PLC1
- Application Name: MODBUS
- TOPIC NAME: PLC1

Se puede observar claramente que todos los parámetros ingresados son los que anteriormente fueron configurados.

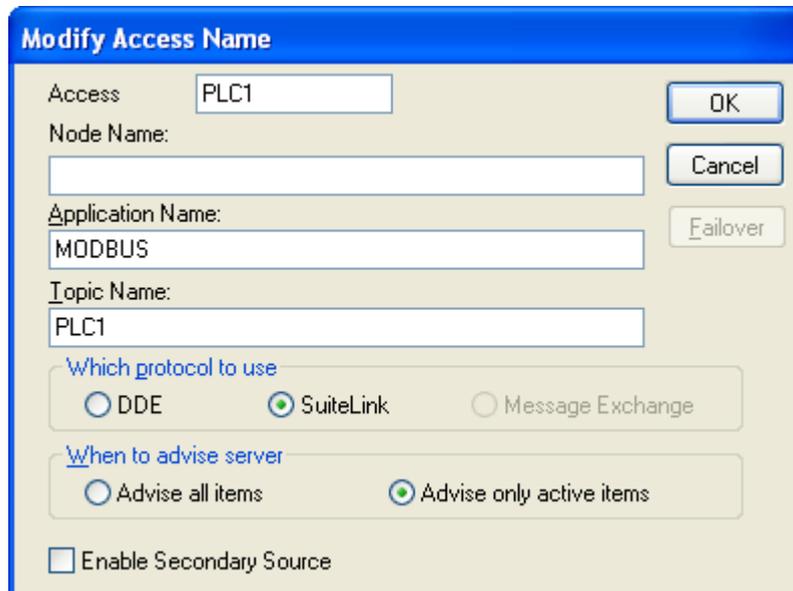


Figura N° IV.35. Configuración Access Name.

Finalmente nuestro Access Name (PLC1) ya se puede visualizar con lo cual se lo seleccionará y se cerrará la ventana de comunicación.

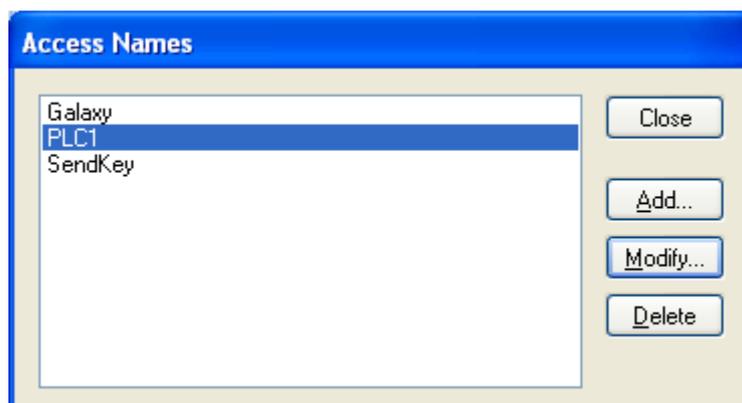


Figura N° IV.36. Selección del Access Name.

Para poder crear la comunicación entre los dispositivos físicos del sistema con INTOUCH, se los realizará a través del ingreso de memorias para lo cual hemos utilizado las siguientes memorias:

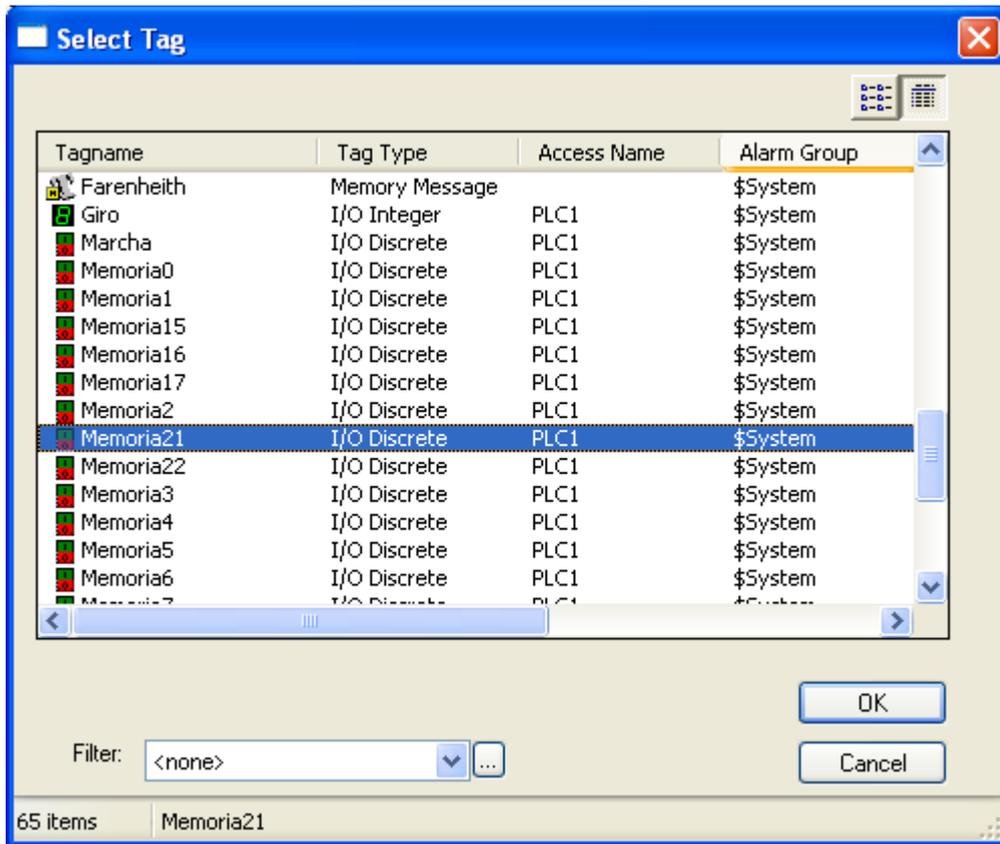


Figura N° IV.37. Tag Names creados.

La configuración de las memorias se las deberá realizar tomando en cuenta que se deberá tomar datos de entrada desde el PLC y se deberá mandar datos de salida hacia el PLC, tomando en cuenta esta consideración se deberá utilizar lo siguiente:

- Cuando se adquiera datos de entrada desde el PLC a las memorias se las configurará en el Tagname Dictionary con un valor aumentado en 1 tomando la serie de 10000 en adelante para las memorias.

- Cuando se envíe datos de salida hacia el PLC a las memorias se las configurará en el Tagname Dictionary con un valor aumentado en 1 sin tomar en cuenta ninguna serie para las memorias.

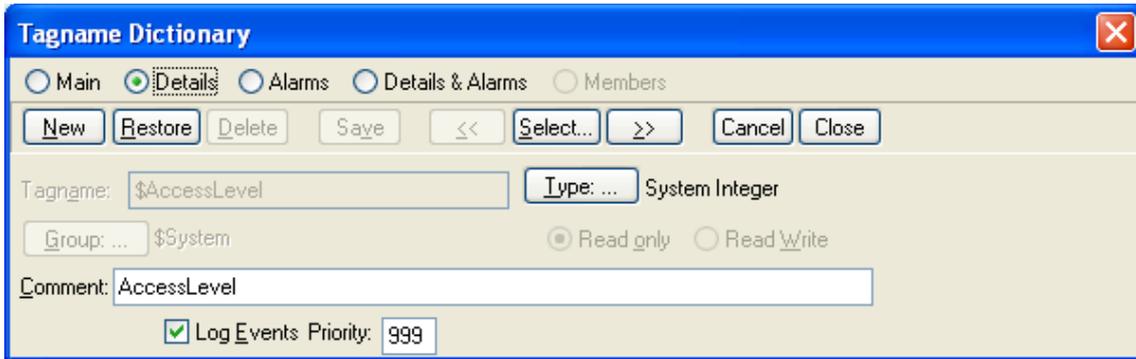


Figura N° IV.38. Diccionario de Tag Names.

En esta figura se puede observar la configuración de la Memoria0 de tipo I/O Discrete de solo escritura con lo cual se está estableciendo la comunicación con el Ventilador Izquierdo de nuestro sistema.

Todas las memorias que adquieren datos desde el PLC a nuestro ordenador son del tipo Integer con lo cual obligatoriamente se deberá enlazar con nuestro respectivo Access Name PLC1 para la adquisición correcta de los datos de entrada.

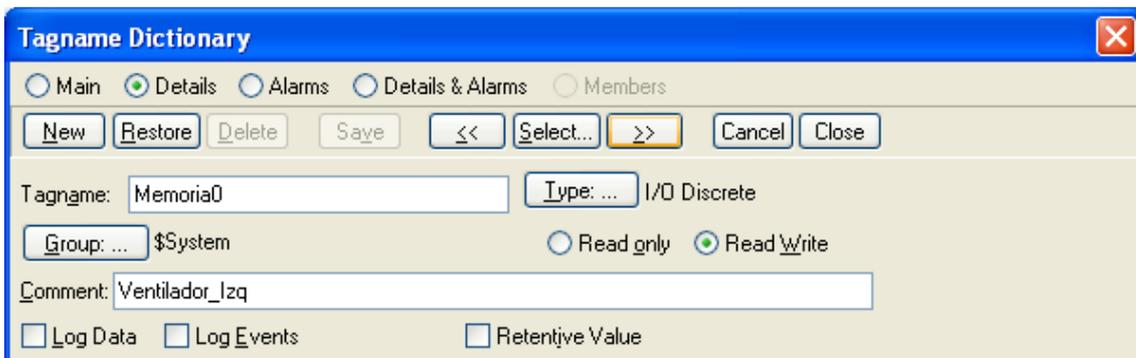


Figura N° IV.39. Ejemplo de Tag Name creado.

Para poder enlazar los gráficos creados dentro del Windows con sus respectivas memorias se deberá ingresar dentro de cada opción y configurar de acuerdo a la memoria correspondiente, las opciones que ofrece cada gráfico dentro de INTOUCH son las siguientes:

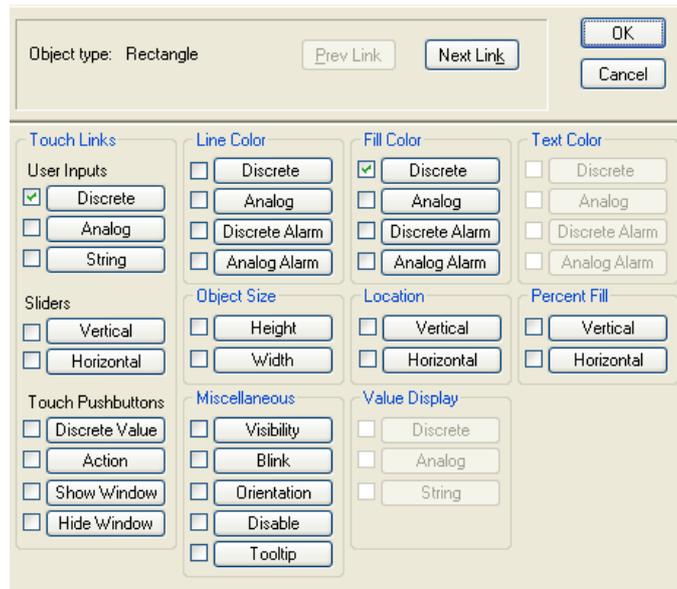


Figura N° IV.40. Opciones del Tag Name.

Se desarrolla el programa en Intouch 10, el cual contará con las siguientes pantallas principales:

- Portada Principal
- Ingreso
- Control y Monitoreo
- Base de Datos



Figura N° IV.41. Portada principal del sistema.



Figura N° IV.42. Ingreso de Usuario.

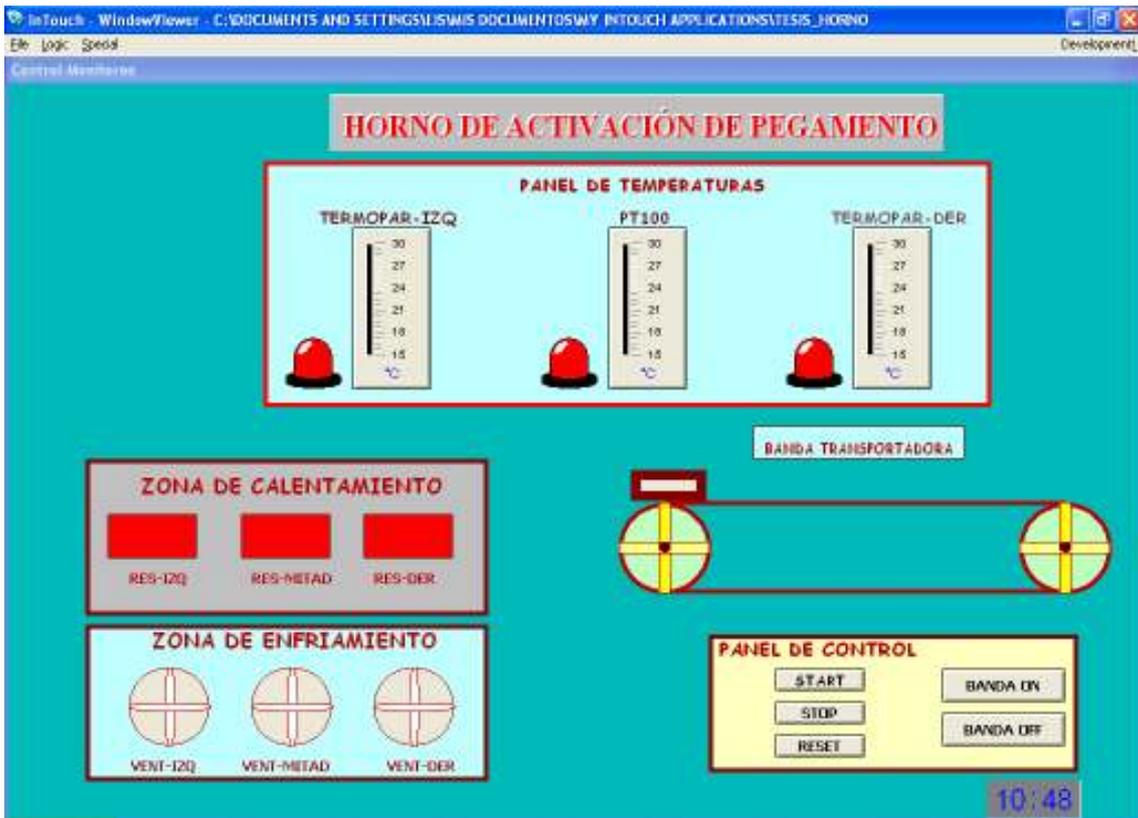


Figura N° IV.43. Control y Monitoreo del Sistema.

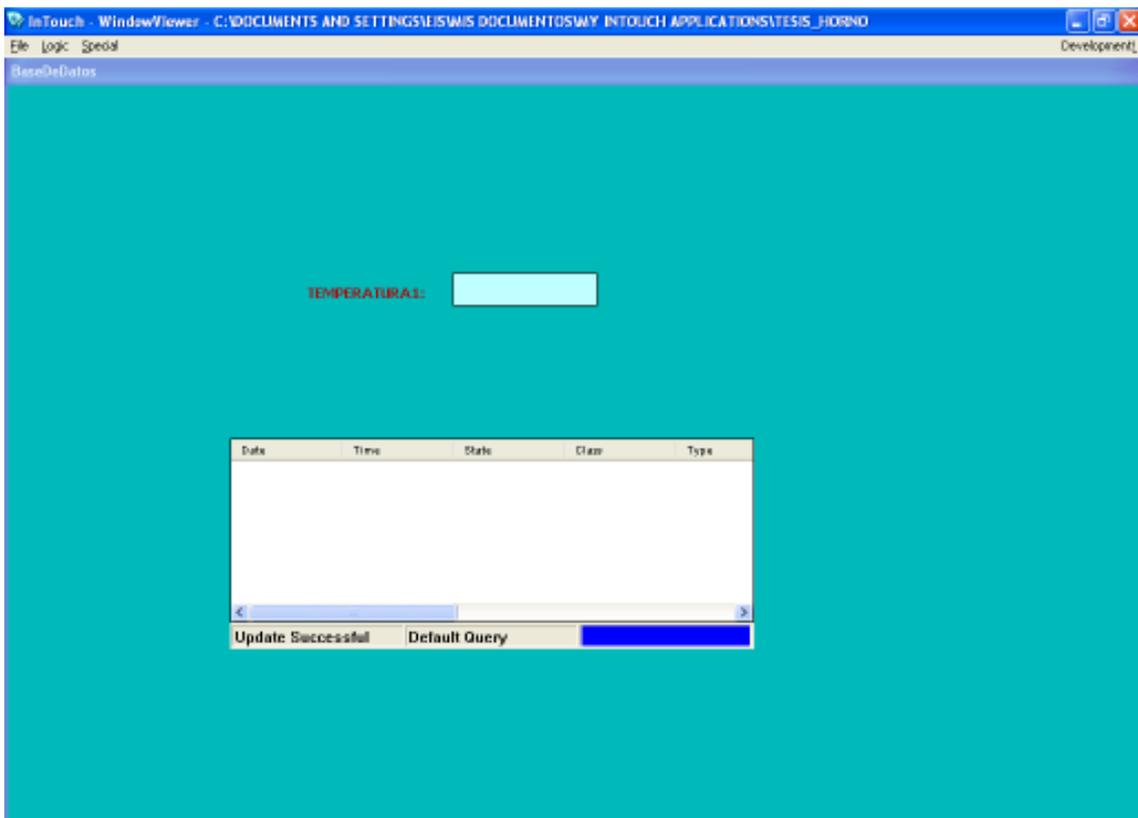


Figura N° IV.44. Base de Datos del Sistema.

Una parte muy importante en el desarrollo de nuestra tesis es el almacenamiento de los datos (temperaturas), para lo cual se ha instalado y creado la base de datos “RUNTIME” en el motor de base de datos SQL SERVER con los siguientes campos:

- GRADOS (TEXT)
- TEMPERATURA1 (FLOAT)
- TEMPERATURA2 (FLOAT)
- PT100 (FLOAT)
- FECHA (DATETIME)

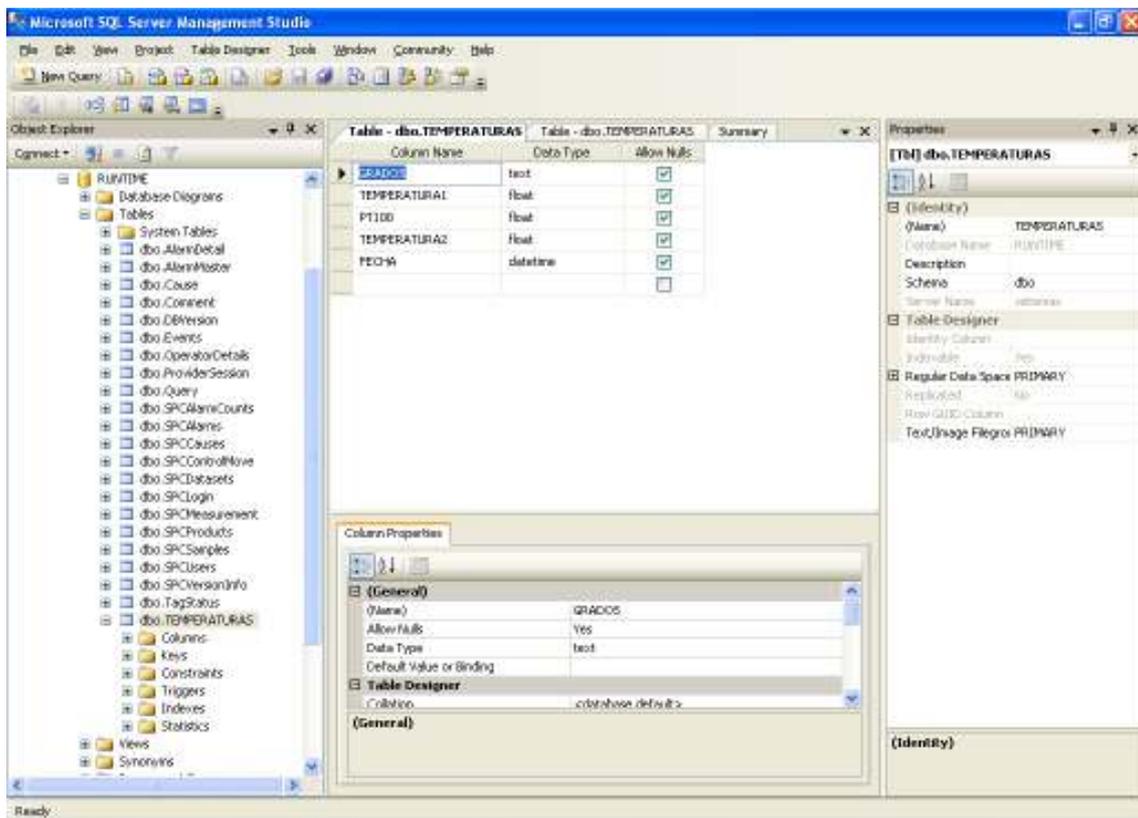


Figura N° IV.45. Base de Datos SQL Server.

Para que se pueda tener una comunicación con INTOUCH y SQLSERVER se deberá acceder a la Configuración en INTOUCH del SQL ACCESS MANAGER donde se procederá a crear un BIND LIST donde podemos ingresar todos los datos relacionados con los tagnames que vamos a mostrar en la base de datos,



Figura N° IV.46. Creación del Bind List.

Una vez creado el Bind List de nombre “INTOUCH” se debe crear los tagnames utilizados en INTOUCH y relacionarlos con las columnas creadas en la base de datos de la tabla TEMPERATURAS como se muestra a continuación:

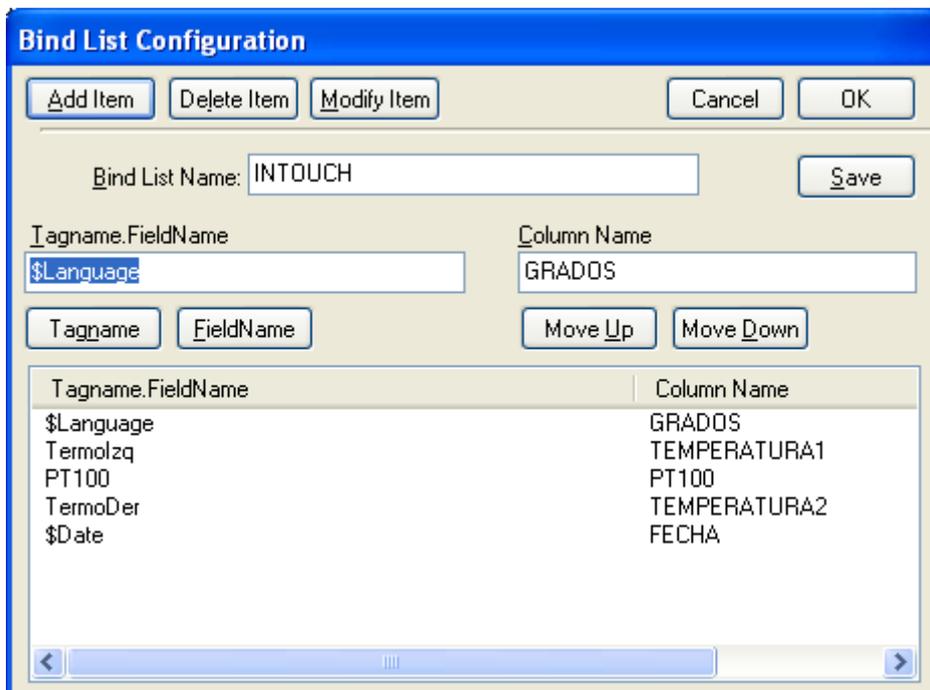


Figura N° IV.47. Configuración del Bind List..

De igual manera se deberá crear dentro del Sql Access Manager la table template, en este caso de nombre CUADRO_TEMPERATURAS.

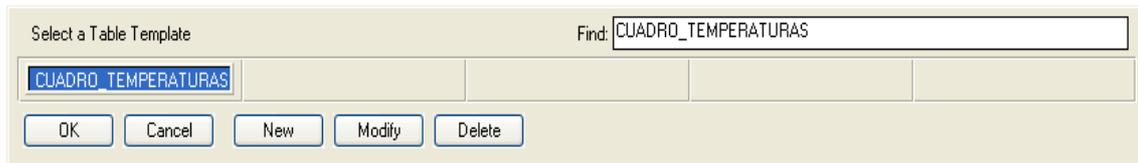


Figura N° IV.48. Creación del Table Template..

En el Table Template se debe ingresar las columnas con sus respectivos tipos de datos utilizados en cada campo creado en la tabla de la base de datos de SQL SERVER como se muestra a continuación:

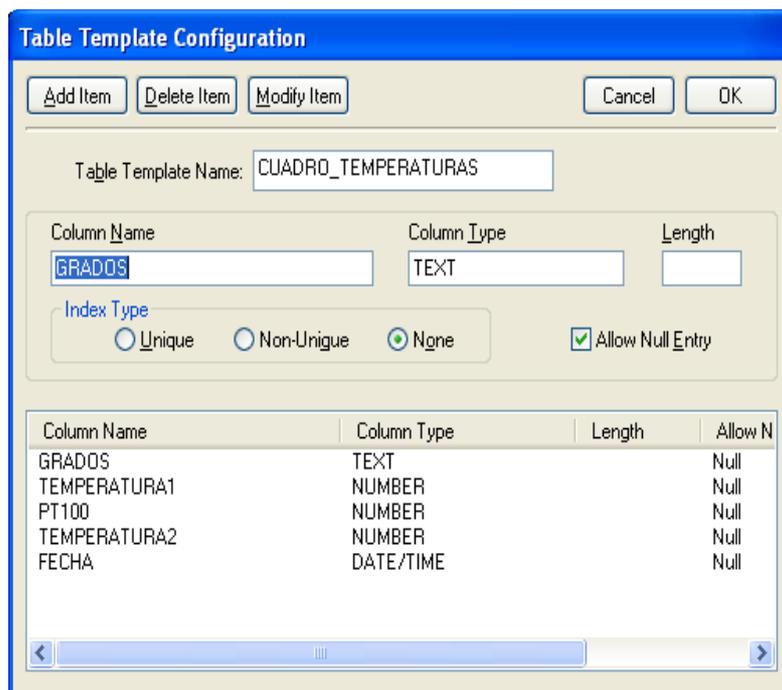


Figura N° IV.49. Configuración del Table Template..

Para poder probar la comunicación de INTOUCH con SQL SERVER se podrá utilizar una opción dentro de Aplicación como es Purge/Archive donde se ingresará el nombre del servidor de base de datos y el nombre de la base de datos en SQL.

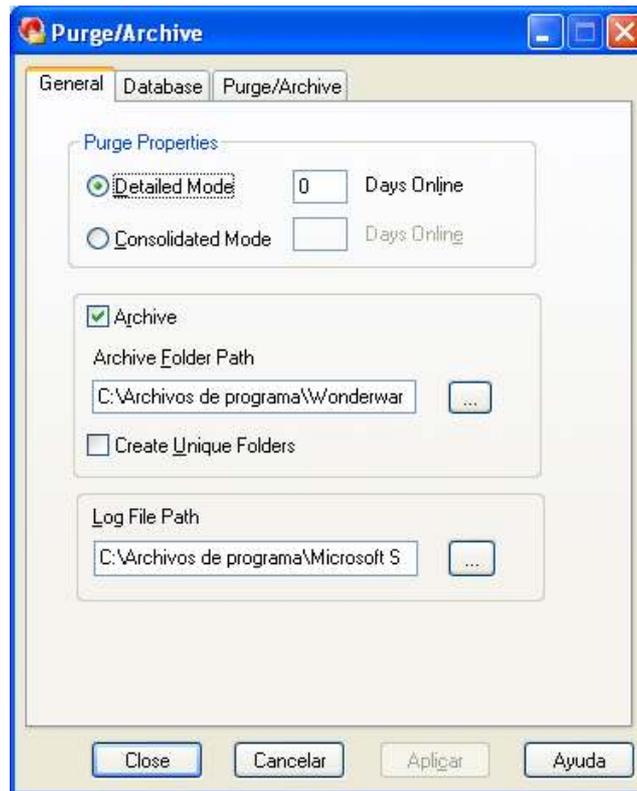


Figura N° IV.50. Configuración del Purge/Archive.

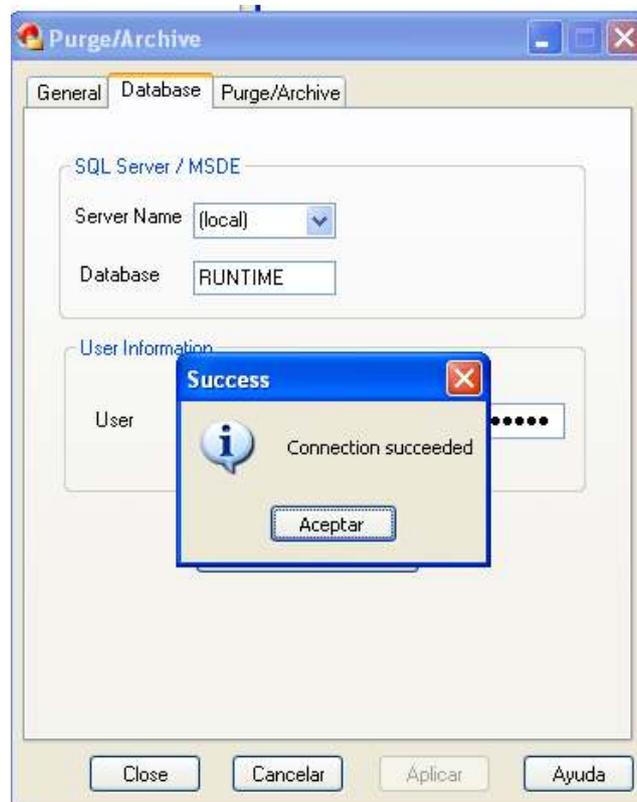


Figura N° IV.51. Comprobación de la conexión.

CONCLUSIONES

- Se diseñó y construyó un sistema didáctico SCADA para la representación de señales analógicas, para la cual se utilizó un PLC Telemecanique, dos módulos de expansión para la obtención de los datos y el software Wonderware Intouch 10 para el monitoreo. Dicho prototipo está implementado en el laboratorio de Automatización Industrial de la EIS.
- Gracias a la unificación de las aplicaciones tanto informáticas como de automatización industrial se logra mejorar la producción de los distintos productos así como también el almacenaje y distribución en las plantas productoras.
- Se ha podido experimentar las ventajas de utilizar herramientas diseñadas especialmente para la creación de sistemas SCADA, en particular, la herramienta Intouch. Esta herramienta está diseñada específicamente para la creación de estos sistemas, esto supone un gran ahorro en tiempo y trabajo realizado.
- Se han logrado de la mejor manera los objetivos propuestos en el proyecto de tesis aunque inicialmente se tenían algunas dudas sobre las posibilidades del sistema SCADA a desarrollar en general, al final se logró fusionar todos los elementos para garantizar la correcta funcionalidad del sistema.
- Se implementó una base de datos en SQLServer 2005 al Sistema de Adquisición de señales, la misma que permite la interacción entre el Panel de Monitoreo y el Horno de activación de pegamento.

- La metodología de desarrollo de software de Craig Larman, fue adaptada para cubrir la etapa del desarrollo de la parte informática del sistema.
- La construcción del horno de activación de pegamento servirá como una herramienta didáctica que facilite a los estudiantes del área de automatización industrial al correcto entendimiento de los conceptos que van adquiriendo en el transcurso de las clases impartidas en dicho laboratorio.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda que durante todo el proceso de armado y desarrollo de un proyecto, se vayan realizando las correspondientes pruebas, ya que de esta forma se evita la pérdida de tiempo y se asegura el éxito del proyecto.
- Se deben identificar correctamente las características de voltaje los componentes eléctricos como son fuentes de poder, sensores, cableado, etc., con el fin de evitar posibles daños al sistema que se pretende armar.
- Para la necesidad de realizar modificaciones en el sistema, se recomienda a los técnicos estudiar el capítulo de desarrollo del presente trabajo y a los usuarios leer detenidamente el manual de usuario para una correcta utilización del Sistema.
- Para la comunicación entre el motor de base de datos SQL Server 2005 y el software Intouch se deberá configurar previamente un origen de datos, considerando el más estable el ODBC.
- En caso de considerar la seguridad de la base de datos como un factor fundamental dentro del desarrollo se deberá tomar en cuenta que dentro de la configuración del ODBC se establecerá una autenticación de tipo SQL Server, donde se ingresará un inicio de sesión con su respectiva contraseña.
- Se debe tomar en cuenta que para la comunicación vía serial entre el PLC y el PC se debe instalar los drivers de comunicación de acuerdo a la marca del autómatas en nuestro caso concreto es Schneider.

RESUMEN

El objetivo principal de esta tesis fue diseñar y construir un horno de activación de pegamento en el Laboratorio de Automatización Industrial de la Escuela de Ingeniería en Sistemas – ESPOCH, para lo cual se empleó señales analógicas con el fin de captar la temperatura que se emite dentro del horno. En el diseño y construcción de este prototipo se empleó una fuente de 24V, tres resistencias de 110V, tres ventiladores, cuatro reles, un motor. El armazón del horno está construido con material de latón cuyas medidas son de 49cm de largo x 25cm de ancho x 24cm de alto.

La banda transportadora fue fabricada para el traslado de los tacos de caucho, que es el material que se empleará para la activación del pegamento siguiendo un rango de temperatura que es de 22 a 25 grados centígrados. Para el control automático se utilizó un Controlador Lógico Programable TELEMECANIQUE 24 DRF, para la programación e interfaces gráficas se utilizó los programas: Wonderware InTouch y TwidoSuite.

Para la simulación secuencial de procesos se implementó el lenguaje de programación Ladder (escalera), el mismo que se programó en TwidoSuite versión 2.20, la monitorización e interfaz gráfica se realizó mediante InTouch versión 10. Mediante este prototipo se obtuvo una mejora en el tiempo del proceso de calentamiento manual de los tacos de caucho con el fin de mejorar la producción en las fábricas de calzado. Este modelo a escala se recomienda para dar capacitación a los estudiantes en el área de Automatización Industrial.

SUMMARY

It was designed and built an glue activation furnace in the Industrial Automation Laboratory at Systems Engineering School – ESPOCH, which analogue signals were used in order to get the temperature gave off inside the furnace. In the design and construction of this prototype a 24V source was used, three 110V resistors, three fans, four relays, one motor, the furnace frame is built with brass which measures are 49cm length x 25cm width x 24 cm height.

The conveyor belt was manufactured in order to move the rubber block being the material to be used for the glue activation following a temperature range from 22 to 25 degrees Celsius. For the automatic control a TELEMECANIQUE 24 DRF Programmable Logic Controller was used, for programming and graphical interfaces were used some programs: Wonderware Intouch and Twido Suite. For the sequential – simulation processes was implemented the Ladder programming language, it was programmed in Twido Suite V 2.20, monitoring and the graphical interface was carried out Intouch V 10.

Through this prototype and improvement was gotten in the time of manual heating process of the rubber in order to improve the production in the shoes manufactures. This scale model is recommended to give training for students in the industrial automation area.

GLOSARIO

COM (Component Object Model)

Proporciona un mecanismo para permitir la comunicación entre los objetos de una aplicación o entre distintos procesos, proporcionando mecanismos para que un objeto pueda mostrar su funcionalidad a través de una interfaz.

INTOUCH

Wonderware InTouch; es un generador de aplicaciones MMI destinadas a la automatización industrial, control de procesos y supervisión. Wonderware, compañía pionera en el uso del entorno Windows; ha evolucionado y actualizado su producto paralelamente a las nuevas tendencias y necesidades de los usuarios y del mercado, consiguiendo el liderazgo dentro de este sector.

LADDER

También denominado lenguaje de contactos o en escalera, es un lenguaje de programación gráfico muy popular dentro de los autómatas programables debido a que está basado en los esquemas eléctricos de control clásicos. De este modo, con los conocimientos que todo técnico eléctrico posee, es muy fácil adaptarse a la programación en este tipo de lenguaje.

MODBUS

El protocolo industrial de comunicaciones Modbus apareció en 1979 y fue desarrollado por la Gould Modicon ahora AEG Schneider Automation, para transmitir y recibir datos de control entre los controladores PLC y el computador.

PLC (Controlador Lógico Programable)

Los controladores lógicos programables o PLC (Programmable Logic Controller por sus siglas en inglés), son dispositivos electrónicos muy usados en automatización industrial, están diseñados para controlar en tiempo real procesos secuenciales en un medio industrial. Su manejo y programación puede ser realizada por personal electricista, electrónico o de instrumentación, sin conocimientos de informática.

SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition)

Es una aplicación de software especialmente diseñada para funcionar sobre ordenadores (computadores) en el control de producción, proporcionando comunicación con los dispositivos de campo (controladores autónomos) y controlando el proceso de forma automática desde la pantalla del ordenador. También provee de toda la información que se genera en el proceso productivo a diversos usuarios, tanto del mismo nivel como de otros usuarios supervisores dentro de la empresa (supervisión, control calidad, control de producción, almacenamiento de datos, etc.).

BIBLIOGRAFIA

- **AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL**

Grupo Sapiensman, Fundamentos de control automático industrial.

http://www.sapiensman.com/control_automatico/

[12/Noviembre/2009]

- **MEDICIÓN DE TEMPERATURA**

Cristhian Beltrán Provoste, Medición de Temperatura.

http://www.infoplac.net/Documentacion/Docu_Instrumentacion/infoPLC_net_MEDICION_DE_TEMPERATURA.html

[12/Julio/2009]

OMRON ELECTRONICS S.A, Curso Control de Temperatura.

http://www.infoplac.net/Documentacion/Docu_Procesos/infoPLC_net_Teoria_Control_Temperatura.html

[10/Agosto/2009]

- **MOTORES ELÉCTRICOS**

Alejandro Cubas García, Introducción a los motores paso a paso.

<http://www.redeya.com/electronica/tutoriales/mpp/mpp.html>

[15/Abril/2009]

- **PLC**

Cristian Ramírez Cortez, Controladores Lógicos Programables.

http://www.infoplcn.net/Documentacion/Docu_PLC/infoPLC_net_apunte_plc.html

[11/Junio/2009]

Isabel Uribe, Autómatas Programables.

http://www.infoplcn.net/Documentacion/Docu_PLC/infoplcn_net_Automatas_ArquitecturaInterna.html

[25/Enero/2009]

- **RELES**

Francisco Klapper, Qué es un Rele y qué función cumplen.

<http://automotriz.net/tecnica/rele.html>

[7/Diciembre/2009]

- **SENSORES Y TERMOCUPLAS**

Creative Commons, Sensor.

<http://es.wikipedia.org/wiki/Sensor>

[5/Enero/2010]

Carlos E. Canto Q, Sensores Industriales,

http://www.infoplcn.net/Documentacion/Docu_Instrumentacion/infoPLC_net_23_SENSORES_MEC_NICOS.html

[21/Marzo/2009]

Grupo Sapiensman, Medición y Control Industrial – selección de sensores de temperatura.

http://www.sapiensman.com/medicion_de_temperatura/termocuplas.htm

[11/Octubre/2009]

Javier Luna, Instrumentación de Procesos Industriales.

http://www.electrodigitalvt.com.ar/TERMOCUPLAS_INDUSTRIALES.ppt

[13/Abril/2009]

- **SISTEMAS SCADA**

Universidad de Costa Rica, Departamento de Automática, Introducción a los sistemas de control supervisor y de adquisición de datos (SCADA).

http://www.infoplcn.net/Documentacion/Docu_SCADA/infoplcn_net_Introduccion_Sistemas_SCADA.html

[2/Julio/2008]

- **Wonderware InTouch**

Carlos Aviles, Configuración de la aplicación OPCLink de Intouch.

http://www.infoplcn.net/Enlace/Doc_SCADA/Intouch/infoplcn_net OPC_LINK_Intouch.html

[5/Marzo/2009]

Wonderware Corporation, Manual de la RunTime de Intouch.

http://www.infoplcn.net/Enlace/Doc_SCADA/Intouch/infoplcn_InTouchRuntime.html

[25/Julio/2009]

- Aquilino Rodríguez Penin, Sistemas SCADA, 2da Edición, Barcelona – España, MARCOMBO S.A, Junio 2007, 448 pág.

ANEXOS

ANEXO I
Manual de Usuario



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INFORMATICA Y ELECTRONICA

ESCUELA DE INGENIERIA EN SISTEMAS

MANUAL DE USUARIO

SISTEMA DIDÁCTICO PARA REPRESENTACIÓN DE SEÑALES

ANALÓGICAS CON PLC Y SCADA INTOUCH

RIOBAMBA – ECUADOR

MANUAL DE USUARIO

SISTEMA DIDÁCTICO PARA REPRESENTACIÓN DE SEÑALES ANALÓGICAS CON PLC Y SCADA INTOUCH

1. Introducción

Bienvenidos al Manual Usuario de la aplicación Horno de activación de pegamento con PLC y SCADA INTOUCH, se describirá la instalación, configuración y funcionamiento de la aplicación, el cual proporcionara al usuario facilidad encontrar detallado cada uno de los pasos a seguir para realizar el manejo y ejecución de la aplicación en forma correcta.

2. Generalidades del Sistema

2.1 Requerimientos Mínimos

2.1.1 Hardware

- Procesador Pentium IV a 3.0 Ghz. o superior
- 512 Mb de memoria RAM
- 1 Gigabyte de espacio en Disco
- 1 Tarjeta de Red
- 1 Puerto RS232
- 1 PLC TWDLCAA24DRF
- 1 Cable de datos para la conexión PLC a PC a través del puerto RS232

2.1.2 Software

- Sistema Operativo Microsoft Windows XP Profesional SP 2
- Microsoft .NET Framework 2.0
- Wonderware INTOUCH 10
- Wonderware ModbusSerial DAServer 2.5 SP 2
- Wonderware Factory Suite I/O Common Components
- Modicon MODBUS Serial IO Server

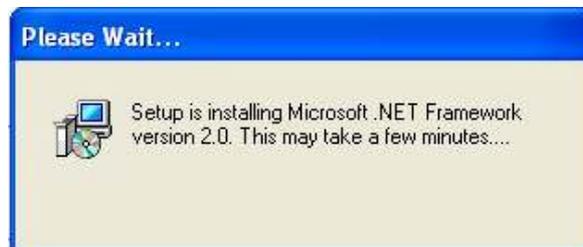
2.2 Instalación de INTOUCH 10

Previo a la ejecución de la aplicación que se encuentra en el CD se procede a la instalación de Intouch 10, como se describe a continuación:

- a) Inserte el CD-ROM de instalación del software en la unidad de CD-ROM de su PC.



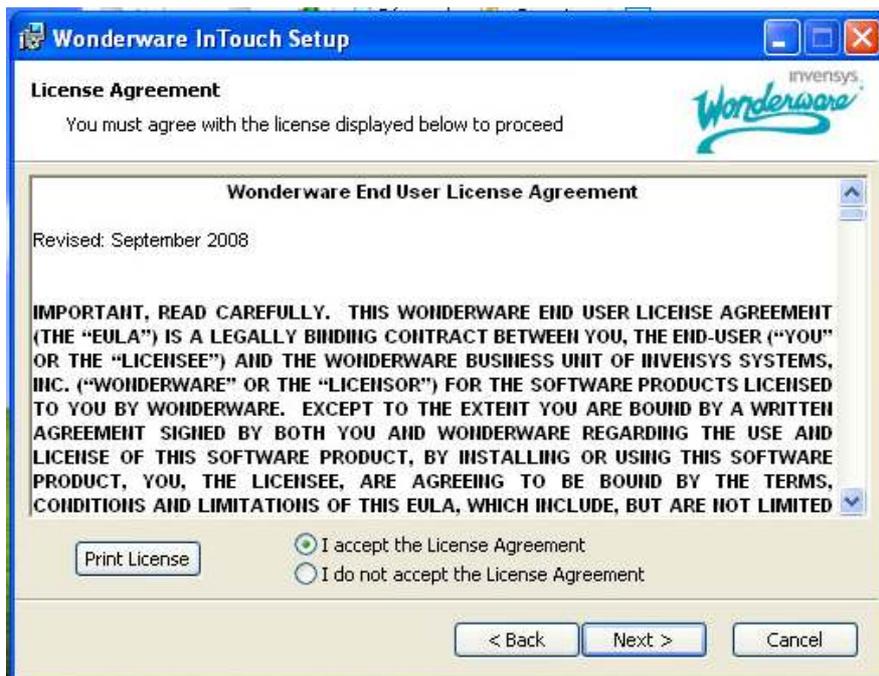
Si no dispone de .NET Framework el instalador le recordará que necesita este software para continuar y le guiará para instalarlo.



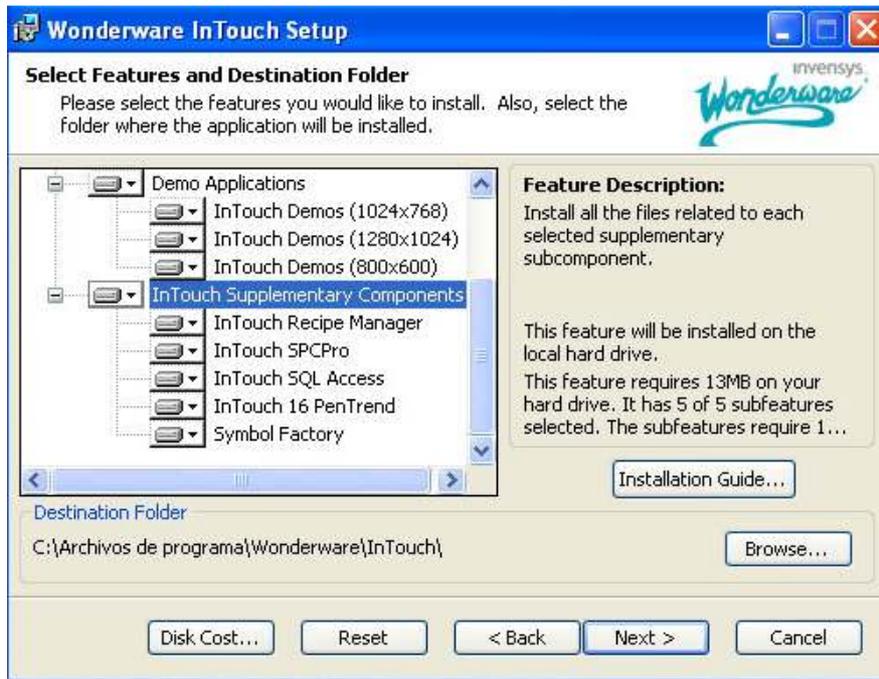
- b) Una vez instalado .NET framework aparece la pantalla de instalación de Intouch, haga clic en next para continuar.



- c) Seleccione “I accept the Licence Agreement” para aceptar el acuerdo de licencia. Haga clic sobre Next para continuar.



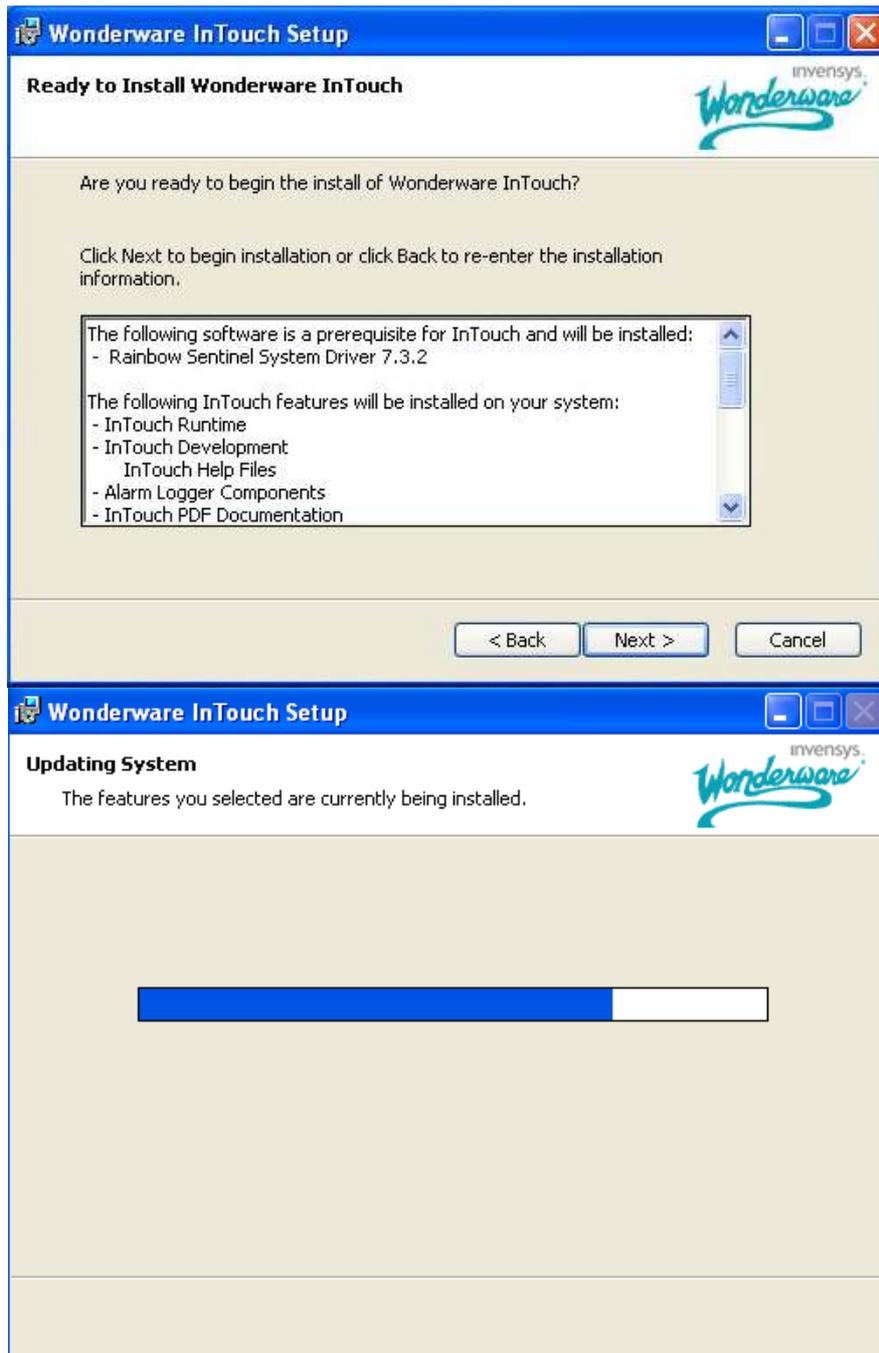
- d) Especifique la ubicación en donde se instalará los archivos y seleccione todos los componentes para la instalación completa del software.



e) Ingrese un usuario y una contraseña para cuestiones de administración del sistema.



f) La configuración está lista de clic en next para continuar.



g) El software está instalado en su equipo, finalice de clic en Finish.



2.3 Instalación de los componentes de comunicación

Para la instalación de los componentes de comunicación se necesita el DVD titulado WONDERWARE DEVICE INTEGRATION que es el que contiene dichos componentes necesarios para establecer la comunicación con el PLC.

A continuación se describen los pasos a seguir para la correcta puesta en marcha de la aplicación:

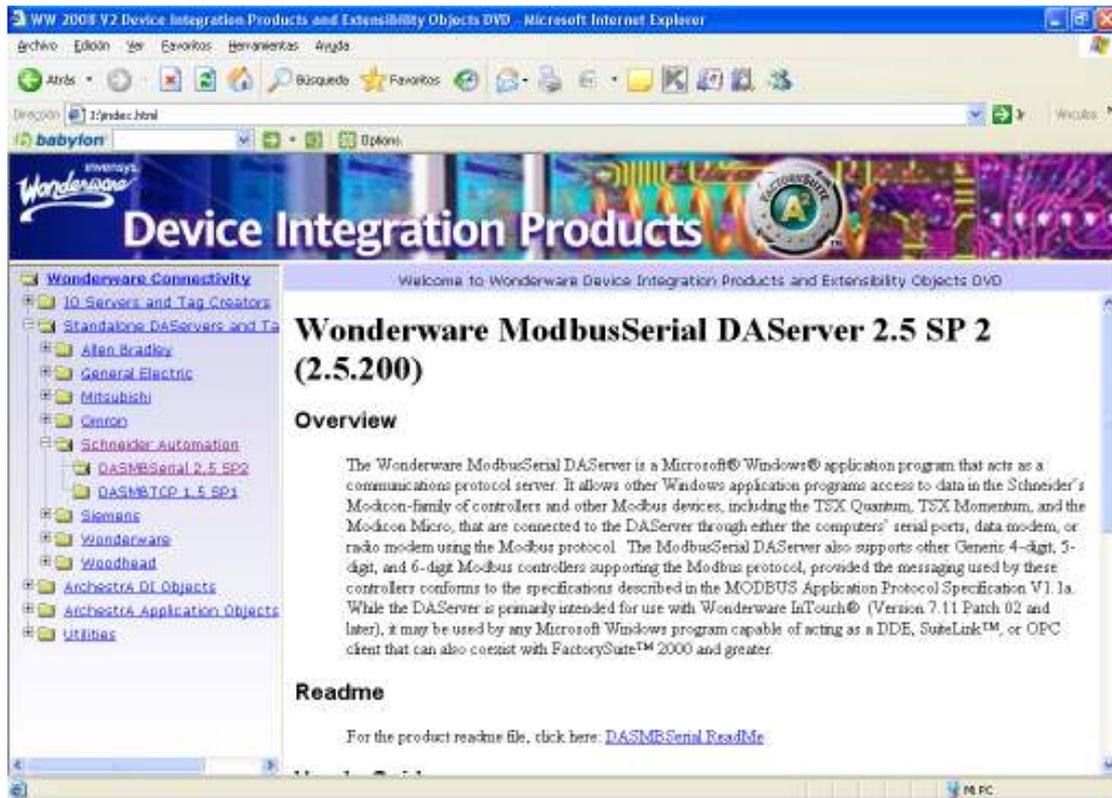
- a) Inserte el DVD de Wonderware Device Integration en la unidad de DVD de su PC, se cargará automáticamente y ejecutará el explorador de internet donde aparecerá los distintos recursos.



Nota: si no se ejecuta automáticamente el autorun debe ingresar a la raíz del DVD y localizar el archivo index.html.

- b) Del menú Wonderware connectivity seleccione Standalone DAServers, después Schneider Automation y luego DASMBSerial 2.5 SP2.

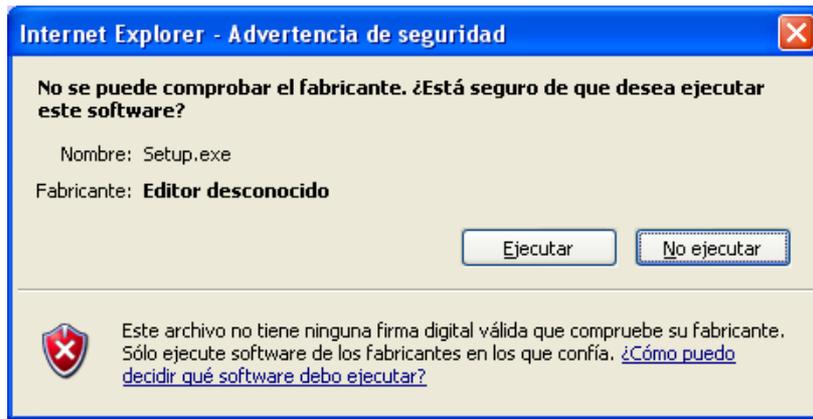
Nota: Este componente es un servidor del protocolo de comunicación Modbus, que se selecciona de acuerdo al distribuidor o marca de nuestro PLC, que en nuestro caso es Schneider.



c) Busque la opción Installing the product y de clic en el vínculo DASMBSerial.



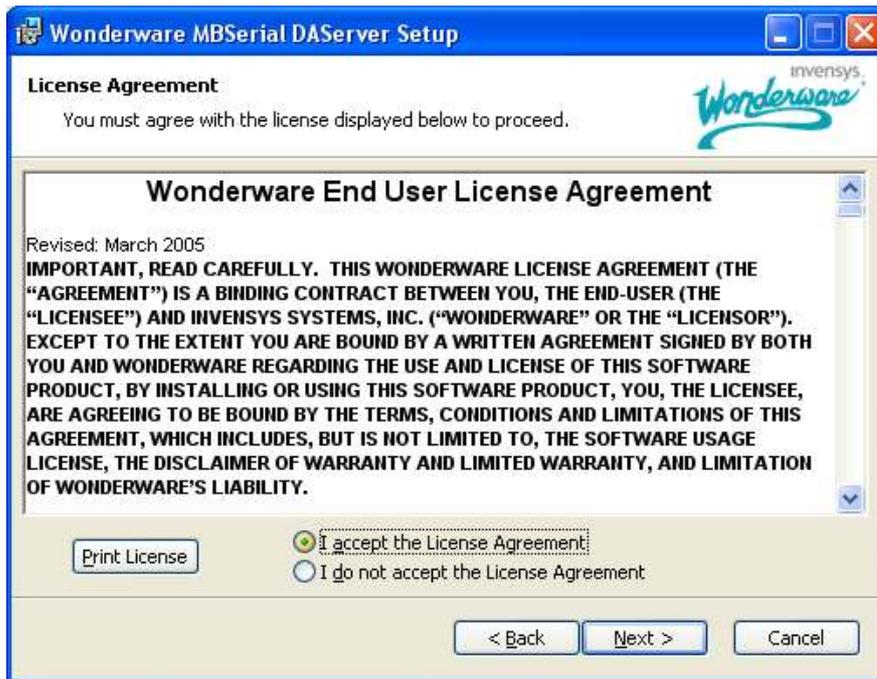
d) Aparece la advertencia de seguridad del navegador de clic en Ejecutar.



e) Inicia el asistente de instalación, de clic en Next.

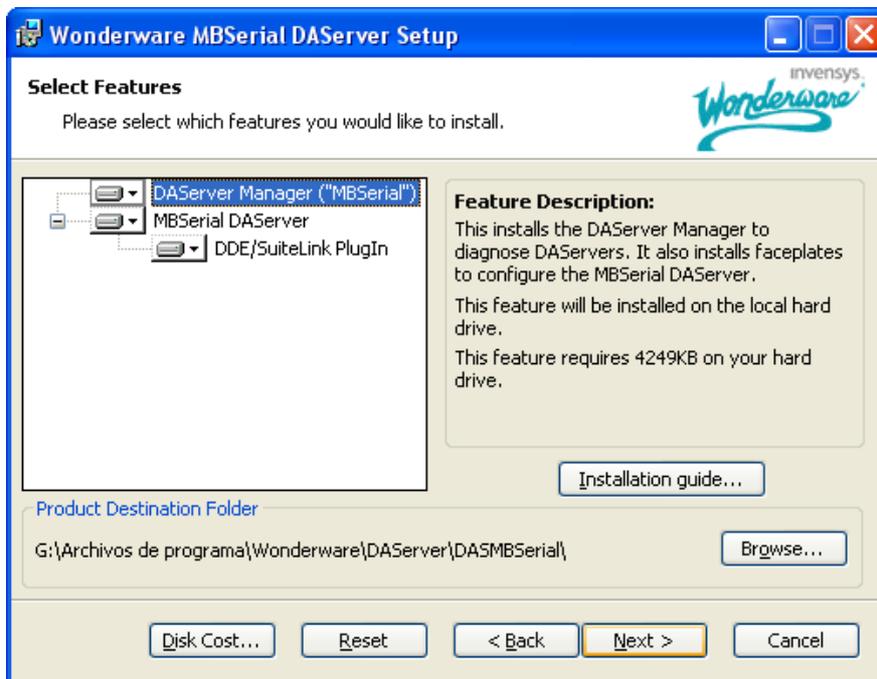


f) Seleccione "I accept the Licence Agreement" para aceptar el acuerdo de licencia. Haga clic sobre Next para continuar.

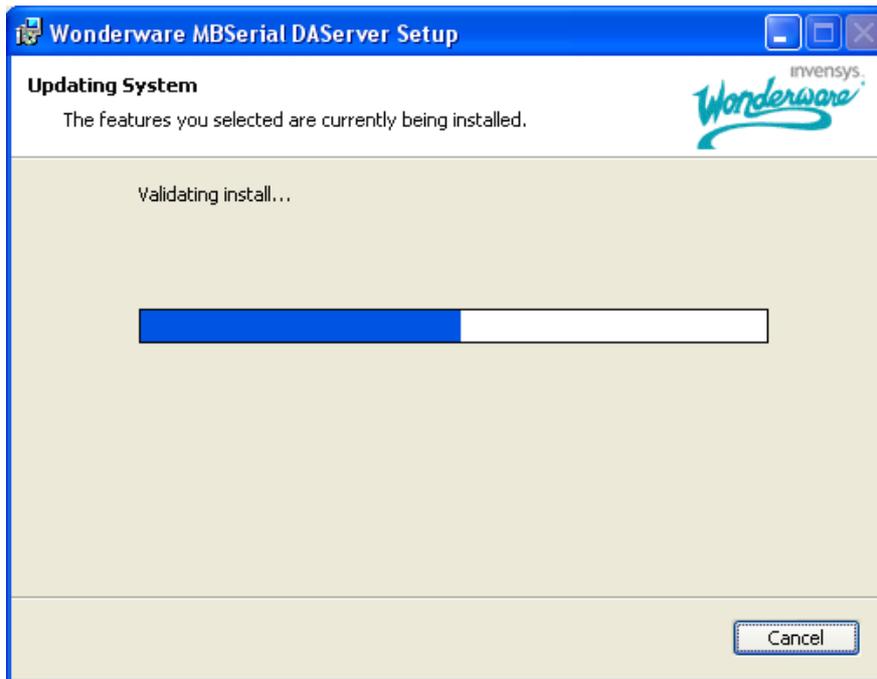


g) Seleccione las características y ubicación de los archivos en nuestro disco duro.

Clic en Next para continuar.



Inicia el proceso de instalación.



h) Termina la instalación clic en Finish.

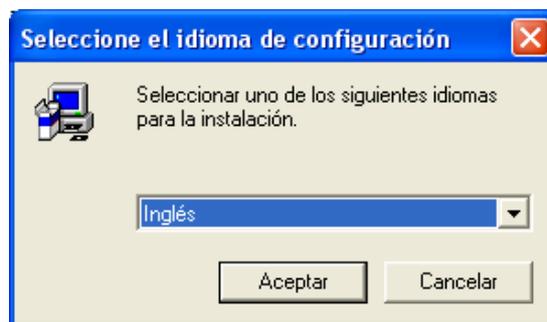


Instalación de Factory Suite (I/O Server)

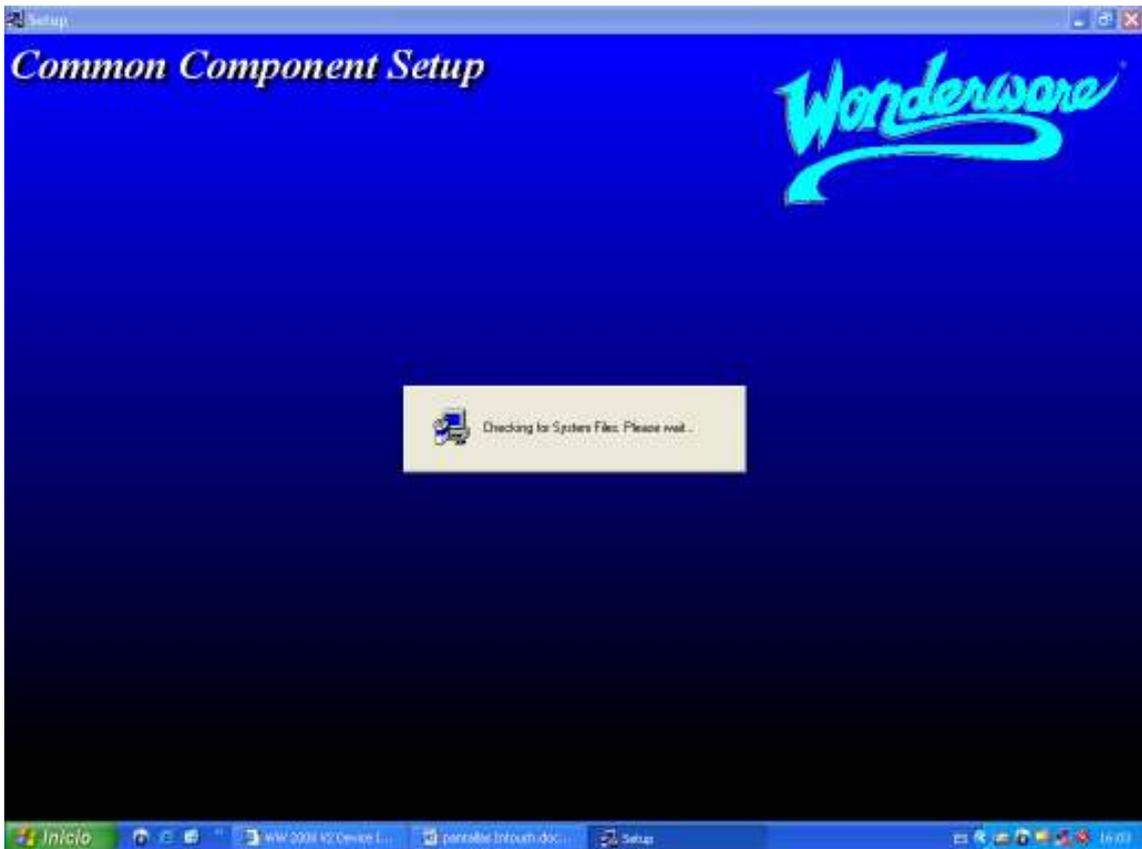
- a) Seleccione I/O Servers and Tag Creators y luego Wonderware, después en Factory Suite 2000 IO common components. De clic en el vínculo FS2K IO Common Components.



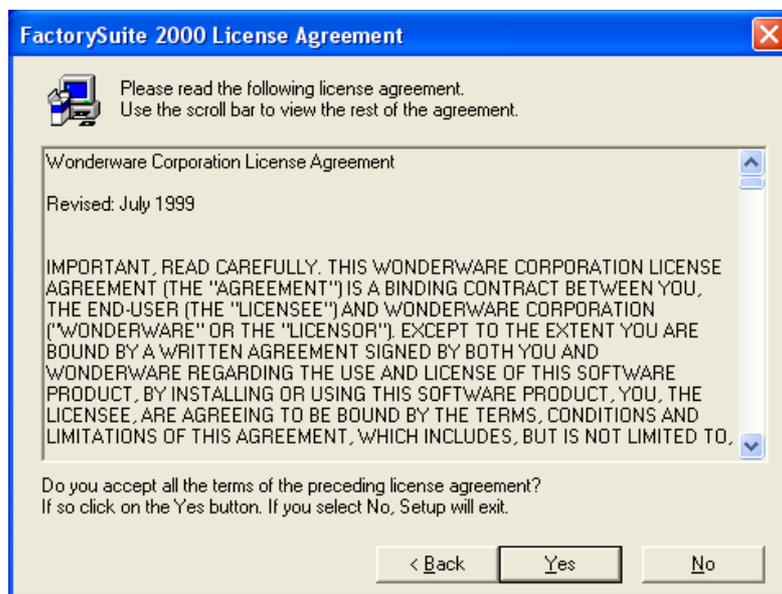
- b) Inicia el proceso de instalación. Seleccione el idioma para la instalación y de clic en Aceptar.



- c) Inicia el asistente de la instalación



d) Aparece el acuerdo de licencia, clic en Yes para aceptar la licencia.



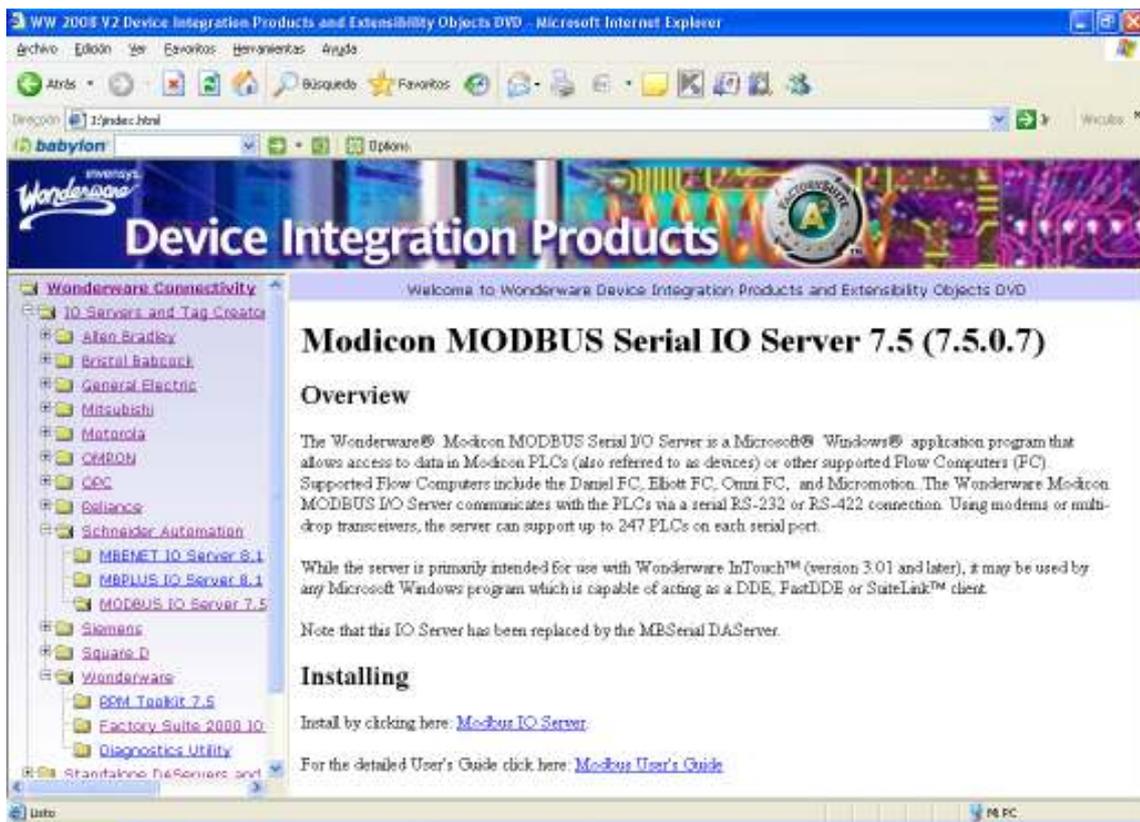
e) La instalación es rápida, clic en Aceptar para terminar.



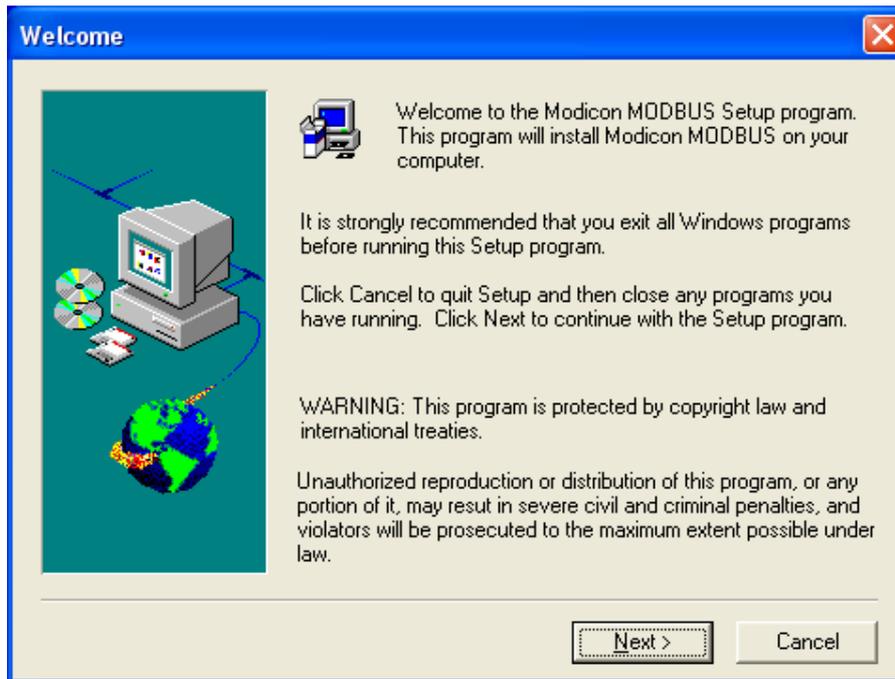
Instalación de la herramienta para configurar el protocolo MODBUS.

Esta herramienta permite realizar la configuración de los parámetros para que el protocolo Modbus se comunice vía cable serial PLC a PC o viceversa.

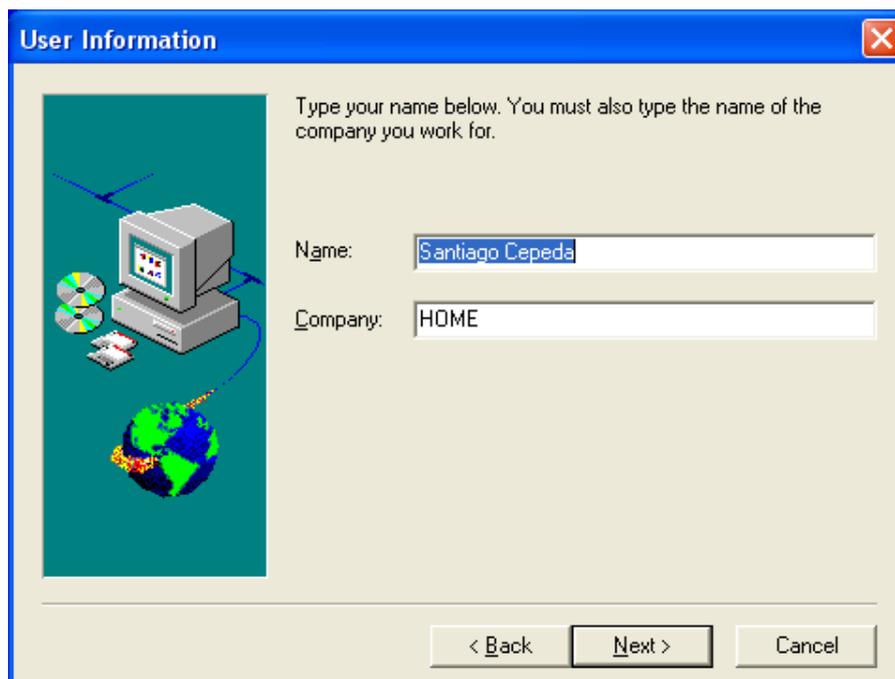
- a) Seleccione en el navegador la opción Schneider Automation y luego MODBUS IO Server 7.5. Una vez seleccionado de clic en el vínculo Modbus IO Server.



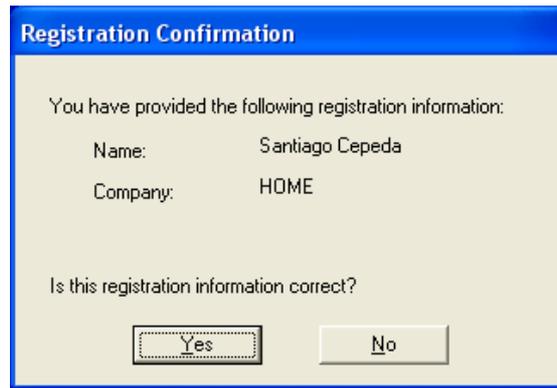
- b) El asistente inicia, de clic en Next para continuar.



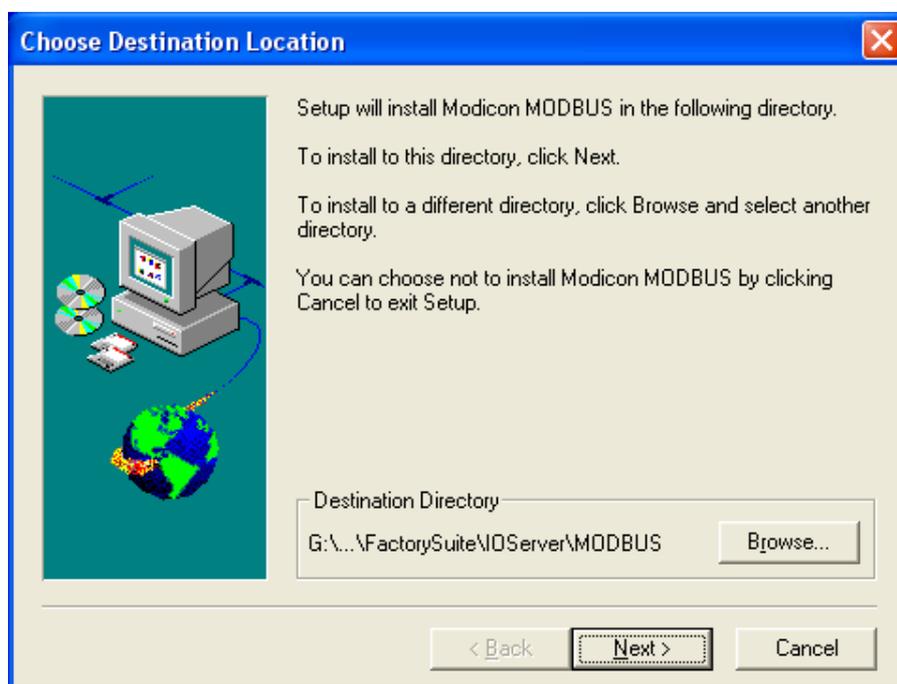
c) Aparece la información de Usuario, clic en Next.



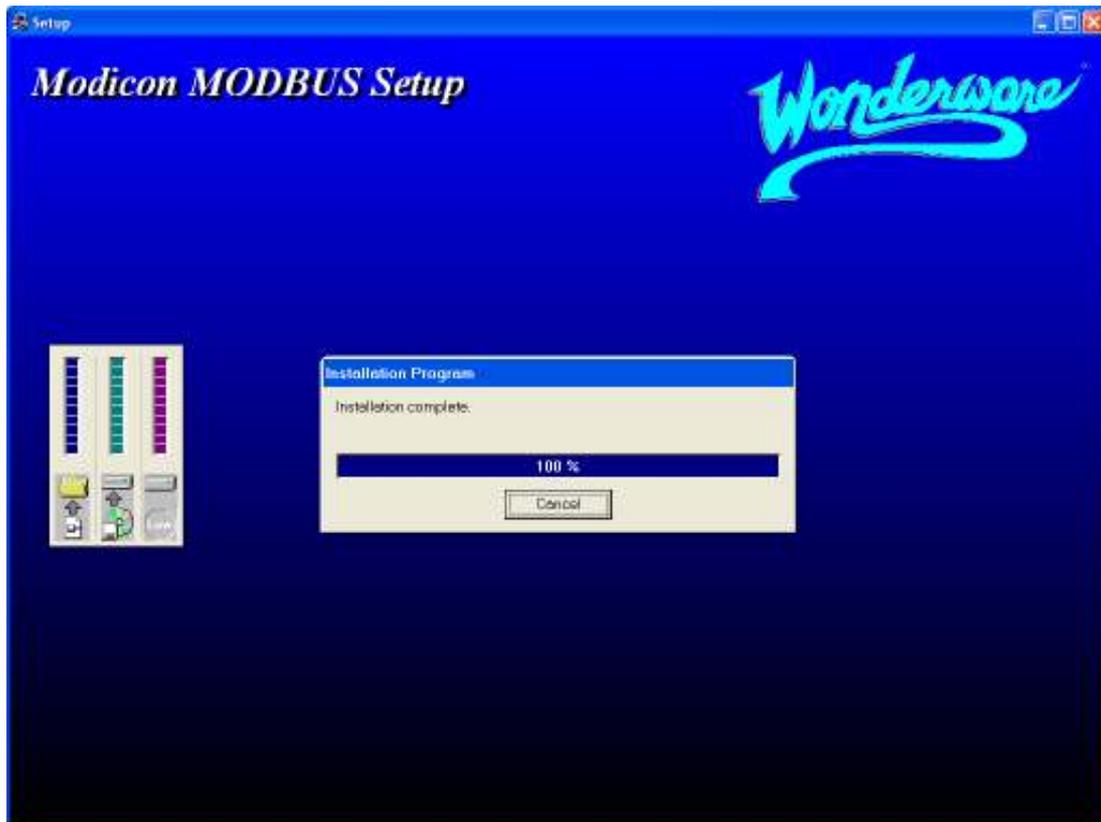
d) Para confirmar la información de clic en Yes.



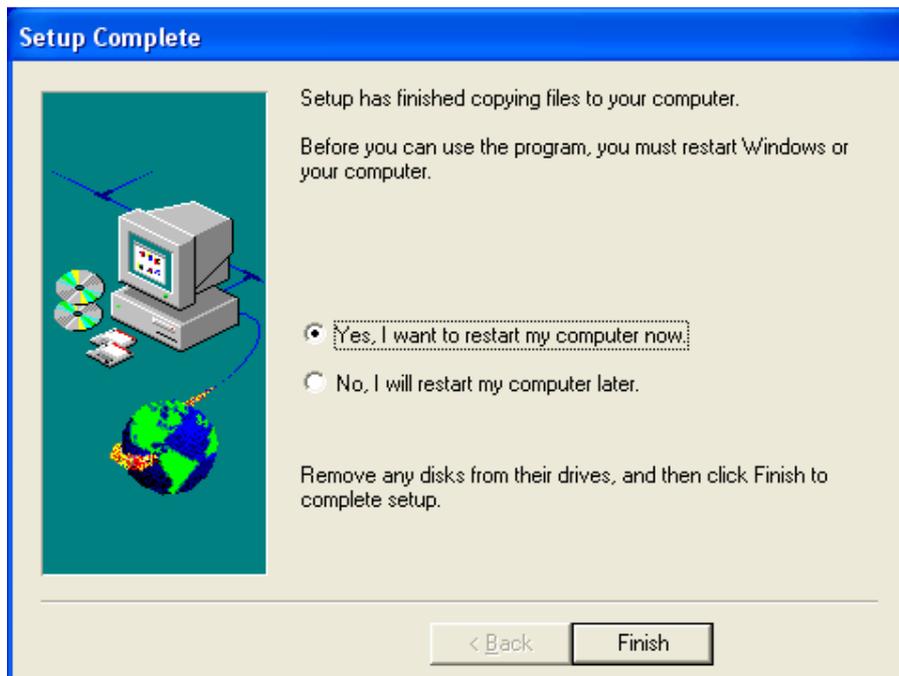
e) Escoja la ubicación para copiar los archivos de la aplicación, clic en Next.



f) Empieza el proceso de copia de los archivos, espere un momento.

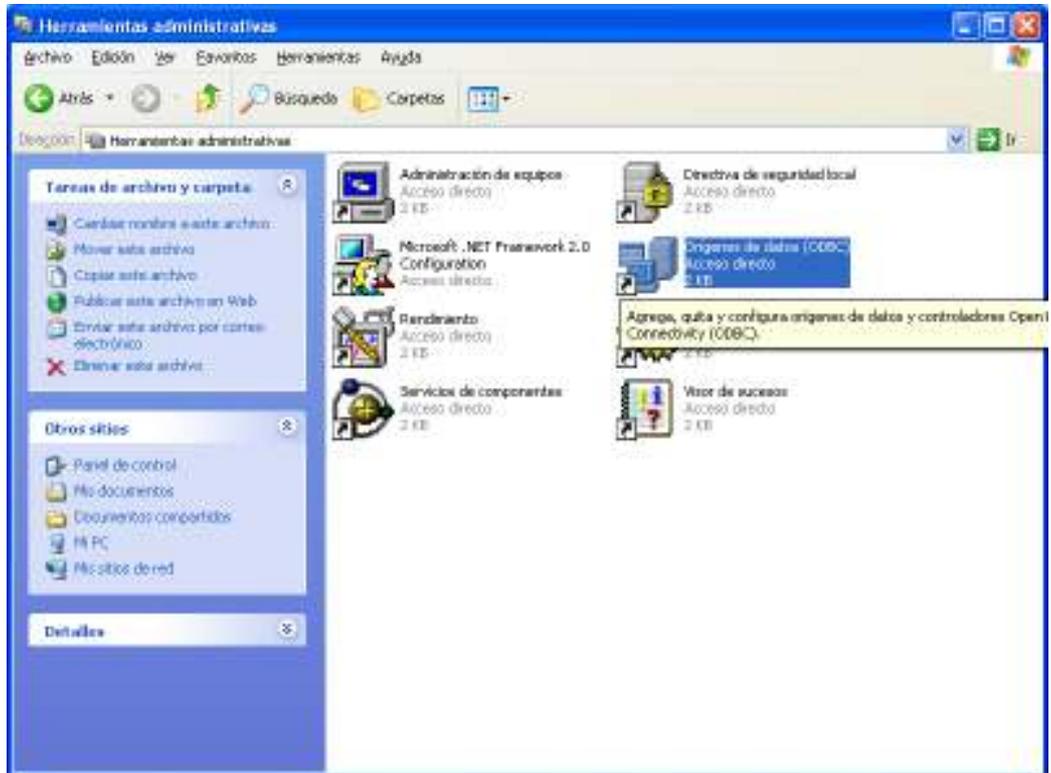


- g) El proceso de instalación termina, el equipo se reiniciará automáticamente, clic en Finish.



Creación y configuración del ODBC

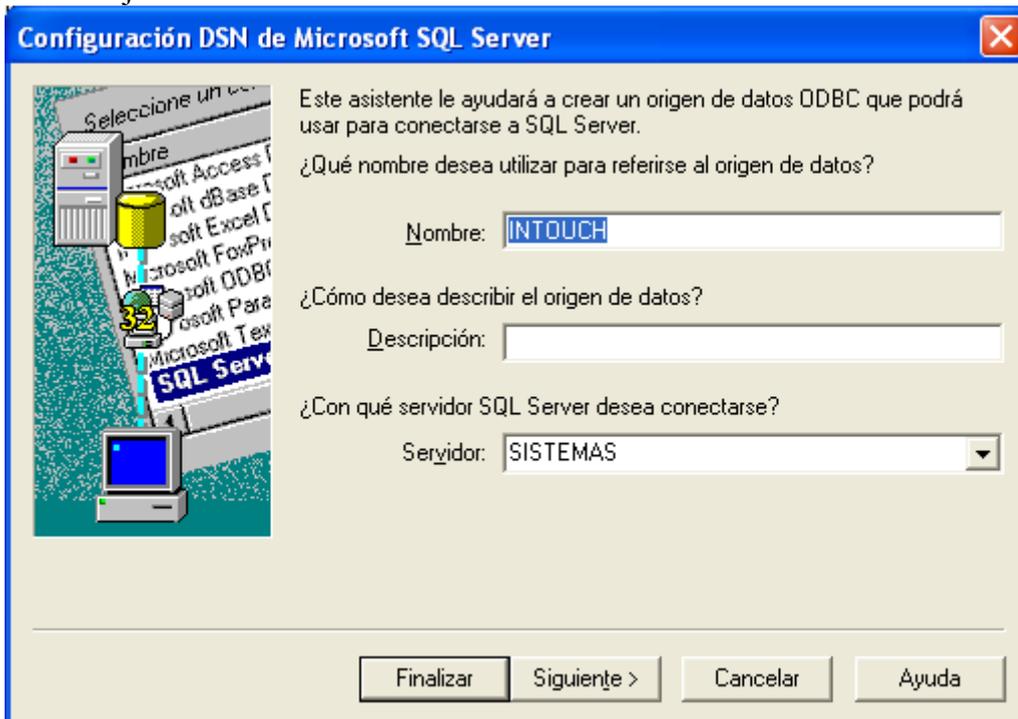
Para poder establecer una comunicación de INTOUCH con SQLSERVER se debe inicialmente crear en Windows herramientas administrativas una conexión ODBC para poder tener el enlace hacia la base de datos.



Se deberá ingresar un origen de datos para poder almacenar los datos, en este caso particular estamos creando el origen de datos SQLSERVER como se muestra a continuación:



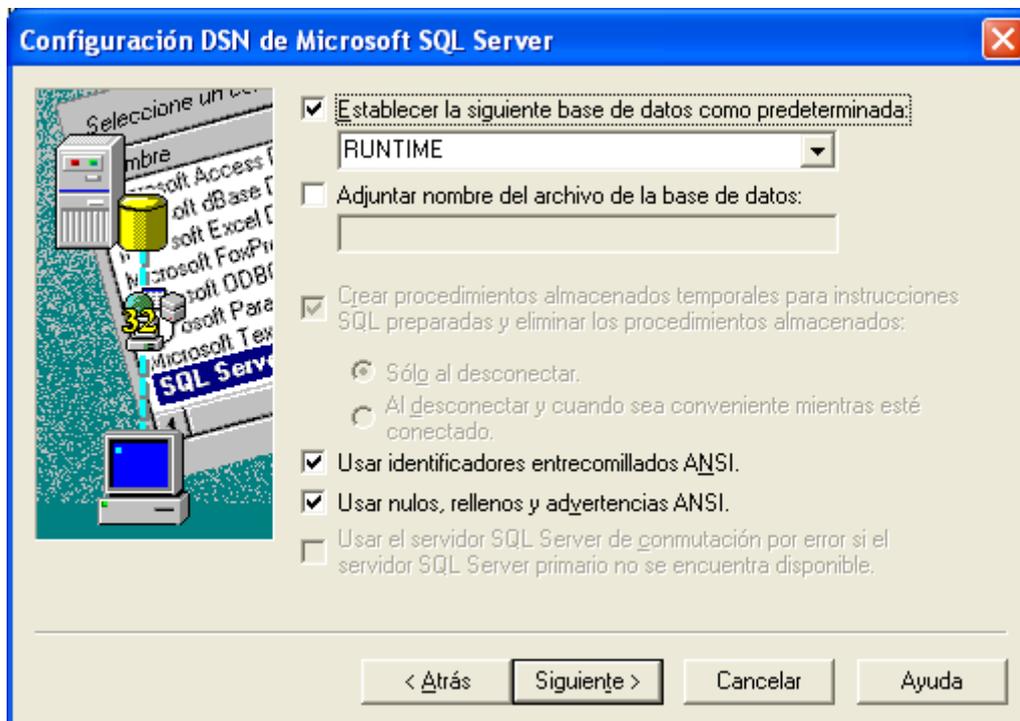
Se debe configurar el DSN dentro del origen de datos donde se deberá ingresar el nombre del servidor en este caso (Local), y el nombre del origen de datos con el cual vamos a trabajar.



Para poder tener una seguridad creada hacia nuestro origen de datos se deberá escoger la autenticación SQLSERVER donde se escogerá un nombre de usuario y un inicio de sesión para poder filtrar un ingreso no correcto:



De manera predeterminada se deberá escoger la base de datos relacionada a nuestro origen de datos, para nuestro caso hemos creado la base de datos RUNTIME la que será creada en SQLSERVER:



Si la creación de nuestro ODBC fue realizada de manera correcta se deberá reflejar el dialogo siguiente donde muestra todos los datos ingresados en el proceso de configuración:

