



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

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED DE COMUNICACIONES
INTEGRADA AL PROCESO DE MONTAJE DE MANÓMETROS PARA
EL LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN DE LA FIE-ESPOCH”**

TRABAJO DE TITULACIÓN: PROYECTO TÉCNICO

Para optar al Grado Académico de:

**INGENIERA EN ELECTRÓNICA, CONTROL Y REDES
INDUSTRIALES**

**AUTORAS: WENDY MARGARITA TOLEDO FUENTES
CARINA VALERIA NARVÁEZ CONTERO**

TUTOR: ING. MARCO VITERI

Riobamba-Ecuador
2017

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

El tribunal del trabajo de titulación certifica que: “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED DE COMUNICACIONES INTEGRADA AL PROCESO DE MONTAJE DE MANÓMETROS PARA EL LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN DE LA FIE-ESPOCH”, de responsabilidad de las señoritas: WENDY MARGARITA TOLEDO FUENTES y CARINA VALERIA NARVÁEZ CONTERO, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal de trabajo de titulación, quedando autorizada su presentación.

NOMBRE	FIRMA	FECHA
Ing. Washington Luna. E DECANO DE LA FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA.
Ing. Freddy Chávez. V DIRECTOR DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y REDES INDUSTRIALES.
Ing. Marco Viteri DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN.
Ing. Freddy Chávez. V MIEMBRO DEL TRIBUNAL.

Nosotras, Wendy Margarita Toledo Fuentes y Carina Valeria Narváez Contero, declaramos que el Presente Trabajo de Titulaci3n es de nuestra autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales.

Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Titulaci3n.

Wendy Margarita Toledo Fuentes
080339749-6

Carina Valeria Narváez Contero
060495977-5

DEDICATORIA

A Dios quién supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, enseñando a encarar las adversidades sin perder nunca la Fe.

A mis hijos Samantha y Bruno que más que el motor de mi vida, forman parte muy importante de lo que hoy puedo presentar como tesis, a ellos por cada palabra de apoyo, cada momento en familia abnegado para ser invertido en el desarrollo de esta, por entender que el éxito demanda algunos sacrificios y que el compartir tiempo con ellos permite superarlo todo.

Wendy Toledo

Dedico el presente trabajo de titulación a Dios y a la Virgen del Cisne, por bendecir mi vida día a día y darme la fortaleza para cumplir esta meta tan anhelada. A mi mami Lolita, quien a lo largo de mi vida no escatimo esfuerzo alguno para mi educación, siendo ese apoyo incondicional brindándome sus palabras de aliento en los momentos que más lo necesitaba.

A mi querida hermana Erika y mi sobrino Adrielito quienes, con su cariño, su compañía y sus terribles ocurrencias alegraron mis momentos de estudio siendo mi motivación para llegar a ser una profesional. A mi tío Patricio, quien con su inmenso cariño me animó desde el primer día a cumplir esta meta.

A mis tíos Mónica, Robert y Juanito, a mis primos Mauricio, Doménica y Santiago por siempre creer en mí y brindarme su cariño. A las personas más importantes de mi vida Luis y Etelvina, mis abuelitos, quienes desde el cielo siempre me bendicen y sé que deben estar felices por este logro.

A mis amigos Fanny, Hipatia, Alejandro, Luis y en especial a Rebeca y Anita, por su gran cariño, por demostrarme el verdadero valor de la amistad y por cada una de las experiencias vividas, hicieron de mi vida politécnica la mejor.

Carina Narváez

AGRADECIMIENTO

Este trabajo es el resultado del esfuerzo conjunto de todas aquellas personas que, de alguna forma, aportaron en su realización. Por esto, nuestro sincero agradecimiento está dirigido hacia el Ing. Marco Viteri, director del Trabajo de Titulación, Ing. Freddy Chávez, Miembro del Tribunal quienes con su ayuda nos brindaron información relevante para la elaboración del trabajo de titulación.

A nuestras familias quienes a lo largo de toda nuestra vida han apoyado y motivado nuestra formación académica, creyeron en nosotras en todo momento y no dudaron de nuestras habilidades. A nuestros amigos incondicionales gracias por su amistad, sus consejos y por compartir todos los triunfos y fracasos.

Y finalmente un eterno agradecimiento la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por permitirnos ser parte de esta noble institución. A la FIE, a la Escuela de Electrónica en Control y Redes Industriales y a sus maestros, a quienes les debemos gran parte de nuestros conocimientos, gracias a su paciencia y enseñanza.

Wendy y Carina

TABLA DE CONTENIDO

	PÁGINAS
ÍNDICE DE TABLAS	XI
ÍNDICE DE FIGURAS	XII
ÍNDICE DE ABREVIATURAS	XVII
ÍNDICE DE ANEXOS	XVIII
RESUMEN	XIX
ABSTRACT	XX
INTRODUCCIÓN	1
 CAPÍTULO I	
1. MARCO TEÓRICO	4
1.1. Introducción a los Sistemas Automatizados	4
1.1.1 Automatización	4
1.1.2 Estructura de un Sistema de Automatización	4
1.1.3 Componentes Técnicos de un Sistema de Automatización	5
1.1.4 Tipos de Automatización	5
1.1.5 Automatizado en Líneas de Producción	7
1.2 Controlador Lógico Programable “PLC”	7
1.2.1 Introducción a los PLC	7
1.2.2 Definición PLC.	7
1.2.3 Construcción Básica de un PLC	8
1.2.3.1 Hardware.	8
1.2.3.2 Arquitectura Interna.	9
1.2.4 Sistemas de un PLC.	10
1.2.4.1 Programas	10
1.2.4.2 El estándar IEC	11
1.2.4.3 Programación de PLCs	11
1.3 Redes de Comunicación Industrial.	11
1.3.1 Redes Industriales	11
1.3.2 Producción Integrada por Computador (CIM)	12
1.3.3 Clasificación de Redes Industriales.	13
1.3.3.1 Red de Datos	15
1.3.3.2 Red de Control	15
1.3.4 Topología de una Red Industrial	16

1.3.5	<i>Modelos de Comunicación</i>	17
1.3.6	<i>Modelo de Red OSI</i>	17
1.3.6.1	<i>Modelo OSI para las Comunicaciones Industriales</i>	18
1.4	Modbus	18
1.4.1	<i>Definición</i>	18
1.4.2	<i>Uso</i>	18
1.4.3	<i>Funcionamiento</i>	19
1.4.4	<i>Almacenamiento de Datos en Modbus Estándar</i>	19
1.5	OPC	20
1.5.1	<i>Definición</i>	20
1.5.2	<i>Funcionamiento</i>	21
1.5.3	<i>Ventajas OPC</i>	22
1.5.4	<i>Tipo de Datos que Soporta OPC</i>	22
1.5.5	<i>KEPServerEX</i>	23
1.6	HMI	24
1.6.1	<i>Definición</i>	24
1.6.2	<i>Ventajas de un HMI</i>	24
1.6.3	<i>Consideración para diseñar un HMI</i>	25
1.6.4	<i>Definición de requisitos operativos / funcionales de un HMI</i>	25
1.6.5	<i>Normativas y Reglas para el diseño y evaluación de un HMI</i>	26
1.6.6	<i>La Guía GEDIS</i>	27
1.6.6.1	<i>Definición de la Guía GEDIS</i>	27
1.6.6.2	<i>Partes de una Guía GEDIS</i>	27
1.6.7	<i>LOOKOUT National Instruments</i>	28
1.6.7.1	<i>Características y Capacidades de LOOKOUT</i>	28
1.6.8	<i>Conexión / Comunicación con un sistema HMI</i>	29
CAPÍTULO II		
2	MARCO METODOLÓGICO	31
2.1	Fase I: Planificación	32
2.1.1	<i>Descripción del Procesos</i>	32
2.1.2	<i>Especificaciones Técnicas</i>	32
2.1.3	<i>Especificaciones de Requerimientos</i>	33
2.1.4	<i>Planificación para el desarrollo de la Red</i>	33
2.2	Fase II: Diseño	34
2.2.1	<i>Diseño de la Red</i>	34
2.2.2	<i>Diseño del HMI</i>	35
2.2.2.1	<i>Arquitectura</i>	36

2.2.2.2	<i>Distribución de pantallas</i>	36
2.2.2.3	<i>Navegación</i>	37
2.2.2.4	<i>Uso del Color</i>	38
2.2.2.5	<i>Información Textual</i>	38
2.2.2.6	<i>Estatus de los Equipos y Eventos de Proceso</i>	39
2.2.2.7	<i>Información y Valores de Proceso</i>	40
2.2.2.8	<i>Gráficos de Tendencias y Tablas</i>	40
2.2.2.9	<i>Comandos y Entradas de Datos</i>	41
2.2.2.10	<i>Alarmas</i>	41
2.3	Fase III: Desarrollo	41
2.3.1	Configuración del Red	42
2.3.1.1	<i>Identificación de entradas, salidas y asignación de memorias de los PLC's</i>	42
2.3.1.1.1	<i>Módulo de Distribución</i>	42
2.3.1.1.2	<i>Módulo de Giro</i>	43
2.3.1.1.3	<i>Módulo de Proceso</i>	44
2.3.1.1.4	<i>Módulo Pick & Place</i>	46
2.3.1.1.5	<i>Módulo Músculo</i>	48
2.3.1.1.6	<i>Módulo de Separación</i>	49
2.3.1.1.7	<i>Módulo de Clasificación</i>	51
2.3.1.2	<i>Asignación de la Dirección IP de los PLC's</i>	52
2.3.1.2.1	<i>Módulo de Distribución</i>	52
2.3.1.2.2	<i>Módulo de Giro</i>	58
2.3.1.2.3	<i>Módulo de Proceso</i>	59
2.3.1.2.4	<i>Módulo Pick & Place</i>	59
2.3.1.2.5	<i>Módulo Músculo</i>	60
2.3.1.2.6	<i>Módulo de Separación</i>	61
2.3.1.2.7	<i>Módulo de Clasificación</i>	61
2.3.1.2.8	<i>Computadora</i>	62
2.3.2	Configuración del HMI	62
2.3.2.1	<i>Elaboración del HMI</i>	62
2.3.2.1.1	<i>Portada</i>	63
2.3.2.1.2	<i>Menú</i>	64
2.3.2.1.3	<i>Módulo Distribución</i>	64
2.3.2.1.4	<i>Módulo de Giro</i>	65
2.3.2.1.5	<i>Módulo de Proceso</i>	66
2.3.2.1.6	<i>Módulo Pick & Place</i>	67
2.3.2.1.7	<i>Módulo Músculo</i>	68

2.3.2.1.8	<i>Módulo de Separación</i>	69
2.3.2.1.9	<i>Módulo de Clasificación</i>	69
2.3.2.2	<i>Configuración del OPC y MODBUS</i>	70
2.3.2.2.1	<i>Configuración del OPC- Kepware</i>	71
2.3.2.2.2	<i>Configuración del Modbus de Lookout</i>	74
2.3.2.3	<i>Comunicación del HMI con el Proceso</i>	77
2.3.2.3.1	<i>Comunicación Módulo Distribución</i>	77
2.3.2.3.2	<i>Comunicación Módulo Giro</i>	78
2.3.2.3.3	<i>Comunicación Módulo Proceso</i>	79
2.3.2.3.4	<i>Comunicación Módulo Pick & Place</i>	81
2.3.2.3.5	<i>Comunicación Módulo Músculo</i>	83
2.3.2.3.6	<i>Comunicación Módulo de Separación</i>	85
2.3.2.3.7	<i>Comunicación Módulo de Clasificación</i>	88
2.3.2.4	<i>Cuentas de Usuario</i>	90
2.3.2.5	<i>Contadores</i>	94
2.4	Fase IV: Pruebas	97
CAPÍTULO III		
3	PRUEBAS Y RESULTADOS	98
3.1	Resultados Obtenidos	98
3.2	Pruebas realizadas	98
3.2.1	Comunicación a través del Estándar OPC	98
3.2.1.1	<i>MODBUS - LOOKOUT</i>	99
3.2.1.2	<i>OPCclient – KEPServerEX</i>	100
3.2.2	Pruebas del Funcionamiento de la red	102
3.2.3	Evaluación del HMI	105
3.2.3.1	<i>Consideraciones sobre la evaluación del HMI</i>	105
3.2.3.2	<i>Evaluación por cada Indicador</i>	105
3.2.3.3	<i>Evaluación Global</i>	106
3.2.3.4	<i>Resultado de la evaluación</i>	106
3.2.4	Cuentas de Usuario	106
3.2.5	Control del Número de Piezas por cada Módulo	107
3.2.6	Control de Alarmas	109
CONCLUSIONES		112
RECOMENDACIONES		113
BIBLIOGRAFÍA		
ANEXOS		

ÍNDICE DE TABLAS

	PÁGINA
Tabla 1-1: Descripción de Almacenamiento de Datos Modbus	19
Tabla 1-2: Hardware usado para la implementación de la red	32
Tabla 2-2: Software usado para la implementación de la red	33
Tabla 3-2: Uso del Color	38
Tabla 4-2: Estatus de los Equipos	40
Tabla 5-2: Entradas de datos	41
Tabla 6-2: Variables - Módulo Distribución	43
Tabla 7-2: Variables - Módulo Giro	44
Tabla 8-2: Variables - Módulo Proceso	45
Tabla 9-2: Variables - Módulo Pick & Place	47
Tabla 10-2: Variables – Módulo Músculo	49
Tabla 11-2: Variables - Módulo de Separación	50
Tabla 12-2: Variables - Clasificación	52
Tabla 13-2: Objetos usados en HMI	62

ÍNDICE DE FIGURAS

	PÁGINA
Figura 1-1: Estructura de un Sistema de Automatización	4
Figura 2-1: Diagrama de aplicación conceptual del PLC	8
Figura 3-1: PLC, Modicon M221.	8
Figura 4-1: El sistema PLC.	9
Figura 5-1: Arquitectura de un PLC.	10
Figura 6-1: Pirámide CIM.	13
Figura 7-1: Comunicación entre los niveles CIM.	14
Figura 8-1: Tipos de Redes Industriales.	15
Figura 9-1: Topologías de una Red de Comunicación Industrial.	16
Figura 10-1: Modelo OSI.	17
Figura 11-1: OPC.	21
Figura 12-1: Funcionamiento OPC.	21
Figura 13-1: Características de KEPServerEX.	23
Figura 14-1: OPC Cliente.	23
Figura 15-1: Lookout.	28
Figura 1-2: Diseño de la Red.	34
Figura 2-2: Diseño de la Red, CIM	34
Figura 3-2: Distribución de las Pantallas.	37
Figura 4-2: Navegación.	37
Figura 5-2: Información Textual.	39
Figura 6-2: Valores de Proceso.	40
Figura 7-2: Alarmas.	41
Figura 8-2: Módulo de Distribución.	42
Figura 9-2: Programa eSms Config.	42
Figura 10-2: Módulo de Giro.	43
Figura 11-2: Programa TIA Portal14.	44
Figura 12-2: Módulo de Proceso.	45
Figura 13-2: Programa TIA Portal14.	45
Figura 14-2: Módulo Pick & Place.	46
Figura 15-2: Programa TwidoSuite.	47
Figura 16-2: Módulo Músculo.	48
Figura 17-2: Programa TwidoSuite.	48

Figura 18-2: Módulo de Separación.	49
Figura 19-2: Programa So Machine.	50
Figura 20-2: Módulo de Clasificación.	51
Figura 21-2: Programa TIA Portal13.	51
Figura 22-2: PLC EASY – RIEVTECH.	53
Figura 23-2: Configuración predeterminada del acceso web.	53
Figura 24-2: Página de administración web abierta.	54
Figura 25-2: Página de Configuración del Modo de Trabajo.	54
Figura 26-2: Página de configuración de la interfaz AP.	55
Figura 27-2: Página de configuración de la interfaz STA.	56
Figura 28-2: Página de configuración de la aplicación.	57
Figura 29-2: Configuración del PLC como servidor.	57
Figura 30-2: Configuración Página de administración de dispositivos.	58
Figura 31-2: Asignación de la dirección IP – Módulo de Giro.	58
Figura 32-2: Asignación de la dirección IP – Módulo de Proceso.	59
Figura 33-2: Asignación de la dirección IP – Módulo Pick & Place.	60
Figura 34-2: Asignación de la dirección IP – Módulo Músculo.	60
Figura 35-2: Asignación de la dirección IP – Módulo de Separación.	61
Figura 36-2: Asignación de la dirección IP – Módulo de Clasificación.	61
Figura 37-2: Presentación LooKout 6.2.	62
Figura 38-2: Portada del HMI.	63
Figura 39-2: HMI – Menú.	64
Figura 40-2: HMI- Módulo de Distribución.	64
Figura 41-2: HMI- Módulo de Giro.	65
Figura 42-2: HMI- Módulo de Proceso.	66
Figura 43-2: HMI- Módulo Pick & Place.	67
Figura 44-2: HMI- Módulo Músculo.	68
Figura 45-2: HMI- Módulo de Separación.	69
Figura 46-2: HMI- Módulo de Clasificación.	70
Figura 47-2: OPC-Tipo de PLC.	71
Figura 48-2: OPC-Canal.	71
Figura 49-2: OPC-Variables.	72
Figura 50-2: OPC Módulo Proceso.	72
Figura 51-2: Tag Módulo Proceso.	73
Figura 52-2: Tags Terminados Proceso.	73
Figura 53-2: Tags Terminados Giro.	74
Figura 54-2: Tags Terminados Clasificación.	74

Figura 55-2: ModBus - Módulo Pick & Place	75
Figura 56-2: ModBus – Paso 2.	75
Figura 57-2: ModBus – Módulo Músculo.	76
Figura 58-2: ModBus - Módulo Separación	76
Figura 59-2: Comunicación Distribución.	77
Figura 60-2: Distribución – ModBus 2.	77
Figura 61-2: Indicadores PROJA, S2.	78
Figura 62-2: Elección del Canal y PLC - Giro.	78
Figura 63-2: Comunicación Sensores – HMI.	79
Figura 64-2: Indicadores S1, C1 y C3.	79
Figura 65-2: OPC Cliente – Lookout.	80
Figura 66-2: OPC – Lookout, Resultado Final.	80
Figura 67-2: Comunicación de Sensores y HMI.	81
Figura 68-2: Comunicación Sensores – Dirección.	81
Figura 69-2: Comunicación Pick & Place.	82
Figura 70-2: Configuración – Variables.	82
Figura 71-2: Asignación – Variables.	83
Figura 72-2: Comunicación Músculo.	83
Figura 73-2: Configuración – ModBus.	84
Figura 74-2: Asignación – Variables.	84
Figura 75-2: Indicadores START, STOP.	85
Figura 76-2: Comunicación Músculo.	85
Figura 77-2: Configuración – ModBus.	86
Figura 78-2: Indicadores S1, S3.	86
Figura 79-2: ModBus – Pushbutton.	87
Figura 80-2: ModBus – Dirección.	87
Figura 81-2: ModBus – Asignación.	88
Figura 82-2: OPC – E7.	88
Figura 83-2: OPC- Comunicación E7.	89
Figura 84-2: OPC – Sensores E7.	89
Figura 85-2: Indicadores S1, C3 y S6.	90
Figura 86-2: Ejecutar Programa CU.	90
Figura 87-2: Crear Cuenta de Usuario.	91
Figura 88-2: Cuenta de Usuario – Selección.	91
Figura 89-2: Cuenta de Usuario – Nueva.	92
Figura 90-2: Cuenta de Usuario – Configuración.	92
Figura 91-2: Cuenta de Usuario – Creada.	93

Figura 92-2: Cuenta de Usuario – System	93
Figura 93-2: Seguridad – Sistema.	94
Figura 94-2: Acceso – Sistema.	94
Figura 95-2: Crear Contadores.	95
Figura 96-2: Contador – Ubicación.	95
Figura 97-2: Contador – Condiciones.	96
Figura 98-2: Contador – Características.	96
Figura 99-2: Contador – Final.	96
Figura 1-3: Datos Estadísticos MODBUS- M. Distribución.	99
Figura 2-3: Datos Estadísticos MODBUS- M. Pick &Place.	99
Figura 3-3: Datos Estadísticos MODBUS- M. Músculo	100
Figura 4-3: Datos Estadísticos MODBUS- M. Separación.	100
Figura 5-3: Datos Estadísticos Quick Client - M. Giro.	101
Figura 6-3: Datos Estadísticos Quick Client - M. Proceso.	102
Figura 7-3: Datos Estadísticos Quick Client - M. Clasificación.	102
Figura 8-3: Comprobación de Comunicación Módulo Distribución.	102
Figura 9-3: Comprobación de Comunicación Módulo Giro.	103
Figura 10-3: Comprobación de Comunicación Módulo Proceso.	103
Figura 11-3: Comprobación de Comunicación Módulo Pick & Place.	104
Figura 12-3: Comprobación de Comunicación Módulo Músculo.	104
Figura 13-3: Comprobación de Comunicación Módulo Separación.	104
Figura 14-3: Comprobación de Comunicación Módulo Clasificación.	105
Figura 15-3: Acceso a la Interfaz a través de la cuenta: Usuario.	106
Figura 16-3: Conteo de Piezas, Módulo Distribución.	107
Figura 17-3: Conteo de Piezas, Módulo Giro.	107
Figura 18-3: Conteo de Piezas, Módulo Proceso.	108
Figura 19-3: Conteo de Piezas, Módulo Pick &Place.	108
Figura 20-3: Conteo de Piezas, Módulo Músculo.	108
Figura 21-3: Conteo de Piezas, Módulo Separación.	108
Figura 22-3: Conteo de Piezas, Módulo Clasificación.	109
Figura 23-3: Alarmas, Módulo de Distribución.	109
Figura 24-3: Alarmas, Módulo de Giro.	110
Figura 25-3: Alarmas, Módulo de Proceso.	110
Figura 26-3: Alarmas, Módulo Pick &Place.	110
Figura 27-3: Alarmas, Módulo Músculo.	111
Figura 28-3: Alarmas, Módulo Separación.	111
Figura 29-3: Alarmas, Módulo Clasificación	111

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

OPC	Plataforma Abierta de Comunicaciones
OPC UA	OPC Arquitectura Unificada
OPC DA	OPC Acceder a los datos
OPC AE	OPC Alarmas y Eventos
OPC HDA	OPC Acceso a Datos Historizados
PLC	Controlador Lógico Programable
CPU	Unidad Central De Proceso
CIM	Manufactura Integrada Por Computadora
ISO	Organización Internacional de Normalización
OSI	Interconexión de sistemas abiertos
SCADA	Supervisión, Control y Adquisición de Datos
RTU	Unidad Terminal Remota
TCP	Protocolo de Control de Transmisión
HMI	Interfaz hombre-máquina
TI	Tecnología de la Información
PC	Computadora Personal.
APIs	Interfaz de Programación de Aplicaciones
NET	Red
WCF	Fundación de Comunicación de Windows
DCOM	Modelo de Objetos de Componentes Distribuidos
IEC TR	Informe Técnico del Consorcio Internacional de Ingeniería
HFE	La ingeniería de factores humanos

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: Cuestionario para evaluación del HMI según Guía GEDIS.

ANEXO B: Resultados de la evaluación del HMI según Guía GEDIS.

ANEXO C: Programas de los Módulos

RESUMEN

En el presente trabajo de titulación se diseñó e implementó una Red de Comunicaciones Integrada al Proceso de Montaje de Manómetros para el Laboratorio de Automatización de la Facultad de Informática y Electrónica (FIE-ESPOCH), esta red permite reemplazar los sistemas de control centralizados por redes de control distribuido, los cuales tienen características particulares para responder a las necesidades de intercomunicación en tiempo real y transmitir datos. El diseño de la red se basó en la topología bus de campo que usa un canal, al cual se conectaron los diferentes dispositivos que integran la red, además se utilizó Lookout para la interfaz gráfica de los 7 módulos (distribución, giro, proceso, pick & place, presión, separación y clasificación) junto con el protocolo de comunicación ModBus ETHERNET y KepServerEX para la Plataforma Abierta de Comunicación (OPC). Se realizó revisión documental sobre redes de comunicación, se usó la metodología de programación extrema para planificar, diseñar, implementar y realizar las pruebas necesarias; la sistematización que incluye la Guía GEDIS, ISO 101 junto a la National Instruments para el diseño de la interfaz hombre-máquina (HMI) y el análisis para evaluar los datos obtenidos de la comunicación en tiempo real de los módulos. El nivel 0 (proceso) consta de los diferentes sensores, el nivel 1 tiene controladores lógicos programables (PLC's) por último está el nivel 2 (supervisión) donde trabaja el HMI para la visualización del proceso e interactuar con el usuario. Se concluye que la red implementada tiene sus niveles de comunicación basados en la pirámide de Manufactura Integrada por Computador (CIM), para que el control del proceso sea más robusto y confortable. Previo al diseño de cualquier red se recomienda analizar los requerimientos, la topología, alcance que va a tener y sobre todo el protocolo de comunicación para evitar conflictos de conexión.

PALABRAS CLAVE: <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <TECNOLOGÍA DEL CONTROL AUTOMÁTICO>, <REDES DE INDUSTRIALES>, <CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC)>, <INTERFAZ HOMBRE MÁQUINA (HMI)>, <MANUFACTURA INTEGRADA POR COMPUTADOR (CIM)>, <CONTROL DISTRIBUIDO>, <LOOKOUT (SOFTWARE)>, <PLATAFORMA ABIERTA DE COMUNICACIONES (OPC)>.

ABSTRACT

The purpose of the current graduation work was to design and implement an integrated communication network to the manometer installation process for the Automation Laboratory in the Informatics and Electronics Faculty (FIE-ESPOCH), this network allows replacing the centralized control systems by distributed control networks, which have particular characteristics to face the intercommunication needs in real time and transmit data. The design of the network was based on the fieldbus topology that uses a channel to which different devices making up the network were connected. In addition, Lookout was used for the graphic interface of the 7 modules (distribution, turning, process, pick & place, pressure, separation and classification) together with ModBus ETHERNET and KepServerEX communication protocol for the Open Communication Platform (OPC). The documentary review on communication networks was carried out, and the extreme programming methodology was used to plan, design, implement and carry out the necessary tests. The systematization including GEDIS, ISO 101 Guide with the National Instruments organization for designing the human-machine interface (HMI) was also carried out as well as the analysis to evaluate the communication data obtained in real time. The 0 level (process) consists of different sensors, level 1 contains programmable logic controllers (PLC's), finally level 2 (supervision) where HMI works for visualizing the process and interacting with the user. It is concluded that the network implemented, has its communication levels based on the computer-integrated manufacturing (CIM) so the process control can be more stable and comfortable. Before designing any network, it is recommended to analyze the requirements, topology, approach it will have and specially the communication protocol to avoid connection problems.

KEYWORDS: < TECHNOLOGY AND ENGINEERING SCIENCE> <AUTOMATIC CONTROL TECHNOLOGY> <INDUSTRIAL NETWORKS> <PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLER (PLC)> < HUMAN-MACHINE INTERFACE (HMI)> <COMPUTER INTEGRATED MANUFACTURING (CIM)> < DISTRIBUTED CONTROL> <LOOKOUT SOFTWARE> <OPEN COMMUNICATION PLATFORM (OPC)>

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de titulación describe el Diseño e Implementación de una Red de Comunicaciones Integrada al Proceso de Montaje de Manómetros para el Laboratorio de Automatización de la FIE-ESPOCH.; para lo cual, se implementó la Red Industrial Ethernet acompañada de la interfaz (HMI).

La principal característica que posee esta red de comunicación es mejorar la interconexión a nivel de campo de sensores y actuadores, optimizando el control de datos en tiempo real. En la industria, Ethernet trabaja conjuntamente con el protocolo TCP/IP permitiendo la comunicación entre los diferentes niveles de la pirámide CIM, ayudando a la integración de tecnologías de diferentes fabricantes.

El interés de realizar la implementación de esta red es tener comunicación entre los módulos didácticos y la interfaz gráfica (HMI), facilitando el acceso a datos, obteniendo respuestas inmediatas del funcionamiento, agilitando la toma de decisiones de cada una de los módulos y así contribuir a la formación académica.

Para el desarrollo se usó métodos y técnicas de investigación: **Revisión Documental** para adquirir información sobre redes de comunicación industrial. **Sistematización** en base a la revisión bibliográfica se pudo diseñar la red, **Metodología XP**, **Metodología de la Guía GEDIS** y **Recomendaciones National Instruments** para el diseño del HMI. **Experimentación**, para comprobar el funcionamiento de la red y la interfaz gráfica. **Análisis y Síntesis** para evaluar los datos, llegar a conclusiones y recomendaciones.

El contenido de trabajo de titulación se desarrolla de la siguiente manera:

En el capítulo I: Marco Teórico, recolección de información relacionada a automatización, redes de comunicación industrial, breve reseña de los programas a utilizar para el uso del OPC y del diseño del HMI.

En el capítulo II: Marco Metodológico, basada en la Metodología XP, para planificar, diseñar e implementar la red de comunicación. Se presenta el hardware y software de cada uno de los módulos para la comunicación usando el OPC- Kepserverex y MODBUS de LOOKOUT. La elaboración del HMI basada en la Guía GEDIS.

En el capítulo III: Pruebas y Resultados, se realiza un análisis del funcionamiento de: la red de comunicación implementada MODBUS ETHERNET TCP/IP y la evaluación del HMI.

ANTECEDENTES

La proliferación de las tecnologías electrónicas e informáticas en la década de los 70 hizo factible colocar pequeñas computadoras personales en lugares donde los usuarios las necesitaban. El uso generalizado de ordenadores personales provocó la necesidad de un método de comunicación organizado y preciso, es decir, una red de comunicación.

La creación de redes facilitó la descentralización de las tareas informáticas permitiendo a las computadoras conectadas intercambiar información entre ellas, sin tener que pasar por una ubicación central. También ha establecido una forma de unir equipos con dispositivos que aumenten el rendimiento y proporcionen nuevas posibilidades de control.

El laboratorio de Automatización FIE-ESPOCH posee módulos didácticos para el proceso de montaje de manómetros, que permiten realizar prácticas de sensores, actuadores y programación de PLC's, los cuales en conjunto conforman dicho proceso. En la actualidad los módulos son usadas de manera individual, no poseen una red de comunicaciones entre ellas, dificultando la eficiencia de este proceso y afectando el aprendizaje de los estudiantes.

Por lo tanto, la tarea principal es reemplazar los sistemas de control centralizados por redes de control distribuido que poseen características particulares para responder a las necesidades de intercomunicación en tiempo real y transmitir datos. Dando la posibilidad de conectar gran número de módulos, la visualización y supervisión de todo el proceso productivo.

Delimitación

- **Temporal**

El trabajo de titulación se implementó en un tiempo estimado de 8 meses. En el periodo de abril-octubre 2017.

- **Espacial**

Fue implementado en el Laboratorio de Automatización de la FIE-ESPOCH.

- **Académica**

El trabajo será aplicado a siete módulos didácticos, las cuales cuentan con: 3 PLCs S7-1200 de SIEMENS, 2 PLCs TWIDO de SCHNEIDER con módulos integrados de sensores, actuadores y accesorios necesarios para su funcionamiento. Con el fin de que la red ETHERNET sea implementada y se pueda demostrar que es aplicable para

dispositivos de diferentes fabricantes se adquirió los siguientes elementos: 1 PLC RIEVTECH EASY WIFI, 1 PLC M221 MODICON.

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo mejoraría una Red de Comunicaciones integrada al Proceso de Montaje de Manómetros para el laboratorio de Automatización de la FIE-ESPOCH?

OBJETIVOS

Objetivos Generales

Diseñar e Implementar una Red de Comunicaciones Integrada al Proceso de Montaje de Manómetros para el Laboratorio de Automatización de La FIE-ESPOCH.

Objetivos Específicos

- Analizar los requerimientos para implementar una red de comunicación con el estándar OPC.
- Diseñar los niveles de comunicación de acuerdo a los requerimientos establecidos, basados en la pirámide CIM.
- Implementar la red de comunicación, usando el tipo de red: BUS DE CAMPO.
- Implementar Sistemas HMI-SCADA para la red por medio de un dispositivo inteligente.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Introducción a los Sistemas Automatizados

1.1.1 Automatización

La automatización en el entorno industrial permite usar sistemas de control, como computadoras o robots, y tecnologías de información para manejar diferentes procesos y maquinarias en una industria para reemplazar a un ser humano. Es el segundo paso más allá de la mecanización en el ámbito de la industrialización. La Automatización Industrial une tanto el suelo de la planta como el piso de la oficina.

1.1.2 Estructura de un Sistema de Automatización

Un sistema de automatización tiene la siguiente estructura (figura 1-1) con el objetivo automatizar las operaciones en el proceso técnico con la ayuda de unidades de procesamiento de información apropiadas. Los operadores humanos sólo formulan peticiones sobre los resultados operativos.

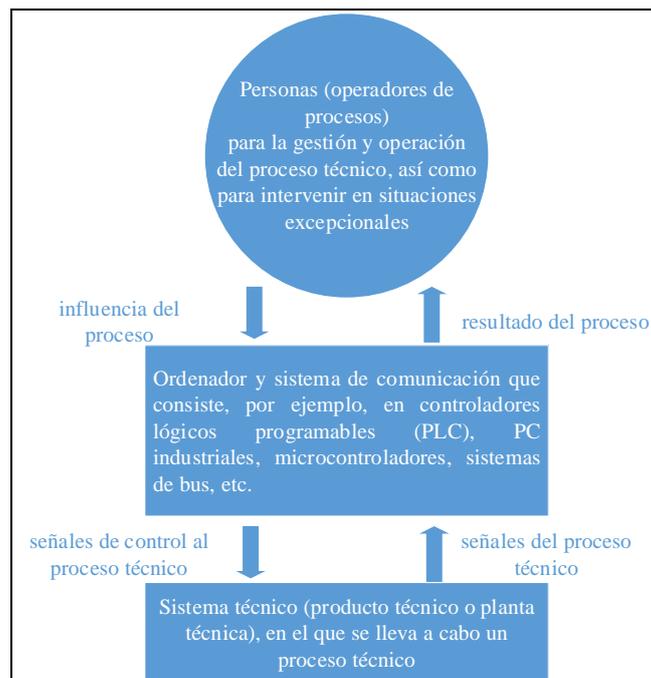


Figura 1-1: Estructura de un Sistema de Automatización.

1.1.3 Componentes Técnicos de un Sistema de Automatización

En un sistema de automatización los componentes técnicos están relacionados desde lo que se desea automatizar, hasta las instalaciones necesarias para la automatización. Para ello se requiere de interfaces y de un sistema de comunicación, el cual permitirá la interacción de los sensores, actuadores.

Los principales componentes técnicos de un sistema de automatización son:

Sensores: dispositivos de detección, medición, capaces de adquirir información sobre la progresión de las variables en el proceso. Hacen la conversión en señales eléctricas u ópticas. Ejemplos: temperatura, presión, velocidad, etc.

Actuadores: Conversión de información de control para influir en variables de proceso, elementos de corrección. Ejemplos: relés, servomotores, cilindros, etc.

Sistema de comunicación en automatización de productos:

Productos simples: pocos sensores y actuadores. Distancias de línea cortas.

Productos complejos: comunicación entre subsistemas mediante sistema de bus.

Tareas de comunicación en varios niveles:

Bus de la fábrica: nivel 3, permite la comunicación con la PC principal.

Bus de planta (bus de proceso): nivel 2, permite la comunicación entre PLC's y las PC

Bus de campo: nivel 1, permite la comunicación entre el PLC, sensores, actuadores.

Diferentes formas de controladores programables

Controlador lógico programable (PLC), Microcontrolador, Ordenador personal (PC), Sistema de control de procesos.

Sistema de software de automatización

Conjunto de todos los programas necesarios para la ejecución de tareas de automatización, incluyendo su documentación. («Microsoft PowerPoint - ia_01.ppt - ia_01___what_is_IA.pdf»)

1.1.4 Tipos de Automatización

Los sistemas automatizados se pueden clasificar en tres tipos básicos:

Automatización Fija, Automatización Programable y Automatización Flexible.

- Automatización Fija: Es un sistema en el que la secuencia de operaciones de procesamiento (o ensamblaje) se fija por la configuración del equipo. Las operaciones en la secuencia son generalmente simples. Es la integración y coordinación de muchas de estas operaciones en una sola pieza de equipo lo que hace que el sistema sea complejo.

Las características típicas de la automatización fija son: Alta inversión inicial para el equipo de ingeniería a medida, altas tasas de producción; y relativamente inflexible para acomodar los cambios del producto. Ejemplos de automatización fija incluyen mecanizado de montaje y mecanizado de líneas de transferencia.

- Automatización Programable: En esto el equipo de producción está diseñado con la capacidad de cambiar la secuencia de operaciones para acomodar diferentes configuraciones de producto. La secuencia de operación es controlada por un programa, que es un conjunto de instrucciones codificadas para que el sistema pueda leerlas e interpretarlas. Se pueden preparar nuevos programas y entrar en el equipo para producir nuevos productos.

Algunas de las características son: Alta inversión en equipo de uso general, bajas tasas de producción en relación con la automatización fija, flexibilidad para hacer frente a los cambios en la configuración del producto, y más adecuado para la producción por lotes. Los sistemas automatizados de producción que son programables se utilizan en producción de volumen bajo y medio.

Ejemplos de automatización programada incluyen máquinas herramientas de control numérico y robots industriales.

- Automatización Flexible: Es una extensión de la automatización programable. Un sistema automatizado flexible es aquel que es capaz de producir una variedad de productos (o partes) con prácticamente ningún tiempo perdido para los cambios de un producto a otro. No se pierde tiempo de producción mientras se reprograma el sistema y se altera la configuración física (herramientas, accesorios y configuración de la máquina).

Las características de la automatización flexible se pueden resumir de la siguiente manera:

diseñado para fabricar una variedad de productos o piezas. Bajas tasas de producción, variando el diseño y la demanda del producto. («TYPES OF AUTOMATION - TYPES OF AUTOMATION online tutorial (9679) | Wisdom Jobs»)

1.1.5 *Automatizado en Líneas de Producción*

Una línea de producción automatizada consiste en una serie de estaciones de trabajo conectadas por un sistema de transferencia para mover partes entre las estaciones. Este es un ejemplo de automatización fija, ya que estas líneas suelen estar configuradas para ciclos de producción largos.

Cada estación está diseñada para realizar una operación de procesamiento específica, de manera que la pieza o producto se construye escalonadamente a medida que progresa a lo largo de la línea. Una pieza de trabajo sin procesar entra en un extremo de la línea, procede a través de cada estación de trabajo, y emerge en el otro extremo como un producto terminado.

Las diversas operaciones, línea de transferencia deben ser secuenciados y coordinados correctamente para que la línea funcione eficientemente. Las líneas automatizadas modernas son controladas por PLCs, que son computadoras especiales que facilitan las conexiones con equipos industriales. («automation - Manufacturing applications of automation and robotics | Britannica.com»)

1.2 Controlador Lógico Programable “PLC”

1.2.1 *Introducción a los PLC*

Los PLCs fueron desarrollados por primera vez por Information Instruments, Inc. para la División Hydra-matic de General Motors en 1968 para reducir el tiempo de respuesta cuando se implementaron nuevas líneas de producción. La compacta estructura física de los PLC redujo significativamente el espacio ocupado por los componentes físicos previos. ahorrando tiempo y coste de instalación, así como mantenimiento a largo plazo.

El lenguaje de software creado para los PLC, llamado "ladder logic", permitió a los técnicos comprender y actualizar rápidamente la lógica, ya que se necesitaban cambios con un mínimo de capacitación adicional. Además, la lógica de escalera (y otros lenguajes de programación) ofrecen una visualización gráfica en tiempo real del funcionamiento del programa y de la máquina. («A Review of Programmable Logic Controllers in Control Systems Education - viewcontent.cgi»)

1.2.2 Definición PLC

Las tres siglas se refieren a “**Controlador Lógico Programable**”, son considerados dispositivos de control extremadamente altos y altamente confiables. Así que son ampliamente utilizados en la automatización de la industria, controladores de brazo de robot, control de máquina, automatización de líneas de producción y controladores de ascensores, etc. La figura 2-1 ilustra un diagrama conceptual de una aplicación de PLC.

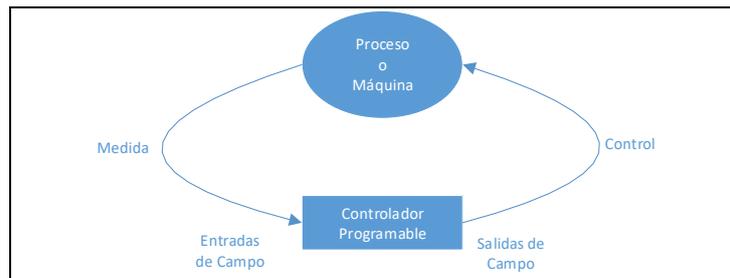


Figura 2-1: Diagrama de aplicación conceptual del PLC.

Fuente: («Chapter1 - ProgrammableControllers.pdf»)

PLC es una computadora digital con un sistema operativo cargado por el fabricante, funciona de acuerdo con un programa que el usuario carga en él. Cuando se habla de la tarea de programación en los PLC, hay varias opciones de lenguaje de programación disponibles, como: **lógica de escalera, diagrama de bloques de funciones, lista de instrucciones y diagrama de flujo continuo**, son lenguajes de programación gráfica de alto nivel. La mayoría de los desarrolladores usan la lógica Ladder. («Introduction to automation - Programmable devices explained» 2017)



Figura 3-1: PLC, Modicon M221

Fuente: («Logic Controllers - Modicon M221 | Schneider Electric»)

1.2.3 Construcción Básica de un PLC

1.2.3.1 Hardware

Un sistema PLC tiene los componentes funcionales básicos: unidad de procesador, memoria, unidad de fuente de alimentación, sección de interfaz de entrada / salida, interfaz de comunicaciones y el dispositivo de programación. La figura -14, muestra la disposición básica.

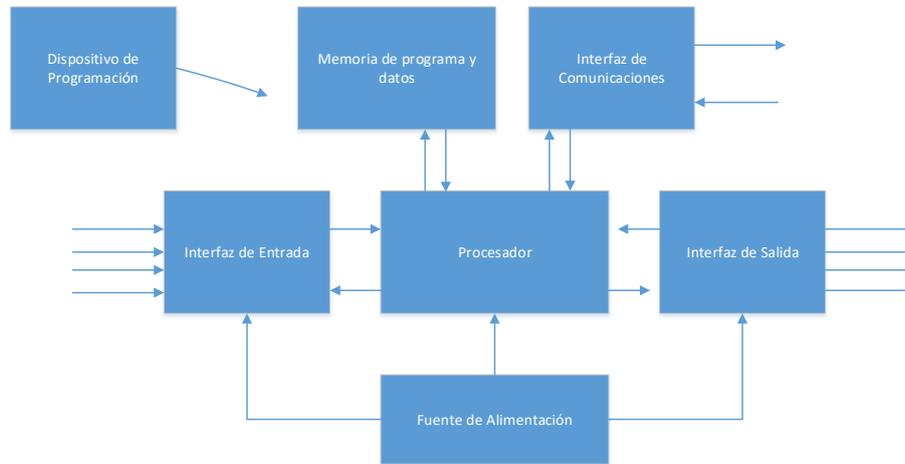


Figura 4-1: El sistema PLC.

Fuente: («Newnes Programmable Logic Controllers (09-2009) - 1388863.pdf»)

Para operar el sistema PLC es necesario que tenga acceso a los datos a procesar y a las instrucciones, es decir, al programa, que le informa de cómo se procesarán los datos. Ambos se almacenan en la memoria del PLC para el acceso durante el procesamiento.

Los canales de entrada / salida proporcionan funciones de aislamiento y de acondicionamiento de señales para que a menudo los sensores y actuadores puedan conectarse directamente a ellos sin necesidad de otros circuitos.

Las salidas se especifican como de tipo relé, transistor o triac. La interfaz de comunicaciones se utiliza para recibir y transmitir datos sobre redes de comunicaciones desde o hacia otros PLC remotos. («Newnes Programmable Logic Controllers (09-2009) - 1388863.pdf»)

1.2.3.2 *Arquitectura Interna*

La arquitectura interna básica de un PLC consiste en una unidad central de procesamiento (CPU) que contiene el microprocesador del sistema, la memoria y el circuito de entrada / salida.

La CPU controla y procesa todas las operaciones dentro del PLC. Se suministra con un reloj que tiene una frecuencia típicamente entre 1 y 8 MHz. Esta frecuencia determina la velocidad de

funcionamiento del PLC y proporciona la temporización y sincronización de todos los elementos del sistema.

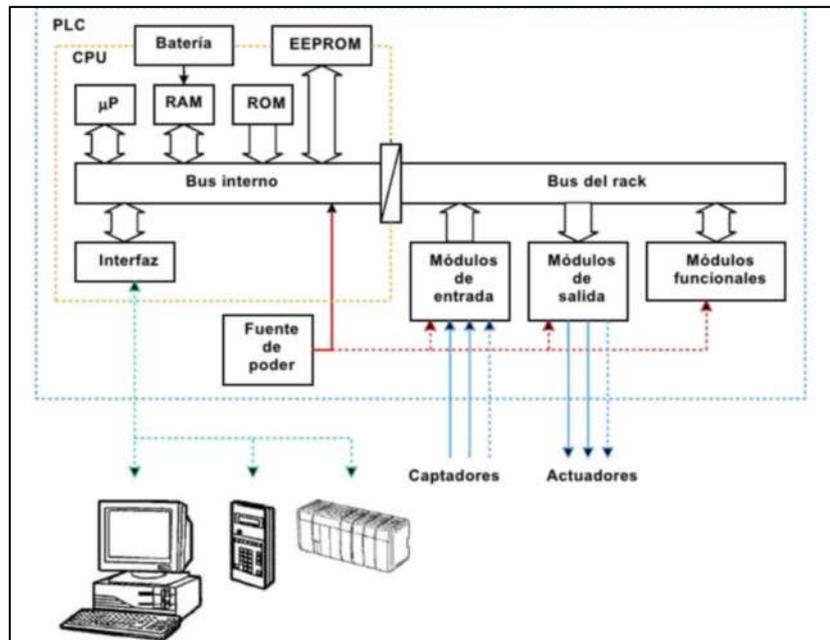


Figura 5-1: Arquitectura de un PLC.

Fuente: (mapaskarnaugh 18:41:21 UTC)

La información dentro del PLC se lleva a cabo por medio de señales digitales las cuales fluyen a través de buses. La CPU utiliza el bus de datos para enviar datos entre los elementos constituyentes, el bus de direcciones para enviar las direcciones de ubicaciones para acceder a datos almacenados y el bus de control para señales relacionadas con acciones de control interno. El bus del sistema se utiliza para las comunicaciones entre los puertos de entrada / salida y la unidad de entrada / salida. («Newnes Programmable Logic Controllers (09-2009) - 1388863.pdf»)

1.2.4 Sistemas de un PLC

1.2.4.1 Programas

Los programas para su uso con PLC pueden escribirse en varios formatos. Para facilitar a los ingenieros sin gran conocimiento de la programación la creación de programas para PLCs, se desarrolló la programación de escalera (LADDER).

La mayoría de los fabricantes de PLC adoptaron este método de redacción de programas; sin embargo, cada uno tendió a desarrollar sus propias versiones y por lo tanto se ha adoptado un estándar internacional para la programación en escalera y, de hecho, todos los métodos usados

para programar PLCs. La norma, publicada en 1993, es la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) 1131-3, a veces denominada IEC 61131-3.

1.2.4.2 *El estándar IEC*

La norma IEC 61131 completa cubre el ciclo de vida completo de los PLC:

Parte 1: Definición general de terminología básica y conceptos.

Parte 2: Requisitos de equipos electrónicos y mecánicos y pruebas de verificación para PLCs y equipos asociados.

Parte 3: Lenguajes de programación. Se definen cinco lenguajes: diagrama de escalera (LAD), diagramas de funciones secuenciales (SFC), diagrama de bloques de funciones (FBD), texto estructurado (ST) y lista de instrucciones (IL).

Parte 4: Orientación sobre la selección, instalación y mantenimiento de PLC.

Parte 5: Instalaciones de software necesarias para la comunicación con otros dispositivos basados en la Especificación de mensajería de fabricación (MMS).

Parte 6: Comunicaciones a través de instalaciones de software de bus de campo.

Parte 7: Programación de control difusa.

Parte 8: Directrices para la implementación de los lenguajes de programación del PLC definidos en la Parte 3.

1.2.4.3 *Programación de PLCs*

Un dispositivo de programación puede ser un dispositivo de mano, una consola de escritorio o un ordenador. Sólo cuando el programa ha sido diseñado en el dispositivo de programación y está listo se transfiere a la unidad de memoria del PLC.

Las computadoras personales están ampliamente configuradas como estaciones de trabajo de desarrollo de programas. Algunos PLC sólo requieren que la computadora tenga el software apropiado; otros requieren tarjetas de comunicación especiales para interactuar con el PLC. Una ventaja importante de usar una computadora es que el programa se puede almacenar en el disco duro o un CD y las copias se pueden hacer fácilmente. («Newnes Programmable Logic Controllers (09-2009) - 1388863.pdf»)

1.3 Redes de Comunicación Industrial

1.3.1 *Redes Industriales*

El objetivo principal del sistema de comunicación es el de proporcionar el intercambio de información de control entre dispositivos remotos. Se realiza en base a diferentes tecnologías:

- Comunicación punto-punto analógica
- Comunicación punto-punto digital
- Comunicación punto-punto híbrida
- Comunicación digital con bus de campo

La red de comunicaciones se ha convertido en una parte indispensable en el diseño del sistema de control. El modelo de red utilizado influye poderosamente en las prestaciones del sistema de control utilizado. Diseñada para transmitir grandes cantidades de datos y da la posibilidad de conectar gran número de estaciones.

La implementación de una red proporciona una gran variedad de ventajas, entre ellas tenemos:

- Reducción Programación: Evitar el manejo de datos por el PLC en funciones de control.
- Aumento prestaciones sistema: Visualización y supervisión de todo el proceso productivo.
- Reducción de cableado: Control, programación y diagnóstico sobre la misma red.
- Soluciones Escalables: Elección de controlador adecuado para el control, no para el manejo de datos.
- Reducción de los tiempos de Paro: Diagnóstico de los dispositivos e información Predictiva.
- Integración Total: Toma de datos del proceso más rápida o instantánea. Posibilidad de intercambio de datos entre sectores del proceso y entre departamentos. («Microsoft PowerPoint - Presentacion_Maestria_RedInd - Presentacion_Maestria_RedInd.pdf» [noviembre, 2016])

1.3.2 Producción Integrada por Computador (CIM)

CIM se define como el “uso de la tecnología por medio de las computadoras para integrar las actividades de la empresa”. El objetivo de los sistemas CIM es tratar de integrar las distintas áreas funcionales de una organización industrial, mediante la automatización y coordinación de sus distintas actividades, utilizando software y hardware especializado. («Microsoft PowerPoint - Presentacion_Maestria_RedInd - Presentacion_Maestria_RedInd.pdf» [noviembre, 2016])

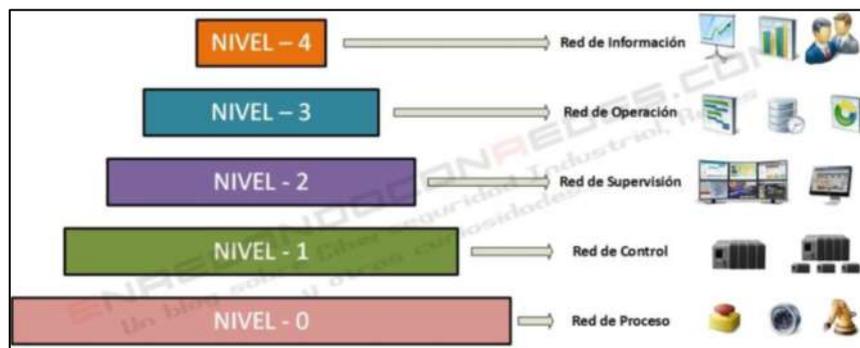


Figura 6-1: Pirámide CIM

Fuente: («Enredando con redes ...piramide-automatizacion-industrial» 2017)

- Nivel 0: El nivel más bajo tenemos dispositivos de entrada y salida como sensores (medición y conteo) y actuadores (motores, robots, servos, etc.) conectados a través de interfaces de E / S con el siguiente nivel. También incluye el proceso productivo.
- Nivel 1: Involucra controladores como PLC pequeños o computadoras pequeñas, conectados a través de una red, con el siguiente nivel. Dichos PLCs están programados para el procesamiento de datos y señales dadas por el nivel 0 y dar órdenes de salida hacia otros componentes.
- Nivel 2: También formado por PLCs grandes de características superiores al nivel 1 y computadoras que ejercen la supervisión y control de área local, a través de sistemas HMI o sistemas SCADA.
- Nivel 3: Encargado de almacenar la información de proceso o de infraestructuras, según sea el caso por medio de los Historizadores, basados en Motores de bases de datos. También permiten gestionar el entorno industrial o manufacturero a través de Sistemas MES (Manufacturing Execution System).
- Nivel 4: En este nivel gestionan de forma global la producción dentro de una empresa, además de otros aspectos como la distribución, logística, inventario, facturación. Por medio de sistemas modulares y especializados realizan diferentes tareas, permitiendo la resolución de problemas vinculados a la fabricación y departamentos afines.

La conexión entre niveles y sistemas, podrá realizarse mediante una variedad de tipos de medios físicos, buses y protocolos según sea el caso, aunque dependiendo el entorno y capacidades, es

más predominante el uso de unos u otros. Medios físicos: RS-485, Ethernet, Fibra Óptica y Wi-Fi. En cuanto a buses de campo según sea el medio podrán ser unos u otros. En el caso de RS-485 podremos encontrar, Profibus, Canbus, Modbus, etc. y en Ethernet, Profinet, Ethernet/IP, Ethercat, etc. («Enredando con redes ...piramide-automatizacion-industrial» 2017)

1.3.3 Clasificación de Redes Industriales

El principal inconveniente que se presenta a partir de la implementación de la pirámide CIM, es la intercomunicación de los elementos del nivel 0. Dicho esquema tiene diferentes niveles de comunicación, cada uno de ellos con diferentes necesidades.

- En el nivel 0 se requiere el intercambio de un gran volumen de datos en tiempo real y a menudo de forma cíclica.
- En los niveles más altos los datos intercambiados son en general de menor volumen y admiten retardos, pero la comunicación ha de ser muy fiable.

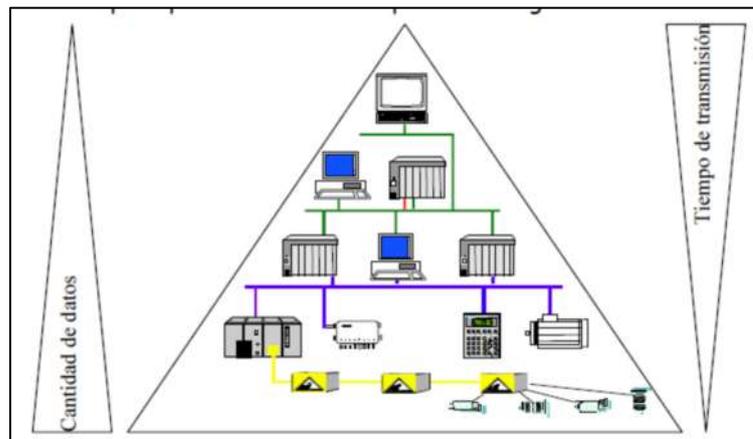


Figura 7-1: Comunicación entre los niveles CIM

Fuente: (« Presentacion_Maestria_RedInd -resentacion_Maestria_RedInd.pdf»)

Por lo tanto, una red puede ser de dos tipos:

- Redes de Control: ligadas a la parte baja de la pirámide.
- Redes de Datos: más ligadas a las partes altas de la jerarquía.

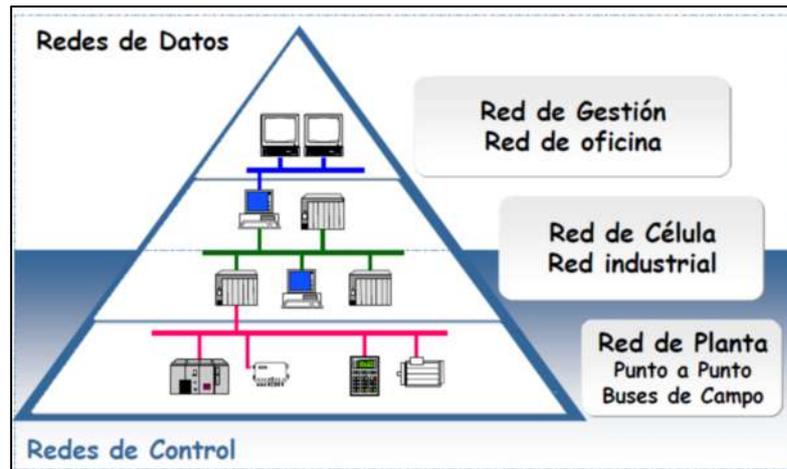


Figura 8-1: Tipos de Redes Industriales

Fuente: (« Presentacion_Maestria_RedInd - Presentacion_Maestria_RedInd.pdf »)

1.3.3.1 Red de Datos

Las redes de datos están orientadas al transporte de grandes paquetes de datos, que aparecen de forma esporádica (baja carga), y con un gran ancho de banda para permitir el envío rápido de una gran cantidad de datos.

- Red de Fábrica: El volumen de información intercambiada es muy alto, y los tiempos de respuesta no son críticos.
 - Programas dedicados a la planificación de recursos de la empresa, a la gestión de sistemas de ejecución de la fabricación
 - Programas de diseño, simulación, ingeniería y fabricación asistidos por computadora.
- Red de Célula: Interconexión de dispositivos de fabricación que operan en modo secuencial, como robots, autómatas programables (PLC).
 - Funciona en ambientes hostiles (presencia de fuertes Perturbaciones, temperaturas Extremas y polvo, etc.).
 - Gran seguridad en el intercambio de datos.
 - Elevada fiabilidad de las redes de comunicación. («Microsoft PowerPoint - Presentacion_Maestria_RedInd - Presentacion_Maestria_RedInd.pdf»)

1.3.3.2 Red de Control

Las redes de control se enfrentan a un tráfico formado por un gran número de pequeños paquetes, intercambiados con frecuencia entre un alto número de estaciones que forman la red.

- Bus de Campo: Es un sistema de comunicación industrial que conecta diferentes dispositivos, sensores, actuadores y accionamientos a un controlador.
 - Diseñado para transmitir pequeñas cantidades de datos
 - Cubrir necesidades de tiempo real.
 - Alta fiabilidad en la transmisión
 - Manejo sencillo. Fácil configuración
 - Protocolos simples y limitados.
 - Transmisión simultánea de datos de E/S.
 - Bajos costes de conexión

1.3.4 Topología de una Red Industrial

La estructura de una red se llama topología. La Figura 9-1 muestra las topologías básicas de la red. Las topologías “Bus” y “Anillo” comparten el mismo cable de red. En la configuración “Estrella”, cada computadora tiene un solo cable que lo conecta a un hub central.

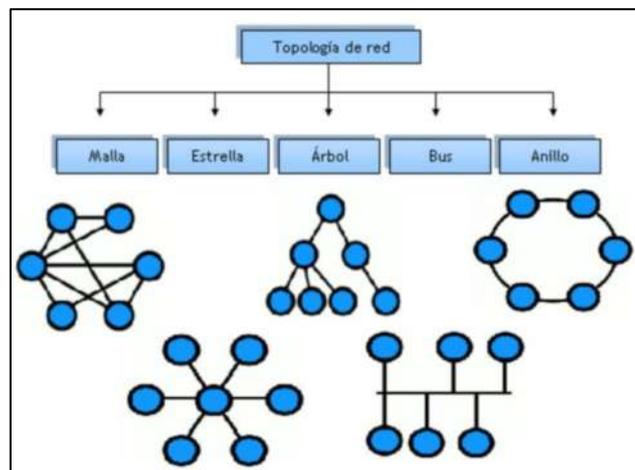


Figura 9-1: Topologías de una Red de Comunicación Industrial

Fuente: («Topologías de Red - Mind42: Free online mind mapping software»)

En las topologías 'Anillo' y 'Bus', el control de red se distribuye entre todos los equipos de la red. El cableado sólo utiliza un solo bucle o una serie de cables. Pero, debido a que sólo hay un cable, la red se ralentizará significativamente a medida que aumenta el tráfico. Esto también requiere interfaces de red más sofisticadas que pueden determinar cuándo se permite a un ordenador transmitir mensajes. También es posible que un problema en los cables de red detenga toda la red.

La topología "Estrella" requiere más cable en general para conectar cada computadora a un concentrador inteligente. Pero, las interfaces de red en el equipo se vuelven más simples, y la red se vuelve más confiable. Otro término comúnmente utilizado es que es determinista, esto significa que el rendimiento se puede predecir. Esto puede ser importante en aplicaciones críticas.(«integrated.book - 2915.pdf»)

1.3.5 Modelos de Comunicación

Los modelos que enmarcan un sistema de comunicación son:

- Maestro – Esclavo: Un dispositivo o proceso maestro controla a uno o más dispositivos o procesos esclavos (coordinador central).
- Productor - Consumidor: Cada entidad produce información, que adquieren los consumidores.
- Cliente – Servidor: Dos entidades cooperan para proporcionar servicios de transacción. El cliente Temario realiza una petición que el servidor procesa y sirve.
- Publicista – Suscriptor: Las entidades operan autónomamente. El publicista publica Temario datos a uno o más suscriptores, que no necesitan responder. («Microsoft PowerPoint - Presentacion_Maestria_RedesInd - Presentacion_Maestria_RedesInd.pdf» [noviembre, 2016]).

1.3.6 Modelo de Red OSI



Figura 10-1: Modelo OSI

Fuente: (matias 2006)

Para facilitar las comunicaciones entre dispositivos, en 1979 la Organización Internacional de Normalización (ISO) elaboró un modelo para la normalización de la interconexión de sistemas abiertos (OSI); el modelo se denomina el modelo ISO OSI. Un enlace de comunicación entre elementos de equipos digitales se define en términos de estándares físicos, eléctricos, de protocolo y de usuario, el modelo OSI de ISO dividiendo esto en siete capas (Figura 10-1).

1.3.6.1 *Modelo OSI para las Comunicaciones Industriales*

Las capas utilizadas del Modelo OSI para las Comunicaciones Industriales son:

- **Capa Física:** Esta capa se ocupa de la codificación y transmisión física de la información. Sus funciones incluyen sincronizar la transferencia de datos y transferir bits de datos entre sistemas.
- **Capa de Enlace de Datos:** Esta capa define los protocolos para enviar y recibir información entre sistemas que están directamente conectados entre sí. Sus funciones incluyen ensamblar bits de la capa física en bloques y transferirlos, controlar la secuencia de bloques de datos, y detectar y corregir errores.
- **Capa de Aplicación:** Esta capa tiene la función de vincular el programa de usuario al proceso de comunicación y se refiere al significado de la información transmitida. («Newnes Programmable Logic Controllers (09-2009) - 1388863.pdf»)

1.4 **Modbus**

1.4.1 *Definición*

Modbus es un protocolo de comunicación en serie desarrollado por Modicon en 1979 para su uso con sus controladores lógicos programables (PLCs). Es un método utilizado para transmitir información sobre líneas seriales entre dispositivos electrónicos. El dispositivo que solicita la información se llama Modbus Master y los dispositivos que suministran información son esclavos Modbus. En una red Modbus estándar, hay un maestro y hasta 247 esclavos, cada uno con una dirección de esclavo única. El maestro también puede escribir información a los esclavos. («Simply Modbus - About Modbus»)

1.4.2 *Uso*

Modbus se utiliza típicamente para transmitir señales desde dispositivos de instrumentación y control a un controlador principal o sistema de recolección de datos. Se utiliza a menudo para

conectar un ordenador de supervisión con una unidad terminal remota (RTU) en sistemas de control de supervisión y adquisición de datos (SCADA). Existen versiones del protocolo Modbus para líneas serie (Modbus RTU y Modbus ASCII) y para Ethernet (Modbus TCP). («Simply Modbus - About Modbus»)

1.4.3 *Funcionamiento*

Modbus se transmite a través de líneas serie entre dispositivos. La configuración más sencilla sería un solo cable serie que conectaría los puertos serie en dos dispositivos, un Maestro y un Esclavo. Los datos se envían como series de unos y ceros llamados bits. Cada bit se envía como un voltaje. Los ceros se envían como voltajes positivos y otros como negativos. Los bits se envían muy rápidamente. Una velocidad de transmisión típica es 9600 baudios (bits por segundo). («Simply Modbus - About Modbus»)

1.4.4 *Almacenamiento de Datos en Modbus Estándar*

La información se almacena en el dispositivo esclavo en cuatro tablas diferentes. Dos tablas almacenan valores discretos de encendido / apagado (bobinas) y dos valores numéricos de almacén (registros). Las bobinas y los registros tienen una tabla de sólo lectura y una tabla de lectura y escritura.

Cada tabla tiene 9999 valores.

Cada bobina o contacto es de 1 bit y se le asigna una dirección de datos entre 0000 y 270E.

Cada registro es 1 palabra = 16 bits = 2 bytes y también tiene dirección de datos entre 0000 y 270E.

Tabla 1-1: Descripción de Almacenamiento de Datos Modbus

Números de bobina / registro	Direcciones de datos	Tipo	Nombre de la tabla
1-9999	0000 a 270E	Leer escribir	Bobinas de salida discretas
10001-19999	0000 a 270E	Solo lectura	Contactos de entrada discreta
30001-39999	0000 a 270E	Solo lectura	Registros de entrada analógica
40001-49999	0000 a 270E	Leer escribir	Registros de mantenimiento de salida analógica

Realizado por: Narváez, Toledo. 2017

Fuente: («Simply Modbus - About Modbus»)

Los números de bobina / registro pueden considerarse como nombres de ubicación, ya que no aparecen en los mensajes reales. Las direcciones de datos se utilizan en los mensajes.

Por ejemplo, el primer registro de retención, número 40001, tiene la dirección de datos 0000.

La diferencia entre estos dos valores es el desplazamiento.

Cada tabla tiene un desplazamiento diferente. 1, 10001, 30001 y 40001.

A cada esclavo de una red se le asigna una dirección de unidad única de 1 a 247. Cuando el maestro solicita datos, el primer byte que envía es la dirección de esclavo. De esta manera, cada esclavo sabe después del primer byte si ignora o no el mensaje. («Simply Modbus - About Modbus»)

1.5 OPC

1.5.1 Definición

OPC es el estándar de interoperabilidad para el intercambio seguro y fiable de datos en el espacio de automatización industrial y en otras industrias. Es independiente de la plataforma y garantiza el flujo continuo de información entre dispositivos de varios proveedores. Es una serie de especificaciones: la interfaz entre Clientes y Servidores, así como Servidores, incluyendo acceso a datos en tiempo real, monitoreo de alarmas y eventos, acceso a datos históricos y otras aplicaciones.

Cuando el estándar fue lanzado por primera vez en 1996, su propósito era abstraer los protocolos específicos del PLC (como Modbus, Profibus, etc.) en una interfaz estandarizada que permite a los sistemas HMI / SCADA interactuar con un "intermediario" OPC de lectura / escritura en peticiones específicas del dispositivo y viceversa. Como resultado, surgió una industria de productos artesanales que permitía a los usuarios finales implementar sistemas que usaban los mejores productos y que interactuaban sin problemas con OPC.

Con la introducción de arquitecturas orientadas a servicios en los sistemas de fabricación surgieron nuevos retos en la seguridad y el modelado de datos. La Fundación OPC desarrolló las especificaciones OPC UA para atender estas necesidades y, al mismo tiempo, proporcionó una arquitectura de plataforma abierta de tecnología rica en funciones, que era a prueba de futuro, escalable y extensible. Hoy en día, el acrónimo OPC significa Open Platform Communications. («What is OPC?»)

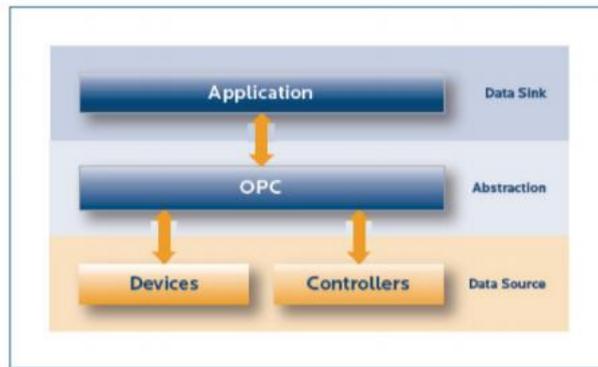


Figura 11-1: OPC

Fuente: («infopl_net_guia_para_entender_la_tecnologia_opc.pdf»)

1.5.2 *Funcionamiento*

Se puede representar como una capa de “abstracción” intermedia que se sitúa entre la Fuente de Datos y el Cliente de Datos, permitiéndoles intercambiar datos sin saber nada el uno del otro. Figura (1-12). La “abstracción de dispositivo” OPC se consigue utilizando dos componentes OPC especializados llamados Cliente OPC y Servidor OPC. («infopl_net_guia_para_entender_la_tecnologia_opc.pdf»)

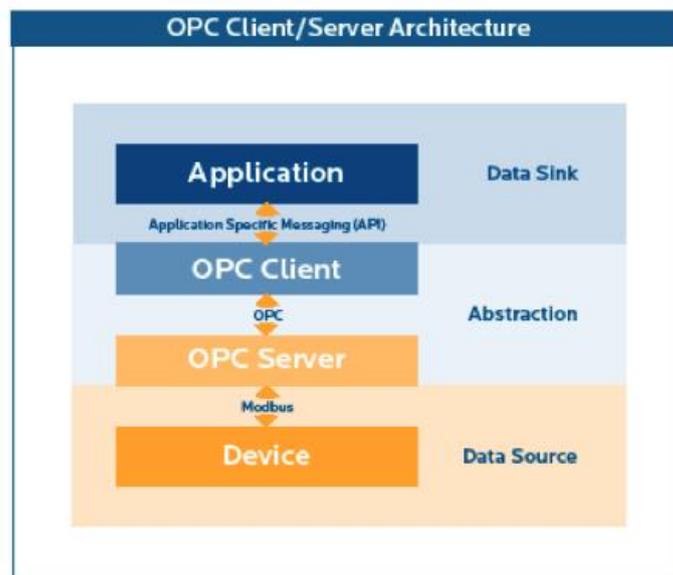


Figura 12-1: Funcionamiento OPC

Fuente: («infopl_net_guia_para_entender_la_tecnologia_opc.pdf»)

1.5.3 *Ventajas OPC*

- Una aplicación Cliente OPC puede comunicarse libremente con cualquier Servidor OPC. OPC elimina la necesidad de disponer de drivers específicos entre cada aplicación y la Fuente de Datos.
- Las aplicaciones Cliente OPC pueden comunicar con tantos Servidores OPC como necesiten. No hay ninguna limitación inherente a OPC en el número de conexiones que se pueden establecer.
- El tráfico y la carga de trabajo de los dispositivos se reduce enormemente utilizando comunicaciones OPC.
- OPC extiende la vida útil de sistemas antiguos. OPC permite a las aplicaciones más nuevas poder seguir comunicándose con las aplicaciones más antiguas.

1.5.4 Tipo de Datos que Soporta OPC

Los tipos de datos más comunes transferidos entre dispositivos, controladores y aplicaciones en automatización se pueden encuadrar en tres categorías:

- Datos de tiempo real
- Datos históricos
- Alarmas y Eventos

Cada una de las categorías anteriores soporta una amplia gama de tipos de datos. Estos tipos de datos pueden ser enteros, coma flotante, cadenas, fechas y distintos tipos de arrays, por mencionar algunos. OPC asume el reto de trabajar con estas distintas categorías de datos especificando de forma independiente cómo se va a transmitir cada uno de ellos a través de la arquitectura Cliente OPC - Servidor OPC.

Las tres especificaciones OPC que se corresponden con las tres categorías de datos son:

1. OPC Data Access Specification (OPC DA) – utilizada para transmitir datos de tiempo real.
2. OPC Historical Data Access Specification (OPC HDA) – utilizada para transmitir datos históricos.
3. OPC Alarms & Events Specification (OPC A&E) – utilizada para transmitir información de alarmas y eventos. («[infopc_net_guia_para_entender_la_tecnologia_opc.pdf](#)»)

1.5.5 KEPServerEX

KEPServerEX es una plataforma de comunicaciones que aprovecha los protocolos de comunicación OPC y centrados en TI para proporcionar una única fuente de datos de

automatización industrial a todas sus aplicaciones. El diseño de la plataforma permite a los usuarios conectar, administrar, monitorear y controlar diversos dispositivos de automatización y aplicaciones de software a través de una interfaz de usuario intuitiva.

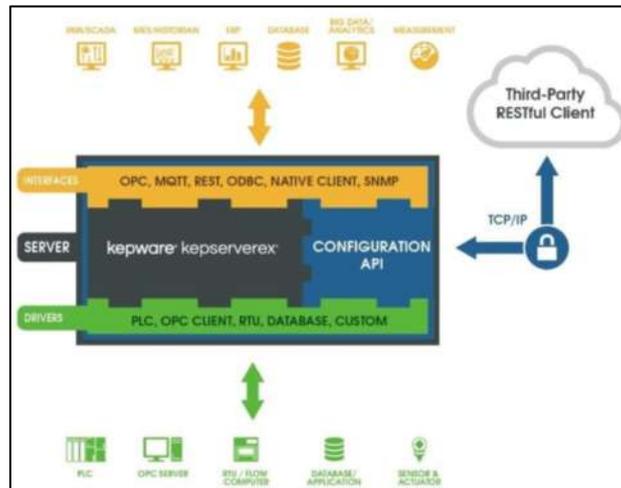


Figura 13-1: Características de Kepserverex

Fuente: («KEPService Version 6 | Enterprise & IoT-Ready | Kepware»)

KEPServiceEX soporta la especificación OPC Unified Architecture (OPC UA) y muchas de las especificaciones de OPC Classic, incluyendo OPC Data Access (OPC DA), OPC Alarmas y Eventos (OPC AE) y OPC Data Access (OPC HDA). («KEPServiceEX»)

- **OPC Data Access (DA)** es el estándar más prolífico. OPC DA es un estándar de comunicación industrial que permite el intercambio de datos entre dispositivos de varios proveedores y aplicaciones de control sin restricciones de propiedad. Un servidor OPC puede comunicar datos continuamente entre PLCs en el taller, RTUs en el campo, estaciones HMI y aplicaciones de software en PCs de escritorio. El cumplimiento de OPC hace posible la comunicación continua en tiempo real.

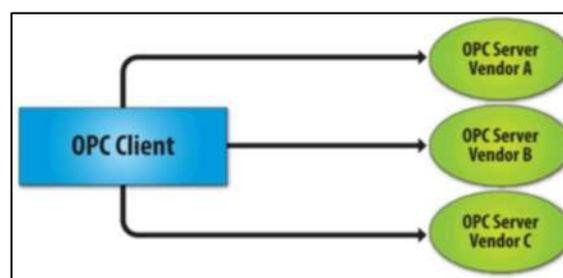


Figura 14-1: OPC Cliente

Fuente: («KEPServiceEX V6 - kepservice-manual/»)

- **OPC Alarms & Events (AE)** es una especificación desarrollada por la Fundación OPC para estandarizar la forma en que la información de alarmas y eventos se comparte entre sistemas. Usando el estándar, los clientes AE pueden recibir alarmas y avisos de eventos para los límites de seguridad del equipo, errores del sistema y otras situaciones anormales.
- **OPC Unified Architecture (UA)** es un estándar abierto. Proporciona una forma adicional de compartir los datos de fábrica con los sistemas empresariales (de la planta a la planta superior). UA también ofrece un método seguro para la conectividad remota de cliente a servidor sin depender de Microsoft DCOM. Tiene la capacidad de conectarse de forma segura a través de firewalls y conexiones VPN. Esta implementación del servidor UA soporta TCP binario optimizado y el modelo de datos DA.
- **OPC .NET** es una familia de APIs aprovecha la tecnología .NET de Microsoft y permite a los clientes .NET conectarse al servidor. Este servidor es compatible con OPC .NET 3.0 WCF, formalmente conocido como OPC Xi. A diferencia de otras API de .NET de OPC, OPC .NET 3.0 utiliza Windows Communication Foundation (WCF) para la conectividad, evitando problemas de DCOM. («KEPServerEX V6 - <https://www.kepware.com/en-us/products/kepserverex/documents/kepserverex-manual/>»)

1.6 HMI

1.6.1 Definición

HMI es el acrónimo de **Human Machine Interface**, y puede ser diseñado como tal; una interfaz entre el usuario y la máquina. Una HMI proporciona una representación visual de un sistema de control para líneas de fabricación y proporciona la adquisición de datos en tiempo real. Puede aumentar la productividad por tener un centro de control centralizado que es extremadamente fácil de usar. («HMI | Human Machine Interfaces»)

1.6.2 Ventajas de un HMI

- Alarmas en tiempo real e históricas: Esto incluye alarmas preventivas que pueden notificar a los operadores sobre el área exacta de tensión en un sistema.
- Simulación: Los sistemas HMI se pueden desplegar para simular plantas dentro de nuestros lugares de trabajo y hogares.

- Mensajería: Tal vez la aplicación más interesante de HMI es que usted será capaz de paginación, mensajería, fax, etc alguien cuando cualquier evento en particular tiene lugar.
- Comunicación: HMI también permiten la comunicación entre varias máquinas / sistemas diferentes que tienen un alto nivel de inteligencia. («Introduction to Human Machine Interface (HMI) Technology - IoT Worm»)

1.6.3 Consideración para diseñar un HMI

- Un sistema HMI altamente confiable que proporciona un rendimiento seguro, rentable, consistente e intuitivo, se basa en la aplicación de las mejores prácticas de ingeniería a lo largo de los procesos de diseño, distribución, producción, pruebas y aseguramiento de calidad.
- Del mismo modo que el conocimiento crítico y profundo de todos los estándares ergonómicos, de seguridad y de la industria relevantes debe informar cada paso del ciclo de diseño y fabricación.
- Definiciones claras de los requisitos funcionales, el nivel de experiencia del operador y cualquier comunicación / interacción con otros sistemas proporcionan el punto de partida en el proceso de diseño intensivo en conocimiento. («Human Machine Interface Systems» 2010)

1.6.4 Definición de requisitos operativos / funcionales de un HMI

- Funcionalidad general

¿Cuántas funciones serán controladas por esta interfaz? Cuando una sola función puede ser servida por pulsadores, cerraduras y conmutadores rotativos, varias funciones pueden requerir varias pantallas para cubrir las funciones y opciones del operador.

- Grado de complejidad de entrada

La entrada puede ser tan simple como un interruptor de encendido / apagado o una pantalla táctil. Definir requisitos de entrada ayudará a decidir qué tecnología de control es la más adecuada para una aplicación específica.

- Comentarios del operador

La retroalimentación proporciona confirmación de una acción, mientras que en otros se agrega a la funcionalidad.

- Interfaz / interconexión con otros sistemas

Los sistemas HMI deben ser capaces de interconectarse / interconectarse con el sistema bajo control, así como con otros sistemas relacionados.

- Consideraciones normativas / normativas

Un conocimiento profundo de las normas técnicas de ergonomía, diseño y fabricación es fundamental para el diseño del sistema HMI. («Human Machine Interface Systems» 2010)

1.6.5 Normativas y Reglas para el diseño y evaluación de un HMI

Las reglas y normativas que se aplican en las áreas de usabilidad y ergonomía cognitiva, son:

- ISO 13407: Esto proporciona una guía para lograr la calidad en el uso mediante la incorporación de actividades iterativas involucradas en el diseño centrado en el usuario (DCU).
- ISO 10075-1: Principios ergonómicos relacionados con la carga de trabajo mental.
- El DTS ISO 16071: Orientación sobre la accesibilidad para las interfaces hombre-máquina. Proporciona directrices y recomendaciones para el diseño de sistemas y software que permiten a los usuarios con discapacidades poder acceder a sistemas de información (con o sin tecnología de asistencia).
- IEC TR (Informe Técnico del Consorcio Internacional de Ingeniería) 61997: Este informe técnico proporciona principios generales y directrices detalladas de diseño para la selección de los medios de comunicación y las interfaces de usuario mecánicas, gráficas y auditivas.
- Estándares de Diseño de Factores Humanos (HFDS, por sus siglas en inglés): Los principios y prácticas de factores humanos están integrados en la adquisición, diseño, desarrollo y pruebas de los sistemas, instalaciones y equipos de la Administración Federal de Aviación de Estados Unidos (FAA).
- Directrices de revisión del diseño de interfaces humanas (NUREG 0700): La ingeniería de factores humanos (HFE) sobre aspectos relacionados con las centrales nucleares está de acuerdo con el plan de revisión estándar de los Estados Unidos.
- Sistema de Automatización de Seguridad (SAS) NORSOK: Esta normativa de la industria petrolera de Noruega cubre los requisitos técnicos y establece una base para la ingeniería relacionada con el diseño de sistemas de seguridad y automatización.

- Estándar de integración del sistema Man (NASA-STD-3000): Este estándar proporciona información de usuario para asegurar la integración adecuada de la interfaz hombre-sistema con otras disciplinas aeroespaciales.
- La norma EEMUA 191 es un conjunto de directrices para la gestión de alarmas. Este trabajo ha evaluado alarmas y eventos del sistema D-ALiX, que mide las relaciones establecidas por el estándar EEMUA, el número promedio de alarmas por hora, el número máximo de alarmas por hora, el tiempo de respuesta del operador, etc.
- La guía GEDIS: Esta guía proporciona una metodología basada en el área de conocimiento del diseño ergonómico y la monitorización de interfaces. GEDIS abarca aspectos de diseño de interfaces, ergonomía cognitiva, usabilidad e interacción hombre-computadora para mejorar la confiabilidad y eficiencia de los sistemas en la sala de control. (Filali-Yachou, González-González y Lecuona-Rebollo 2015)

La metodología GEDIS recoge y tiene en cuenta los principios de las normas anteriores, y está específicamente diseñado para supervisar una sala de control. Por esta razón **GEDIS** y las recomendaciones de la **National Instruments** han sido elegido para nuestro trabajo como una guía de referencia para evaluar y mejorar las interfaces.

1.6.6 *La Guía GEDIS*

1.6.6.1 *Definición de la Guía GEDIS*

Es una guía ergonómica de diseño de interfaz de supervisión, está basado en niveles. Es especialmente utilizada en sistemas SCADA (supervisión, control y adquisición de datos).

1.6.6.2 *Partes de una Guía GEDIS*

- Diez Indicadores: cubren los aspectos de diseño de la interfaz.
 1. Arquitectura.
 2. Distribución de pantallas.
 3. Navegación.
 4. Uso del color.
 5. Uso de fuentes de información textual.
 6. Estatus de los equipos y eventos de proceso.
 7. Información y valores de proceso.
 8. Gráficos de tendencias y tablas.

9. Comandos y entradas de datos.
10. Alarmas

- Evaluación: Es una forma de medir la experiencia del usuario con la interfaz.
 1. El operador evalúa el HMI.
 2. Para evaluar se consideran los 10 indicadores.
 3. Se divide a los indicadores en subindicadores.
 4. Se realiza una evaluación por indicador.

1.6.7 LOOKOUT National Instruments

Lookout de National Instruments es un paquete de software de interfaz hombre-máquina (HMI) y control de supervisión y adquisición de datos (SCADA) para la automatización industrial. Lookout se ejecuta en Windows y se comunica con E / S de campo a través del hardware de control. Las aplicaciones típicas de Lookout incluyen monitoreo continuo de procesos y control de supervisión, fabricación discreta, aplicaciones por lotes y sistemas de telemetría remota. («Introduction to Lookout - National Instruments - 372594a.pdf»)



Figura 15-1: Lookout

Fuente: Narváez – Toledo, 2017

1.6.7.1 Características y Capacidades de LOOKOUT

- **Conectividad de hardware:** Lookout proporciona controladores personalizados para controlar PLCs y RTUs de una amplia variedad de fabricantes. Lookout es un cliente y servidor OPC (OLE para control de procesos) completamente compatible.
- **Comunicación de puerto serie:** puede comunicarse con cierto hardware de control a través de los puertos serie de su computadora. Lookout arbitra el uso del puerto serie.

- **Graphics-Lookout** tiene una amplia biblioteca de gráficos estándar, así como el Image Navigator y su biblioteca de gráficos. También puede crear sus propios gráficos personalizados para su uso en Lookout.
- **Alarms-In Lookout** puede generar, mostrar, registrar, filtrar, agrupar e imprimir alarmas.
- **Multimedia-Lookout** le permite reproducir archivos de ondas de sonido. Además, puede crear animaciones de color en los paneles Lookout utilizando los objetos Animator, Multistate y Pipe.
- **Security-Lookout** proporciona un sistema de seguridad para la seguridad local y de red. Puede especificar el nivel de acceso y control para cada operador o máquina en red.
- **Registro de datos y eventos:** puede almacenar información del sistema en tiempo real en el disco en archivos ASCII delimitados por comas o puede registrar datos históricos en la base de datos de Citadel.
- **Soporte ODBC-**Debido a la compatibilidad con la base de datos de Open Database (ODBC), puede utilizar otras aplicaciones, como Microsoft Access, para consultar los datos históricos de Citadel.
- **DDE support-Lookout** puede enviar sus valores de proceso en vivo a otras aplicaciones y puede recibir valores en tiempo real de otras aplicaciones. Lookout actúa como un cliente DDE y un servidor DDE.
- **Networking-Lookout** proporciona redes cliente-servidor de alta velocidad a través del uso de TCP / IP. Puede supervisar y controlar sus procesos desde múltiples estaciones de trabajo en una red.
- **OPC-Lookout** es un cliente y servidor OPC totalmente compatible.
- **Redundancia:** puede configurar dos equipos para la redundancia, proporcionando una transferencia automática de supervisión y control si uno de los equipos falla.
- **Capacidades Web:** con el objeto Informe y el Cliente Web, puede supervisar e incluso controlar los procesos a través de Internet Explorer de Microsoft. («Introduction to Lookout - National Instruments - 372594a.pdf»)

1.6.8 Conexión / Comunicación con un sistema HMI

Una vez que haya establecido cómo su HMI se verá, sentir y operar, debe considerar cómo el HMI se conectará y comunicarse con el equipo básico o sistema bajo control. Normalmente, la comunicación se puede lograr a través de varios enfoques:

- Conexiones cableadas: Los sistemas de cable duro no requieren herramientas especiales y son simples, visibles y fáciles de entender, especialmente cuando la interfaz HMI controla una sola máquina.
- Sistemas de bus serie: Para facilitar velocidades de transmisión de datos más rápidas, los dispositivos incorporaron conexiones de bus serie - especialmente en electrónica, semiconductores, mecanizado, industrial, proceso y transporte.

Los protocolos de bus de campo evolucionaron para la interconexión de unidades industriales, motores, actuadores y controladores. Los buses de campo incluyen: PROFIBUS, DeviceNet, ControlNet, CAN / CANOpen, InterBus y Foundation Field Bus.

Las redes de nivel superior se conectan con protocolos de bus de campo principalmente a través de las variaciones de Ethernet. Estos incluyen: PROFINET, Ethernet / IP, Ethernet Powerlink, EtherCAT, Modbus-TCP y SERCOS III.

- Conexiones / comunicaciones inalámbricas: Aprovechar la transmisión de datos en tiempo real, la movilidad de las aplicaciones y las capacidades de administración remota. («Human Machine Interface Systems» 2010)

CAPÍTULO II

2 MARCO METODOLÓGICO

En el presente capítulo se presenta el diseño y la implementación de la red de comunicaciones integrada al proceso de montaje de manómetros. Para lo cual, se hizo un análisis de qué metodología se puede usar para integrar el desarrollo del HMI y el proceso de montaje de manómetros.

Realizado el análisis, se pudo evidenciar que no existe una Metodología Específica, por lo que se basó en la metodología XP (Programación Extrema son fases de trabajos que permiten planificar, diseñar, implementar y realizar las pruebas necesarias de un sistema.). Tiene la particularidad de poder adaptarse a los cambios que el usuario lo requiera, lo que permite ser usada para el presente trabajo ayudando al cumplimiento de los objetivos planteados.

Por lo tanto, la metodología adoptada tiene las siguientes fases:

Fase I: Planificación

1. Descripción del Proceso
2. Especificaciones Técnicas del Proceso
3. Especificación de Requerimientos
4. Planificación para el desarrollo de la Red

Fase II: Diseño

1. Diseño de la Red
2. Diseño del HMI

Fase III: Desarrollo

1. Configuración de la Red
 - a. Identificación de entradas, salidas de los PLC's
 - b. Asignación de la Dirección IP
2. Configuración HMI
 - a. Desarrollo del HMI
 - b. Comunicación del HMI con el proceso

Fase IV: Pruebas

1. Pruebas de Hardware
2. Pruebas de Software

2.1 Fase I: Planificación

En esta fase se describe los pasos que se siguió previo al desarrollo del trabajo de titulación, haciendo una descripción del proceso en forma general, las especificaciones técnicas de los diferentes dispositivos a utilizar para la implementación de la red.

2.1.1 Descripción del Proceso

El laboratorio de Automatización de la FIE-ESPOCH, cuenta con módulos didácticos para el montaje de manómetros, cada módulo cumple con una función específica. Cuenta con siete módulos: Distribución, Giro, Proceso, Pick & Place, Músculo, Separación y de Clasificación. Cada funcionamiento será profundizado más adelante.

2.1.2 Especificaciones Técnicas

A continuación, se describe el hardware y software que se usó para la implementación de la red:

Tabla 1-2: Hardware usado para la implementación de la red

Cant.	Hardware	Tipo	Descripción
7	Módulos Didácticos	Montaje de Manómetros	Módulos: Distribución, Giro, Proceso, Pick & Place, Músculo, Separación y Clasificación.
1	PLC EASY - RIEVTECH	EXM-12DC-DA-RT-GWIFI	PLC usado en el módulo de distribución
3	PLC SIMATIC S7-1200	CPU 1212C AC/DC/Rly	PLC's usados en los módulos: Giro, Proceso y Clasificación
2	PLC TWIDO SCHNEIDER-ELECTRIC	TWDLCAE40DRF	PLC usado en el módulo Pick & Place y Músculo
1	PLC MODICON SCHNEIDER-ELECTRIC	M221 TM221C16R	PLC usado en el módulo Separación

1	Fast Ethernet Desktop Switch	CSH-1600	Usado para la comunicación entre módulos
7	Cables cruzados	RJ 45	
1	Laptop		HMI

Fuente: Narváez – Toledo,2017

Tabla 2-2: Software usado para la implementación de la red

Software	Versión	Descripción
eSms Config	2.4.7.1	Usado para la programación del PLC EASY – RIEVTECH
TIA PORTAL	V13	Usado para la programación de los PLC SIMATIC S7-1200
	V14	
TwidoSuite	2.33.00	Usado para la programación de los PLC's TWIDO SCHNEIDER – ELECTRIC
SoMachine Basic	1.5 Build 58934	Usado para la programación del PLC MODICON SCHNEIDER-ELECTRIC
Lookout	6.2	Diseño del HMI
KEPServerEX	V6.2.460.0	OPC para los módulos: Giro, Proceso y Clasificación
Packet Tracer		Diseño de la red.

Fuente: Narváez – Toledo,2017

2.1.3 Especificaciones de Requerimientos

Para el diseño y la implementación de la red de comunicación para el montaje de manómetros, se debe tener en cuenta los siguientes requerimientos:

- La red se debe comunicar con los siete módulos didácticos.
- La red permitirá tener una comunicación entre los niveles de campo y control.
- El HMI realizará un monitoreo y control de los módulos didácticos.
- La red estará disponible en el laboratorio de Automatización de la FIE-ESPOCH.

2.1.4 Planificación para el desarrollo de la Red

Para el desarrollo de la red se realizó la siguiente iteración por cada una de los módulos:

1. Identificación de las entradas y salidas de los PLC's.
2. Con la ayuda de los softwares de cada PLC se asigna la dirección IP.

3. Desarrollo de la interfaz HMI.
4. Comunicación del HMI y del proceso

2.2 Fase II: Diseño

2.2.1 Diseño de la Red



Figura 1-2: Diseño de la Red

Fuente: Narváez-Toledo, 2017

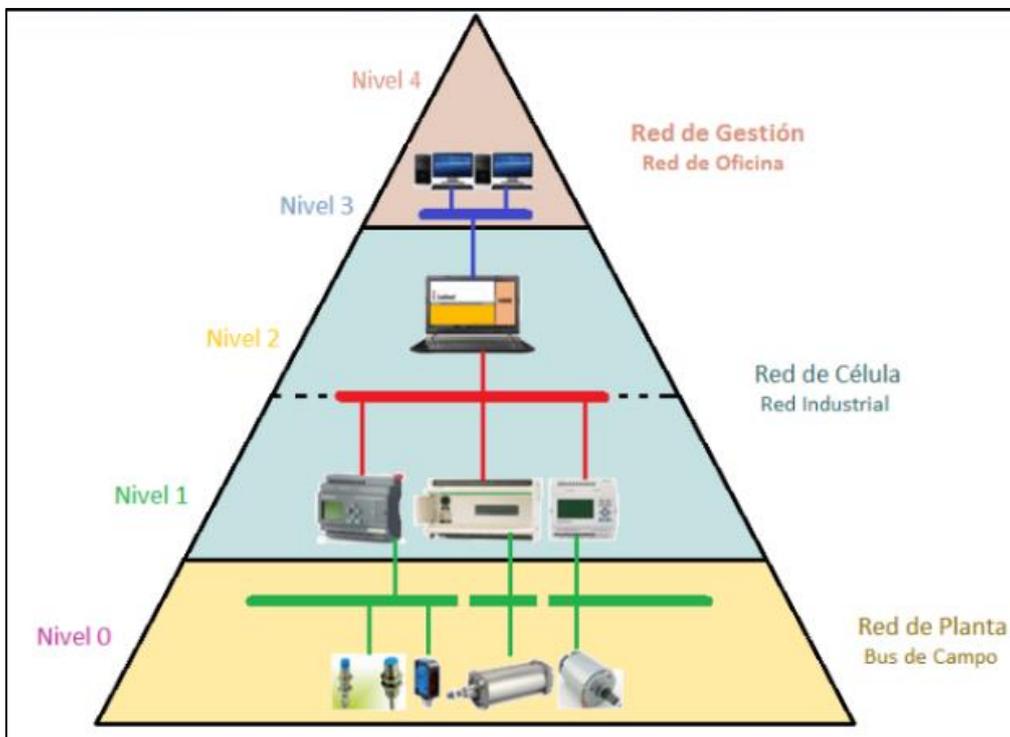


Figura 2-2: Diseño de la Red, CIM

Fuente: Narváez-Toledo, 2017

El diseño de la red de comunicaciones del presente trabajo de titulación se basa en la topología Bus de Campo y en la pirámide CIM, que presenta la característica de tener un canal al cual se conectan los diferentes dispositivos tales como: PLC, Switch, PC; además cuenta con una arquitectura simple y con un índice de crecimiento alto en cuanto a su estructura se refiere. (Figura 1-2, 2-2).

2.2.2 *Diseño del HMI*

Para el diseño del HMI, se recurrió a la “Guía GEDIS” y a las recomendaciones que da la National Instruments, lo que permite hacer un diseño ergonómico y tener una monitorización de interfaces.

Antecedentes a estudiar una Guía GEDIS: Supervisión de Procesos

- Supervisión humana de procesos.
- Integra varias disciplinas para vigilancia.
- La supervisión se realiza por un operario

Planteamiento del problema: Problemas de un HMI

- Una interfaz HMI incorpora varias disciplinas.
- Un correcto diseño de la interfaz HMI ayuda a la ergonomía cognitiva, a porta estudios respecto al procesamiento de la información, la toma de decisiones en situaciones de riesgo, la carga mental de la tarea y la ejecución de acciones atendiendo a la presencia de error humano.
- Siempre se debe pensar en la comodidad del operador, debido a que, si el operador se siente a gusto al manipular la interfaz HMI, el mismo podrá desenvolverse y responder de mejor manera en su trabajo llegando incluso a actuar ágilmente en caso de una emergencia.

Solución al Problema

- Para realizar un HMI se debe guiar en una guía ergonómica (es una disciplina tecnológica que trata del diseño del lugar del trabajo, se centra en el usuario de la interfaz HMI), la ergonomía busca la optimización de los tres elementos de sistema Humano, Máquina y Ambiente.
- Se debe seguir una metodología pautada para diseñar un HMI.

- Se debe evaluar la interfaz con indicadores determinados. Estos indicadores nos darán una clara idea de que tan fácilmente el operador o usuario final del HMI puede trabajar con las misma.

2.2.2.1 *Arquitectura*

Como primer paso para el diseño del HMI según la Guía GEDIS, se debe limitar y organizar las pantallas que usará el operador para la interacción con el sistema:

- Pantallas de Proceso, se mostrará una pantalla por cada uno de los módulos que intervienen en el proceso: distribución, giro, proceso, pick & place, músculo, separación y clasificación. Además de las pantallas de portada y menú.
- Pantallas de Comandos, permiten al operador realizar acciones generales tales como: el arranque, paro, reset de equipos y la selección del funcionamiento del módulo entre automático o manual.
- Pantallas de tendencias, donde se muestran los tiempos de respuesta que se tiene entre PLC y el HMI para el envío de datos y la evaluación de la eficiencia del sistema (conteo de piezas).
- Pantallas de alarmas, indica al operador las diferentes indicaciones según sea la prioridad.

2.2.2.2 *Distribución de pantallas*

Son plantillas de las diferentes pantallas, donde se generará un diseño general para cada una de ellas. Para el diseño y la ubicación de cada elemento también se consideró las recomendaciones de la National Instruments (figura 3-2):

- Ubicación del título de la pantalla, hora y fecha.
- Ubicación del proceso, panel de control e imagen del proceso.
- Ubicación del menú.
- Ubicación de las alarmas del proceso.
- Ubicación datos estadísticos de la ubicación.

La National Instruments, para este tipo de procesos recomienda: agrupar los indicadores de actuadores y sensores en la parte izquierda de la pantalla, seguida de la imagen que representa el proceso de cada módulo y en la parte derecha la ubicación del panel de control.

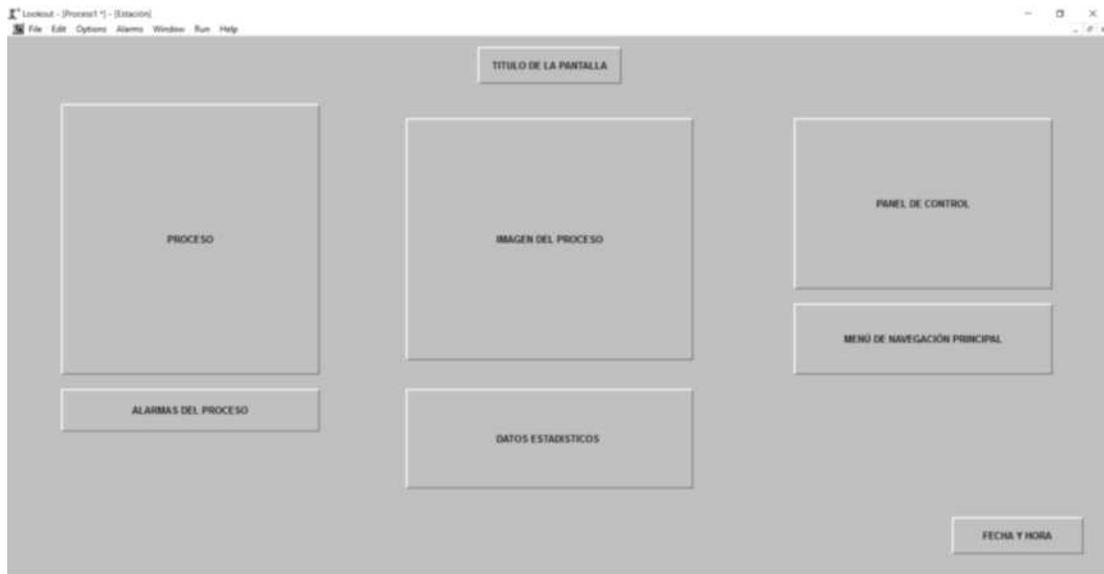


Figura 3-2: Distribución de las Pantallas

Fuente: Narváez-Toledo, 2017

2.2.2.3 Navegación

Se debe determinar cómo navegará el operador dentro del sistema. El objetivo es que el esquema de navegación sea intuitivo y fácil de usar, para este fin se usó los menús para navegar de un módulo a otro.



Figura 4-2: Navegación

Fuente: Narváez-Toledo, 2017

Para el diseño del menú se tomó las siguientes consideraciones:

- Se recomienda utilizar zonas predefinidas de la pantalla para ubicar los menús, barras de botones, de íconos, botones de atrás, adelante, inicio, cierre, etc.
- Los menús deben presentarse en una sola columna vertical, evitando en lo posible anidar submenús.
- El orden en que se muestran las opciones de los menús debe basarse en conceptos como la importancia de la función o la frecuencia de su uso.

- El texto que describe las funciones debe ser corto y conciso. («pantalla.pdf»)

2.2.2.4 *Uso del Color*

El uso del color en una interfaz hombre-máquina es de vital importancia ya que de este dependerá la comodidad visual que tendrá el operador.

Para el presente diseño se usó los siguientes colores:

Tabla 3-2: Uso del Color

Tipo	Ítem	Color	Descripción
<i>Fondos de Pantalla</i>	Sinópticos de Área y Subárea		Arena
	Menús y Analógicas		Gris Plata
<i>Estatus de Equipos de Proceso</i>	Equipo Parado		Blanco
	Equipo Trabajando		Verde
<i>Indicadores</i>	Sensores		Verde Claro
	Actuadores		Naranja
<i>Alarmas</i>	Alarma Crítica		Rojo
	Alarma de Advertencia		Amarillo
	Mensaje General		Azul Claro
<i>Varios</i>	Títulos de Pantallas		Azul Marino
	Texto de Fallas Críticas		Rojo
	Texto de Advertencias		Amarillo
	Texto General		Azul Marino

Realizado por: Narváez-Toledo, 2017

2.2.2.5 *Información Textual*

Se debe determinar el tipo de fuente a usar, el tamaño del texto, alineación, espaciamiento y abreviaturas.

Para el presente diseño se tomó las siguientes directrices;

- No se deben utilizar más de tres fuentes en la interfaz.

- No usar más de tres tamaños de la misma fuente.
- Preferentemente usar fuentes sans serif.
- El tamaño de la fuente debe ser tal que se pueda leer a distancia por el operador. Una fuente menor a 8 es difícil de leer.
- No usar letras mayúsculas en todas las letras del texto, procurar combinarlas con las minúsculas.
- No utilizar énfasis en el texto (subrayado, itálico, sombreado) salvo en casos especiales
- El color del texto debe contrastar con el fondo de la pantalla y debe respetar el código de colores previamente definido.
- Cuando se usa color en el texto se debe usar en toda la palabra y no solo en ciertos caracteres.
- Alinear el texto en pantalla: etiquetas a la izquierda, números a la derecha.(«• - pantalla.pdf»)

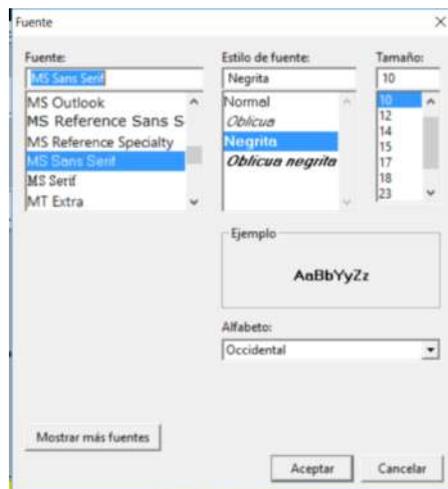


Figura 5-2: Información Textual

Fuente: Narváez-Toledo, 2017

La National Instruments recomienda para la información de textual de sensores y actuadores, describa la función que hace cada uno de ellos dentro del proceso más no, sus especificaciones técnicas, con el fin de ayudar al operador al reconocimiento de dichos elementos.

2.2.2.6 Estatus de los Equipos y Eventos de Proceso

Son símbolos y gráficos que representan la planta. Para este caso, una vez más se usó las recomendaciones de la National Instruments, se representó las bandas, cilindros y sensores mediante indicadores y la imagen que representa el proceso.

Tabla 4-2: Estatus de los Equipos

Símbolo	Tipo	Descripción
	Indicador	Sensores
	Indicador	Cilindros
	Indicador	Banda Transportadora
	Imagen	Módulo

Realizado por: Narváez-Toledo, 2017

2.2.2.7 Información y Valores de Proceso

Para este punto tenemos la presentación de datos, procesamiento de información y el control del número de procesos realizados por cada módulo. Es una manera de informar eficazmente al operador sobre el estado de la planta.

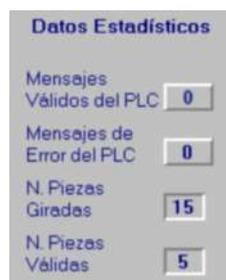


Figura 6-2: Valores de Proceso

Fuente: Narváez-Toledo, 2017

2.2.2.8 Gráficos de Tendencias y Tablas

Este paso se caracteriza por la presentación y agrupación de valores mediante gráficos, por poseer señales analógicas no se presenta gráficos de tendencias y tablas.

2.2.2.9 Comandos y Entradas de Datos

Este ítem se caracteriza por definir la entrada de datos basado en estándares para así ayudar al operador su intervención en el sistema.

Tabla 5-2: Entradas de datos

Comando	Descripción	Retroalimentación
	Botón de Start	Cambio de color de Botón
	Botón de Stop	Cambio de color de Botón
	Botón de Reset	Cambio de color de Botón
	Switch – Llave	Cambio de estado de automático a manual

Fuente: Narváez-Toledo, 2017

2.2.2.10 Alarmas

Son eventos inesperados, se realiza un listado de riesgos cada uno de ellos se clasificarán de acuerdo a su criticidad: alarmas críticas (amenazan a la seguridad de la planta y pueden afectar al paro del sistema y a su producción), alarmas de advertencia (se pueden convertir en alarmas críticas si no han sido tratadas y advierten al operador la falta de materiales para cumplir con su proceso) y mensajes (no amenazan a la producción y al funcionamiento del proceso).

Para su diseño se tuvo congruencia con los estándares de color citados anteriormente:



Figura 7-2: Alarmas

Fuente: Narváez-Toledo, 2017

2.3 Fase III: Configuración del Red

2.3.1 Configuración del Red

2.3.1.1 Identificación de entradas, salidas y memorias asignadas de los PLC's

Previo a la identificación de las variables se requiere conocer el funcionamiento y la programación de cada uno de los módulos. Con la ayuda de los softwares de cada uno de los PLC's se procedió a la identificación de las entradas, salidas y de su asignación de memorias. Se detallan a continuación:

2.3.1.1.1 Módulo de Distribución

Este módulo es el inicio del proceso de montaje de manómetros, aquí se realiza la selección de piezas de acuerdo al color (rojo, negro, plateado); el programa utilizado es el eSms config, que es adecuado para el PLC RIEVTECH.

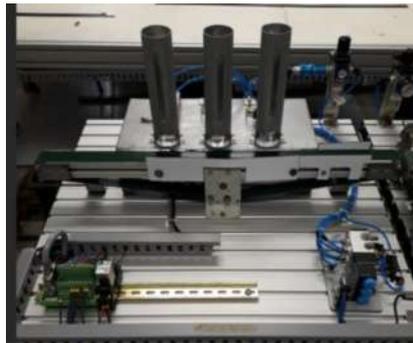


Figura 8-2: Módulo de Distribución

Fuente: Narváez-Toledo, 2017

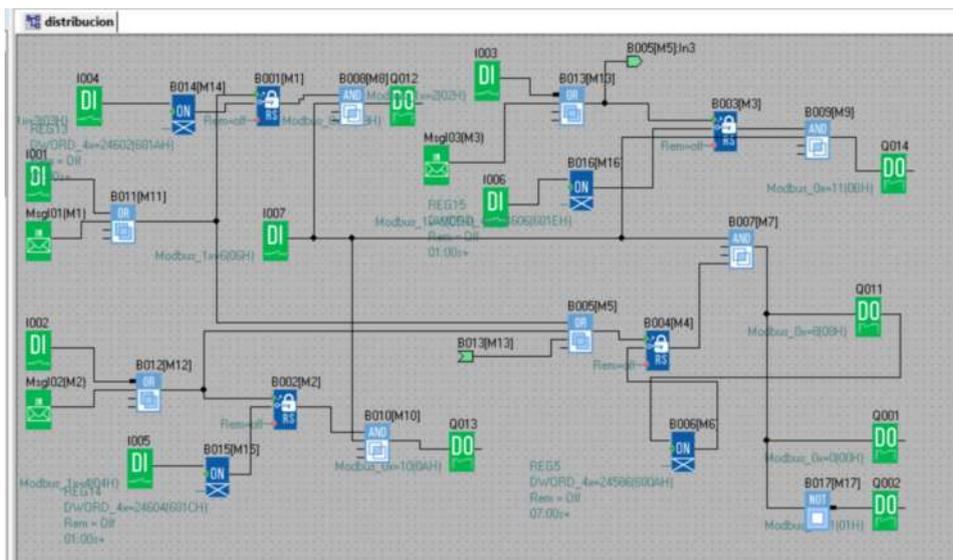


Figura 9-2: Programa eSms Config

Fuente: Narváez-Toledo, 2017

Tabla 6-2: Variables - Módulo Distribución

Nombre	Dirección	Memoria
SMS Rojo	I001	-
SMS NEGRO	I002	-
SMS PLATEADO	I003	-
Sensor Cilindro. R.	I004	-
Sensor Cilindro N.	I005	-
Sensor Cilindro P.	I006	-
Cilindro R.	Q012	-
Cilindro N.	Q013	-
Cilindro P.	Q014	-
Motor	Q001	-

Fuente: Narváez-Toledo, 2017

2.3.1.1.2 Módulo de Giro

El segundo módulo se encarga de detectar la posición correcta de la pieza, es decir, mediante el uso de la pinza neumática gira la pieza hasta la posición adecuada para luego enviarla al siguiente módulo; el programa a utilizar es el TIA Portal 14.

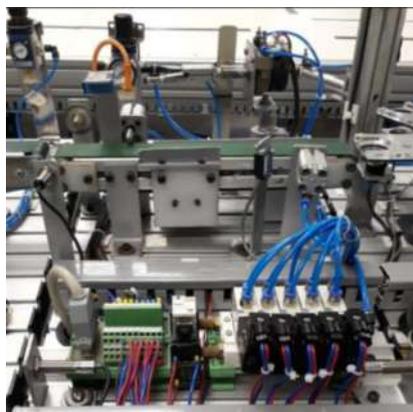


Figura 10-2: Módulo de Giro

Fuente: Narváez-Toledo, 2017

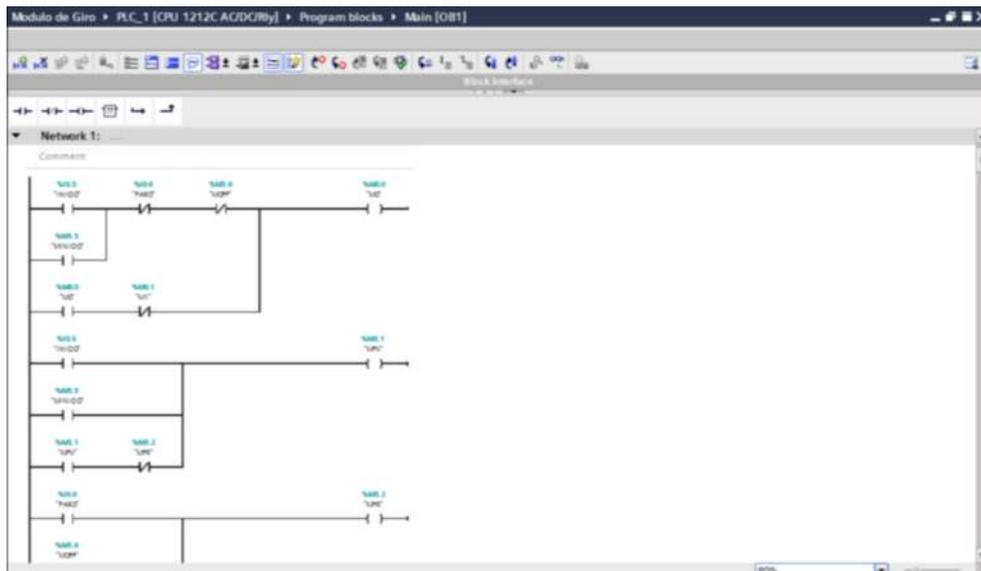


Figura 11-2: Programa TIA Portal14

Fuente: Narváez-Toledo, 2017

Tabla 7-2: Variables - Módulo de Giro

Nombre	Dirección	Memoria
SO	%I0.0	%M3.7
SIP	%I0.1	%M4.0
SE	%I0.2	%M4.1
SMV	%I0.3	%M4.2
SMH	%I0.4	%M4.3
START	%I0.5	%M3.5
STOP	%I0.6	%M3.6
SC	%I0.7	%M3.1
M	%Q0.5	%M4.4
C1	%Q0.0	%M4.5
CG1	%Q0.1	%M4.6
CP	%Q0.4	%M4.7
CG2	%Q0.3	%M5.0
C2	%Q0.2	%M5.1

Fuente: Narváez-Toledo, 2017

2.3.1.1.3 Módulo de Proceso

El módulo de proceso realiza la simulación de perforar la pieza mediante un taladro, para luego ser verificada y así pasar al siguiente módulo.



Figura 12-2: Módulo de Proceso

Fuente: Narváez-Toledo, 2017

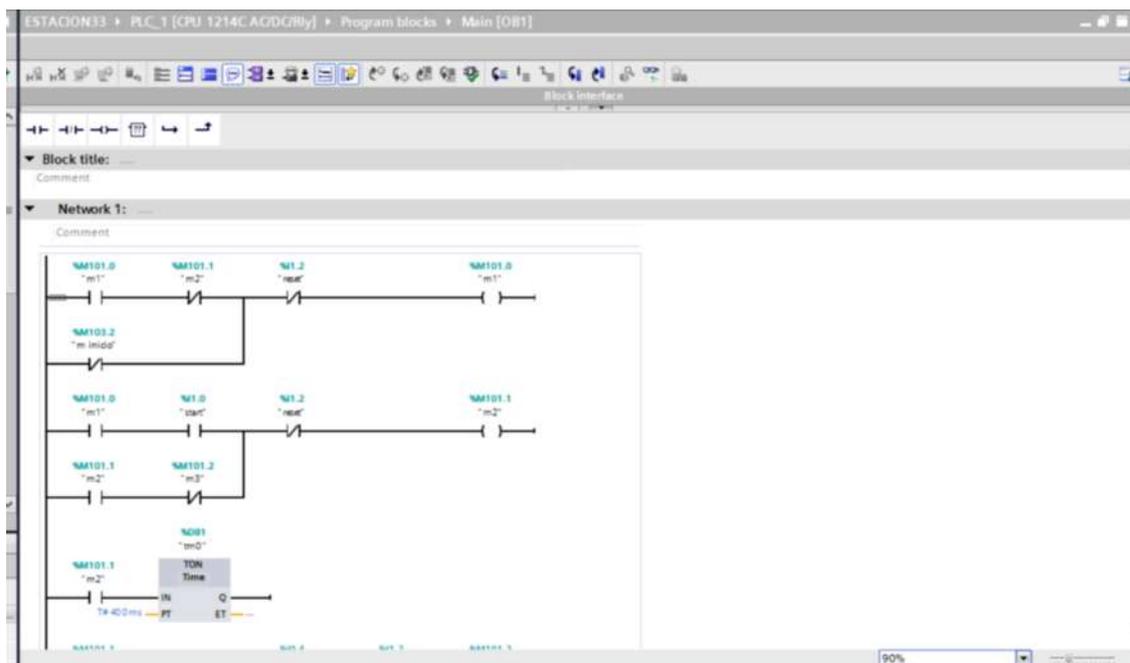


Figura 13-2: Programa TIA Portal14

Fuente: Narváez-Toledo, 2017

Tabla 8-2: Variables - Módulo de Proceso

Nombre	Dirección	Memoria
Sin	%I0.0	%M101.0
Stal	%I0.1	%M101.1
Spres	%I0.2	%M101.2

Sout	%I0.3	%M101.3
Subicado	%I0.4	%M101.4
Stal menos	%I0.5	%M101.5
Spre menos	%I0.6	%M101.6
Start	%I1.0	%M103.2
Stop	%I1.1	%M103.4
Reset	%I1.2	%M105.3
Qout	%Q0.0	%M105.2
Qpresión	%Q0.1	%M104.7
Qcital	%Q0.2	%M104.4

Fuente: Narváez-Toledo, 2017

2.3.1.1.4 Módulo Pick & Place

El módulo Pick & Place tiene como finalidad añadir la pieza superior (higrómetro) mediante una ventosa hacia la base para formar el manómetro y continuar al siguiente módulo.



Figura 14-2: Módulo Pick & Place

Fuente: Narváez-Toledo, 2017

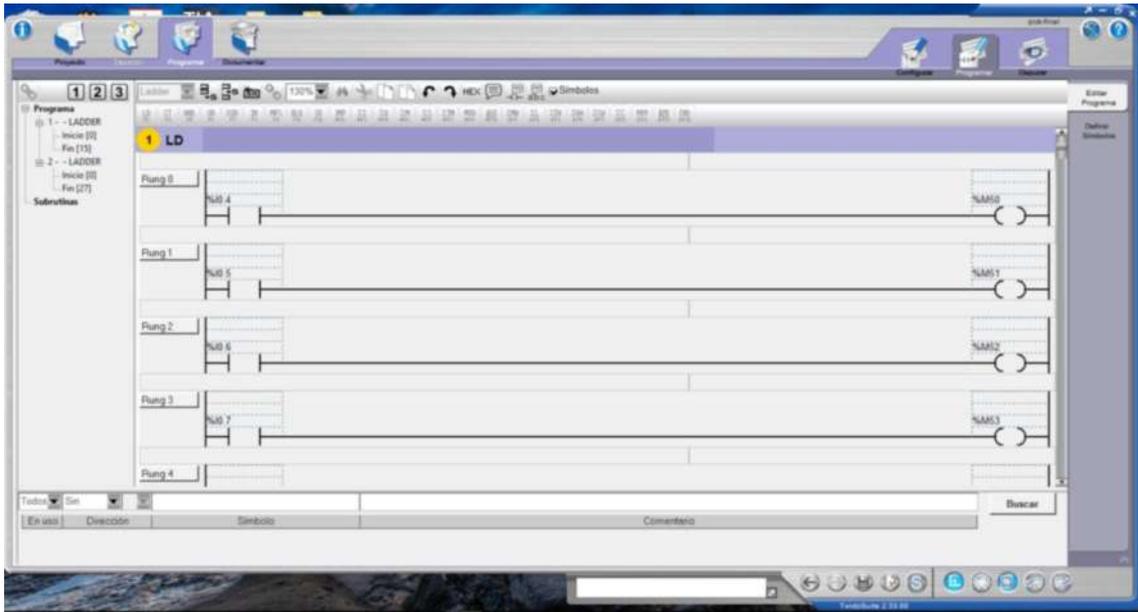


Figura 15-2: Programa TwidoSuite

Fuente: Narváez-Toledo, 2017

Tabla 9-2: Variables - Módulo Pick & Place

Nombre	Dirección	Memoria
C1	%Q0.2	%M60
C2	%Q0.3	%M61
C3	%Q0.4	%M62
C4	%Q0.5	%M63
C5	%Q0.6	%M64
C6	%Q0.7	%M65
STOP	%I3	%M21
START	%I1	%M15
S1	%I4	%M50
S2	%I5	%M51
S3	%I7	%M53
S4	%I10	%M56
S5	%I8	%M54
S6	%I9	%M55

Fuente: Narváez-Toledo, 2017

2.3.1.1.5 Módulo Músculo

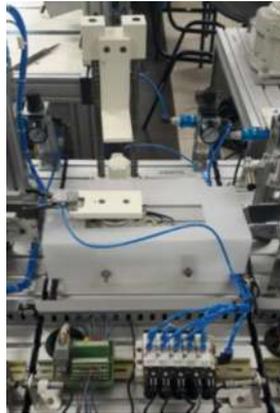


Figura 16-2: Módulo Músculo

Fuente: Narváez-Toledo, 2017

Este módulo tiene tres etapas, en la primera toma la pieza completa del módulo anterior con una pinza neumática accionada por un sensor de fibra óptica, para luego ser trasladada a la segunda etapa 90 grados hacia la derecha en donde es prensada con un músculo neumático la tercera y última etapa la pieza gira 90 grados hacia la derecha y mueve la pieza al siguiente módulo. El programa a utilizar en este módulo es el TwidoSuite.

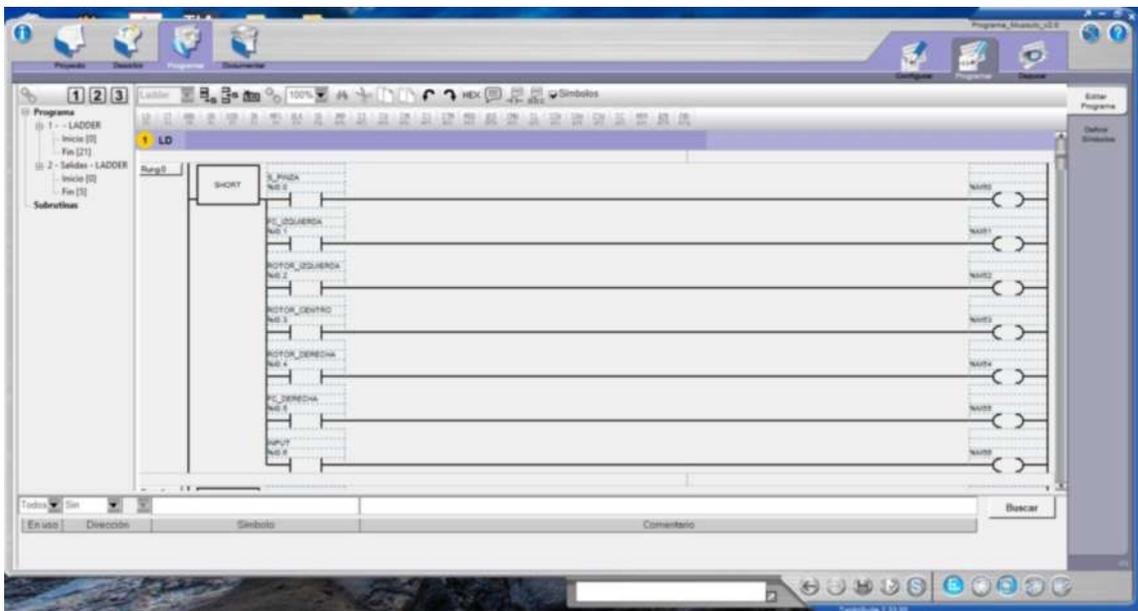


Figura 17-2: Programa TwidoSuite

Fuente: Narváez -Toledo, 2017

Tabla 10-2: Variables – Módulo Músculo

Nombre	Dirección	Memoria
S1	%I0.0	%M50
S2	%I0.1	%M51
S3	%I0.2	%M52
S4	%I0.3	%M53
S5	%I0.4	%M54
S6	%I0.5	%M55
START	%I0.8	%M57
STOP	%I0.9	%M58
M	%Q0.2	%M60
GIRO IZ	%Q0.3	%M61
RECORRIDO	%Q0.4	%M62
GIRO DE	%Q0.5	%M63
PINZA	%Q0.6	%M64
OUTPUT	%Q0.7	%M65

Fuente: Contero-Toledo, 2017

2.3.1.1.6 Módulo de Separación

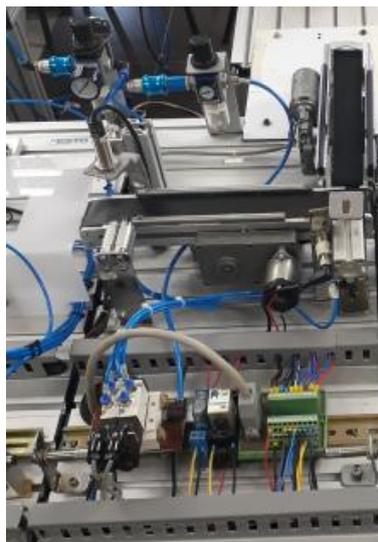


Figura 18-2: Módulo de Separación

Fuente: Narváez-Toledo, 2017

El procedimiento para este módulo se realiza con base a las piezas prensadas, la pieza es detectada por un sensor óptico auto reflectivo; si está en buen estado es transportada por un cilindro a otra banda finalizando el proceso de lo contrario pasa hacia el siguiente módulo. (figura 18-2).

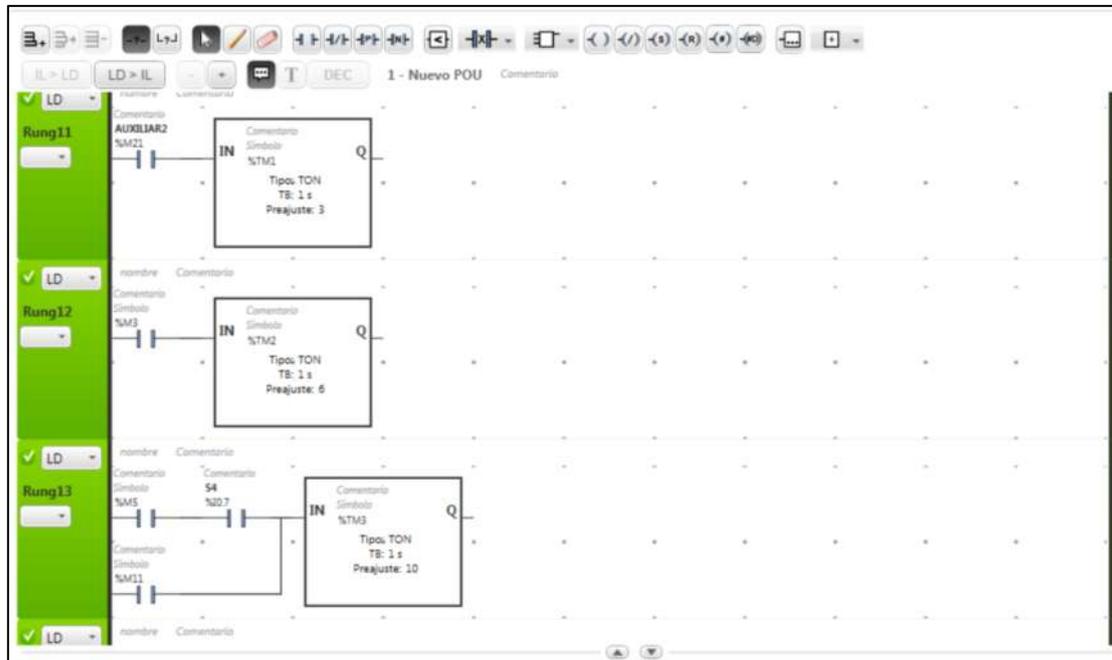


Figura 19-2: Programa So Machine

Fuente: Narváez-Toledo, 2017

Tabla 11-2: Variables - Módulo de Separación

Nombre	Dirección	Memoria
S1	%I0.4	%M12
S2	%I0.5	%M13
S3	%I0.6	%M14
S4	%I0.7	%M15
START	%I0.8	%M16
STOP	%I0.9	%M7
AUXILIAR	-	%M20
AUXILIAR2	-	%M21
M1	-	%M19
C1	-	%M17
C2	-	%M18

Si la pieza no está finalizada, llegará a este módulo que se encarga de clasificar las piezas de acuerdo al color en tres rampas; mediante el uso de sensores ópticos y de reflexión directa.

Tabla 12-2: Variables – Módulo de Clasificación

Nombre	Dirección	Memoria
OPTICO-INI	%I0.0	%M2.5
START	%I0.1	%M2.3
STOP	%I0.2	%M2.4
SEN-INDUCTIVO	%I0.3	%M2.6
SEN-COLOR	%I0.4	%M2.7
SENSOR4	%I0.5	%M3.3
SENSOR3	%I0.6	%M3.2
SEN-BARRERA	%I0.7	%M3.0
RESET	%I8.1	-
BANDA	-	%M3.1
VALVULA3	-	%M2.0
VALVULA2	-	%M2.1
VALVULA1	-	%M2.2

Fuente: Narváez-Toledo, 2017

2.3.1.2 Asignación de la Dirección IP de los PLC's

La asignación de la dirección ayuda a la identificación de los PLC's dentro de la red, cuyas direcciones tienen la característica de ser estáticas para garantizar la comunicación entre el PLC y el HMI.

2.3.1.2.1 Módulo de Distribución

El PLC RIEVTECH EXM-12DC-DA-RT-GWIFI tiene la particularidad de poseer conectividad Ethernet Inalámbrica. Poseen un modem GSM, que proporciona conectividad GPRS/SMS. Figura 22-2. («EXM-12DC-DA-RT-GWIFI - Buy Wi-Fi PLC, remote control, wireless plc Product on Rievtch Electronic Co.,Ltd»)



Figura 22-2: PLC EASY - RIEVTECH

Fuente: Narváez-Toledo, 2017

Por lo tanto, para la implementación de la red para este PLC se optó por la conectividad Ethernet inalámbrica. Su configuración del Puerto y la asignación de la dirección IP se debe hacer de la siguiente manera:

Configuración a través del acceso Web

Cuando se utilice por primera vez este tipo de PLC, requiere de una configuración adicional (para que pueda ser configurado por el cable Ethernet), el usuario puede conectarse a la interfaz inalámbrica a través de la siguiente información de configuración predeterminada (figura 23-2), donde el módulo HF-A11x_AP debe ser reemplazado por un router que contenga las mismas características del PLC, es decir, su dirección IP estática debe ser 10.10.100.254:

Parameters	Default Setting
SSID	HF-A11x_AP
IP Address	10.10.100.254
Subnet Mask	255.255.255.0
User Name	admin
Password	admin

Figura 23-2: Configuración predeterminada del Acceso Web

Fuente: («User - x-Messenger user manual.pdf»)

Interfaz de administración web abierta

Paso 1: conecte el PLC Easy al router, en las conexiones disponibles del computador conectarse para este caso a la red **Default_11G** (perteneciente al router);

Paso 2: después de la conexión inalámbrica, haga clic en Aceptar. Abra el navegador Web y acceda a la dirección "http://10.10.100.254";

Paso 3: luego ingrese el nombre de usuario y la contraseña en la página como sigue y haga clic en el botón "Aceptar".

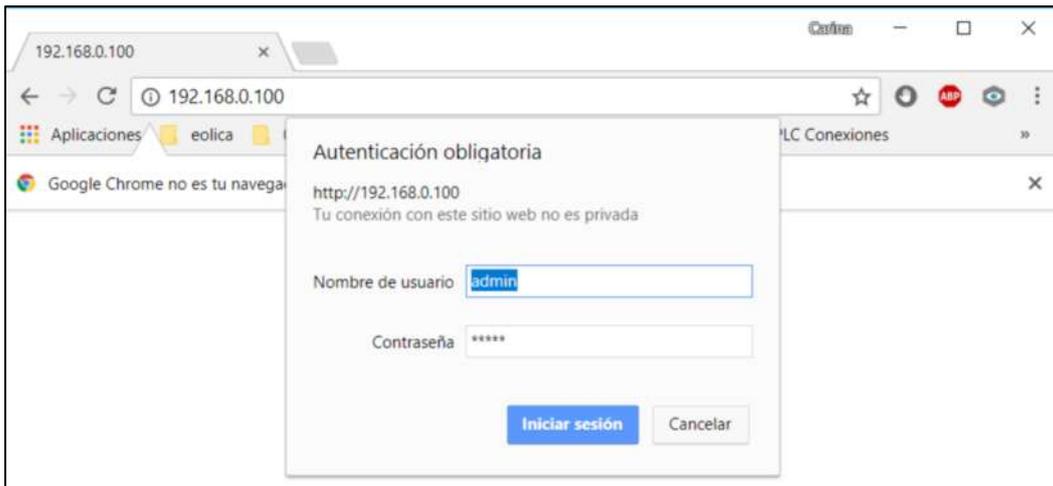


Figura 24-2: Página de administración web abierta

Fuente: Narváez-Toledo, 2017

Una vez accedida la conexión aparece la página principal “Working Mode Configuration” (Configuración del Modo de Trabajo). El menú principal incluye cinco páginas: "Selección de modo", "Configuración de la interfaz AP", "Configuración de la interfaz STA", "Configuración de la aplicación" y "Gestión de dispositivos" (figura 25-2)

Paso 4: Para este caso se ha escogido la opción STA MODE: **Station Mode** y dar clic en **Apply**

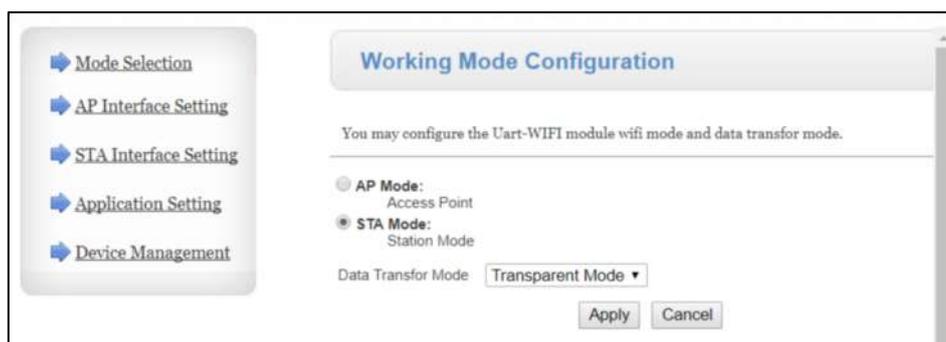


Figura 25-2: Página de Configuración del Modo de Trabajo

Fuente: Narváez – Toledo,2017

Página de configuración de la interfaz AP

Paso 5: Del menú principal escoger la opción AP Interface Setting, para la asignación de la nueva dirección IP, en el manual de X-Messenger sugiere que se lo haga en modo de red inalámbrica AP Interface Setting:

AP Interface Setting such as SSID, Security...

Wireless Network	
Network Mode	11b/g/n mixed mode
Network Name(SSID)	HF-A11x_AP <input type="checkbox"/> Hidden
BSSID	AC:CF:23:C8:37:0C
Frequency (Channel)	AutoSelect
Wireless Distribution System(WDS)	WDS Configuration

Apply Cancel

HF-A11x_AP	
Security Mode	OPENWEP
Wire Equivalence Protection (WEP)	
Key(5 or 13 ASCII)	12345 ASCII

Apply Cancel

LAN Setup	
IP Address(Default DHCP Gateway)	192.168.0.100
Subnet Mask	255.255.255.0
DHCP Type	Server

Apply Cancel

Figura 26-2: Página de configuración de la interfaz AP

Fuente: Narváez-Toledo, 2017

Para este caso se hicieron las siguientes modificaciones:

- En el menú HF-A11x_AP, cambiar el modo de seguridad a OPENWEP, asignar la clave: 12345 y dar clic Apply.
- En el menú LAN Setup, asignar la nueva dirección IP del PLC: 192.168.0.100, su máscara 255.255.255.0 y dar clic en Apply.
- Los demás parámetros predeterminados se dejan por defecto.

Página de configuración de la interfaz STA

Paso 6: Del menú principal escoger la opción STA Interface Setting. Esta página se utiliza para configurar los parámetros cuando el PLC funciona como un servidor. Para este caso se hizo las siguientes configuraciones:

Figura 2-27: Página de configuración de la interfaz STA

Fuente: Narváez-Toledo,2017

- STA Interface Parameters: en la opción AP's SSID buscar la red del router conectado, para este caso **Default_11G**. el modo de seguridad se lo cambia a WPA2PSK, el tipo de encriptación TKIP y la clave de acceso será puntostringido1980 (perteneciente al router). Y finalmente dar clic en Apply.
- WAN Connection Type: se cambia a STATIC (fixed IP).
- Static Mode: Dirección IP 192.168.0.100 (está dirección debe coincidir con la dirección IP de la configuración AP del paso anterior), la dirección Gateway será 192.168.0.1 y dar clic en Apply.

Página de configuración de la aplicación

Paso 7: Esta página se utiliza para establecer los parámetros de la comunicación del puerto serie, y la configuración del protocolo de red. Para este caso se hicieron las siguientes configuraciones (figura 28-2):

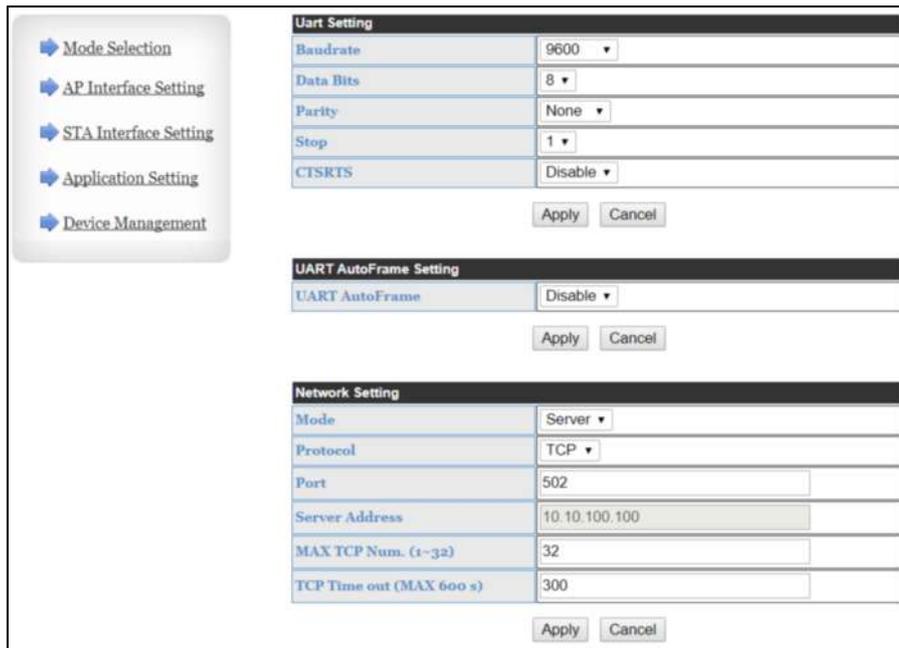


Figura 28-2: Página de configuración de la aplicación

Fuente: Narváez-Toledo,2017

Este tipo de PLC tiene dos maneras de comunicarse:

- El PLC funciona como servidor y el eSMSConfig funciona como cliente.
- El PLC funciona como cliente y el eSMSConfig funciona como servidor.

Para este caso se ha tomado el modo de comunicación: “El PLC funciona como servidor y el eSMSConfig funciona como cliente.” (figura 29-9)

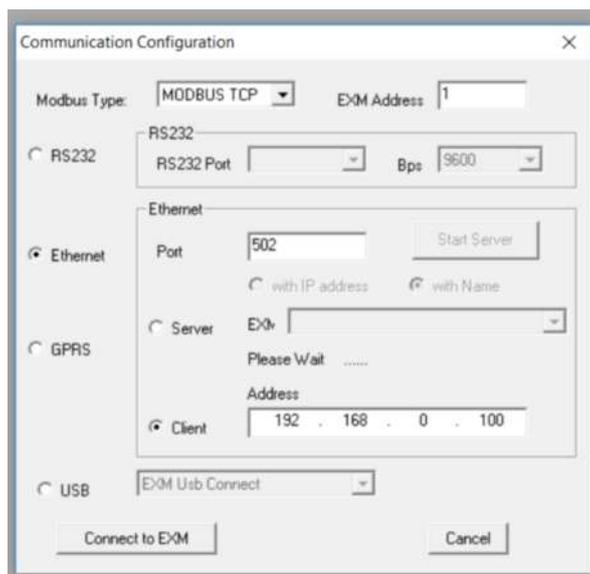


Figura 29-2: Configuración del PLC como servidor

Fuente: Narváez-Toledo,2017

Página de administración de dispositivos

Paso 8: Esta página se utiliza para administrar la configuración general del PLC, como la configuración del administrador, el botón de reiniciar el módulo, restaurar el botón de configuración predeterminado de fábrica y actualizar el firmware a través de la página web. (figura 30-2)

Administrator Settings	
Account	admin
Password	admin

Apply Cancel

Restart Module Restart

Load Factory Defaults Load Default Button Load Default

Update Firmware Location: Seleccionar archivo Ningun archivo seleccionado

Figura 30-2: Configuración Página de administración de dispositivos

Fuente: Narváez-Toledo,2017

2.3.1.2.2 Módulo de Giro

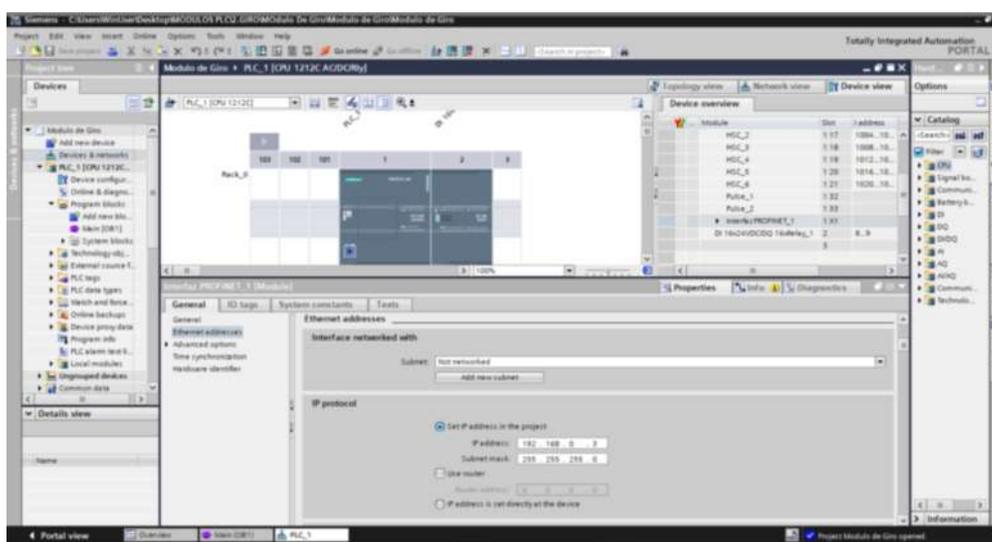


Figura 31-2: Asignación de la dirección IP – Módulo de Giro

Fuente: Narváez-Toledo,2017

Con la ayuda del software TIA PORTAL V14, se hizo la asignación de la dirección IP, como se muestra a continuación: Dentro del menú Devices, dar doble clic en la opción Devices & Networks. Aparece el gráfico del PLC. En el puerto ethernet dar doble clic para su configuración: y asignar la dirección IP: 192.168.0.3. (figura 31-2).

2.3.1.2.3 Módulo de Proceso

Su programación y configuración de red se realizó a través del programa TIA PORTAL V14. La asignación de la dirección IP es 192.168.0.1. para esto se siguió los siguientes pasos: dentro del menú Devices, dar doble clic en la opción Devices & Networks. Aparece el gráfico del PLC. En puerto ethernet dar doble clic para su configuración. (figura 32-2)

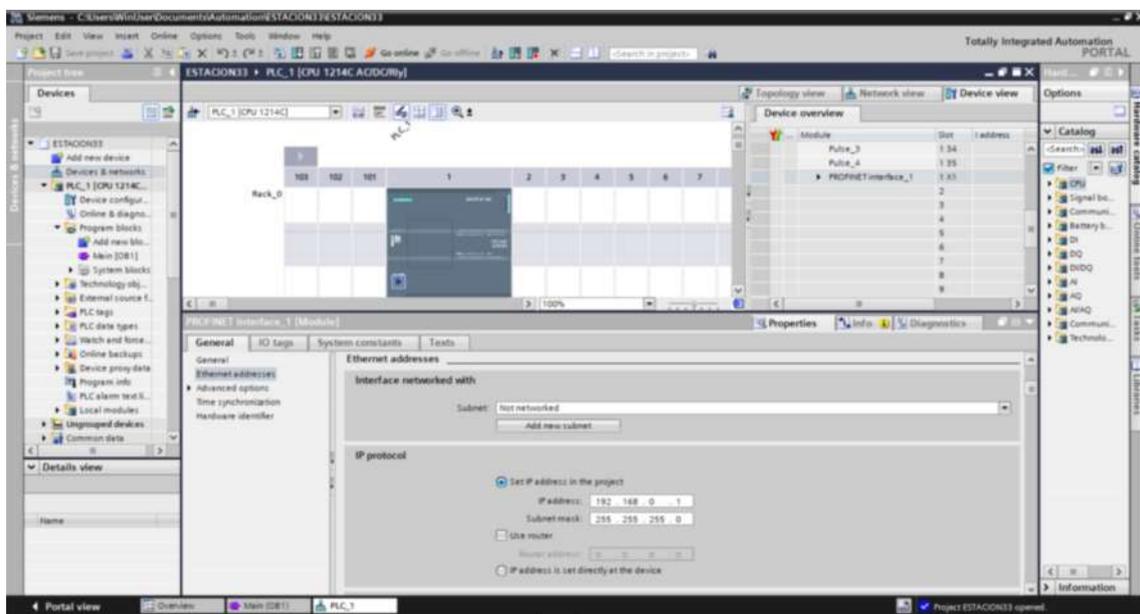


Figura 32-2: Asignación de la dirección IP – Módulo de Proceso

Fuente: Narváez-Toledo, 2017

2.3.1.2.4 Módulo Pick & Place

TwidoSuite es el software usado para la programación y la asignación de la dirección IP. Para eso se debe dar clic sobre el menú Describir, seguido dar doble clic sobre el puerto Ethernet en donde aparece la ventana para la configuración de la red. (figura 33-2). La dirección asignada es 192.168.0.4.

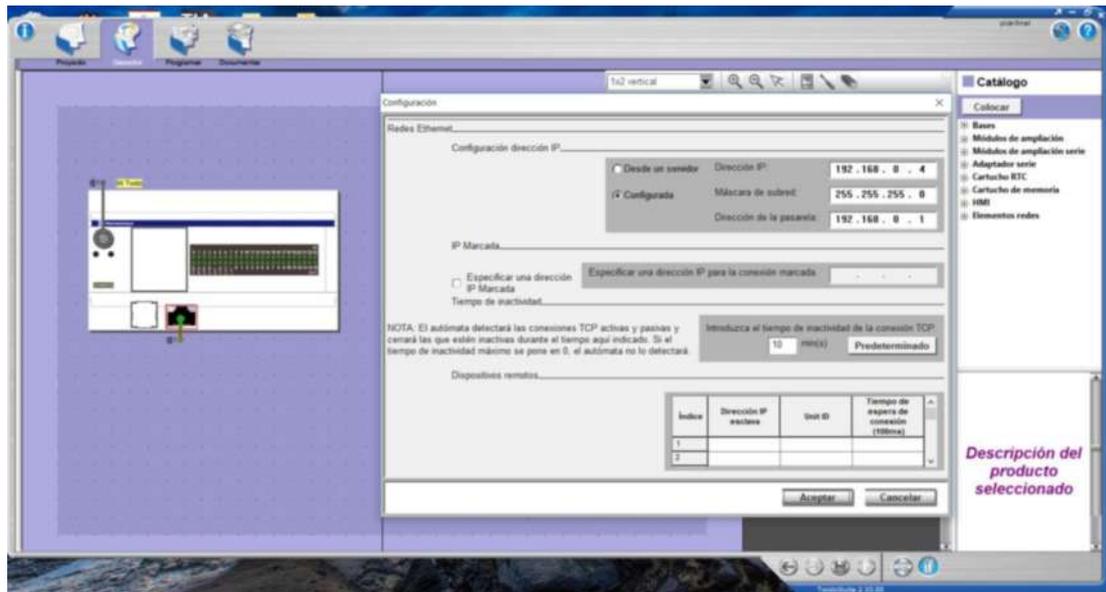


Figura 33-2: Asignación de la dirección IP – Módulo de Pick & Place

Fuente: Narváez-Toledo,2017

2.3.1.2.5 Módulo Músculo

Para asignar la dirección IP: 192.168.0.5, en el programa TwidoSuite se debe seguir los siguientes pasos: dar clic sobre el menú Describir, seguido dar doble clic sobre el puerto Ethernet en donde aparece la ventana para la configuración de la red. (figura 34-2).

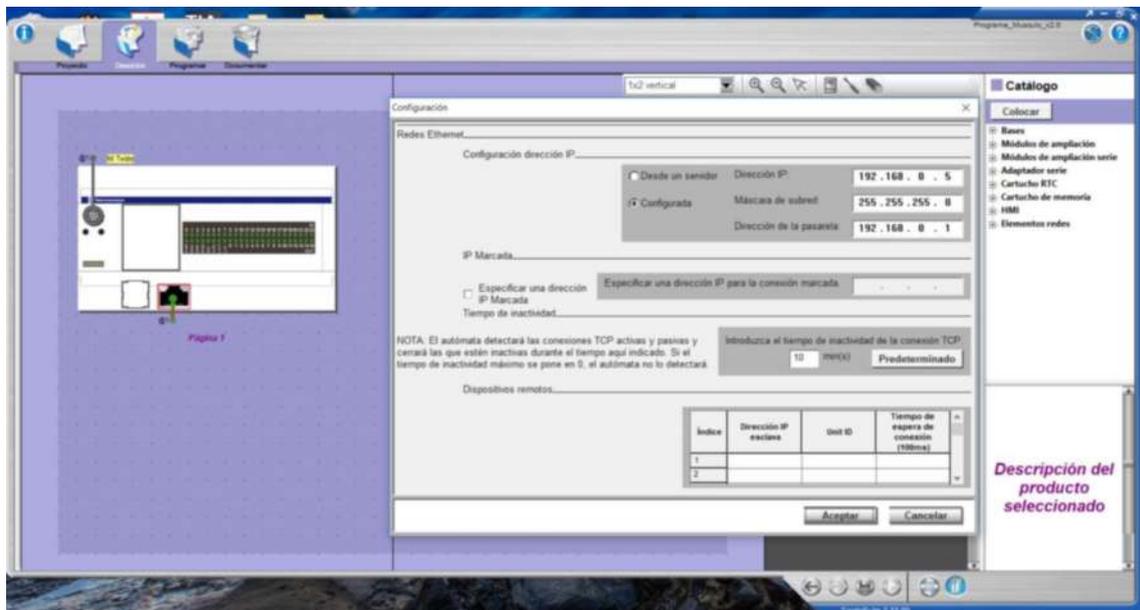


Figura 34-2: Asignación de la dirección IP – Módulo Músculo

Fuente: Narváez-Toledo,2017

2.3.1.2.6 Módulo de Separación

SoMachine Basic permite realizar la programación y la asignación de la dirección IP (192.168.0.16). Para su configuración se debe dar doble clic sobre el icono de Ethernet y asignar la dirección antes mencionada. (Figura 35-2).

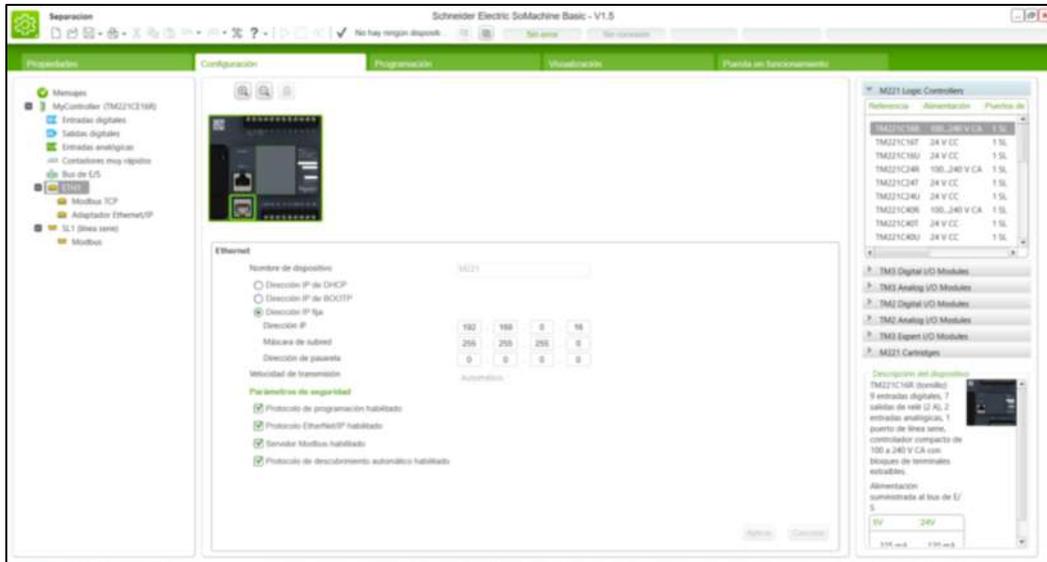


Figura 35-2: Asignación de la dirección IP – Módulo de Separación

Fuente: Narváez-Toledo,2017

2.3.1.2.7 Módulo de Clasificación

Para este módulo se ha asignado la dirección IP 192.168.0.17. (figura 36-2).

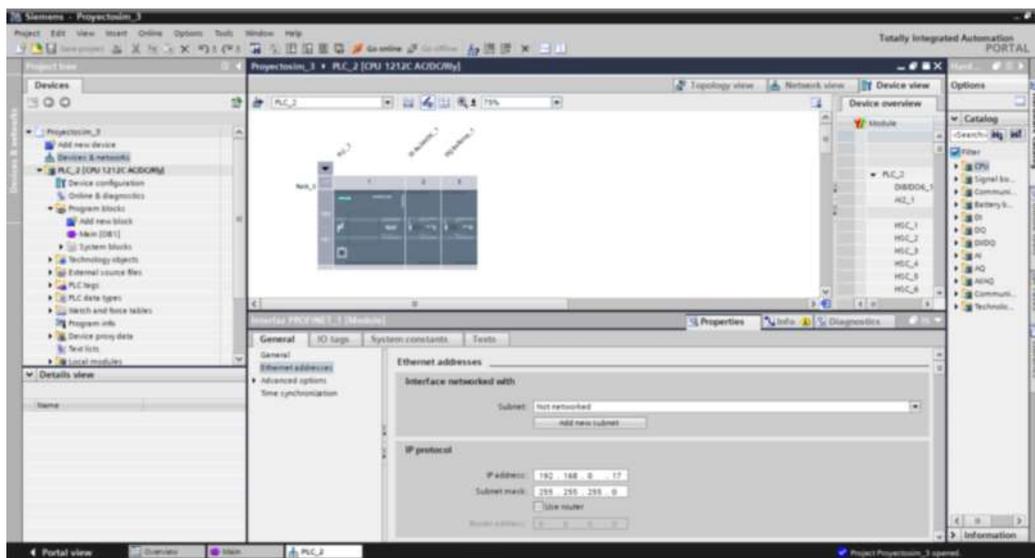


Figura 36-2: Asignación de la dirección IP – Módulo de Clasificación

Fuente: Narváez-Toledo,2017

2.3.1.2.8 Computadora

La dirección IP asignada al PC es 192.168.0.110.

2.3.2 Configuración del HMI

2.3.2.1 Elaboración del HMI

HMI es la herramienta utilizada por usuarios u operarios para coordinar y controlar procesos industriales en tiempo real, es decir, una interfaz gráfica compuesta por paneles que poseen indicadores y comandos para la comunicación entre ambos.

Basándose en los pasos mencionados anteriormente para el diseño del HMI, se procede a su elaboración. El software utilizado es el LOOKOUT 6.2, porque tiene una interfaz muy sencilla, práctica y es ideal para este tipo de comunicación. (Figura 37-2)



Figura 37-2: Presentación LookOut 6.2

Fuente: Narváez -Toledo, 2017

Para la elaboración de cada una de las pantallas se usó los siguientes objetos:

Tabla 13-2: Objetos usados en HMI

Icono	Objeto	Descripción
	<i>Revise Text/ Plate/ Inset</i>	Insertar texto.
	<i>Animator – Indicatr</i>	Indican el estado de los sensores y actuadores (on y off).

	<i>Insert Graphic</i>	Insertar imagen de cada módulo.
	Creat Button	crear botones tanto para el panel de control como para el menú.
	Creat Switch	para la activación de la llave (manual u automático).
	Counter	cuenta las piezas terminas por cada módulo.
	Creat HyperTrend	crear un historial de acuerdo al número de piezas terminadas por cada módulo
	Insert Scale	insertar escala para ser usada conjuntamente con el historial.
	Alarms	insertar las alarmas de acuerdo a su prioridad

Fuente: Narváez- Toledo, 2017

2.3.2.1.1 Portada

Se realiza primero la portada, la cual tiene la presentación del Trabajo de Titulación; además consta de un Pushbutton con el texto Menú que permite acceder a la siguiente ventana.



Figura 38-2: Portada del HMI

Fuente: Narváez-Toledo, 2017

2.3.2.1.2 Menú

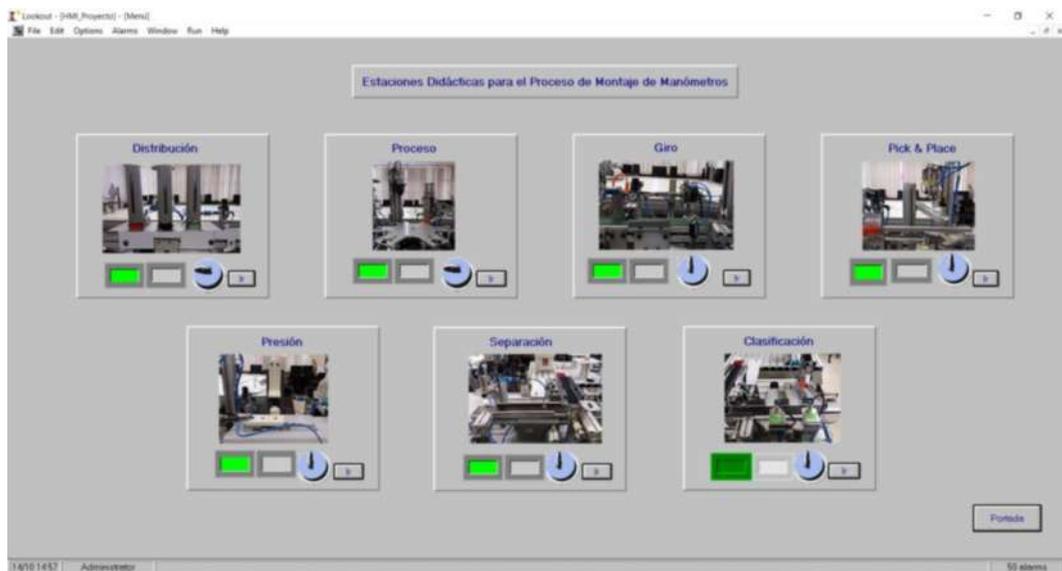


Figura 39-2: HMI - Menú

Fuente: Narváez-Toledo, 2017

En esta pantalla se presenta todos los módulos que intervienen en el proceso de Montaje de manómetros, cada uno de los módulos contiene indicadores los cuales están diseñados según la guía GEDIS.

2.3.2.1.3 Módulo de Distribución



Figura 40-2: HMI- Módulo de Distribución

Fuente: Narváez -Toledo, 2017

Con base en la figura anterior se detalla la operación del HMI:

- **Proceso:** *Elección de pieza*, por medio de botones el usuario puede escoger el color de la base del manómetro teniendo como opción: roja, negra y gris. *Distribución*, los indicadores de sensores, cilindros y bandas se van activando de acuerdo a la pieza escogida.
- **Panel de Control:** Hay tres pulsadores con sus respectivos indicadores que permiten; iniciar (START) el proceso del módulo, parar (STOP) el proceso, reiniciar todo (RESET) y la llave que activa al módulo para que pueda trabajar. Este panel de Control se repite en todos los módulos.
- **Menú:** Se tiene dos Pushbutton el uno lleva hacia el menú principal y el otro al siguiente módulo.
- **Alarmas:** según los criterios de prioridad ya analizados tenemos: *Alarma amarilla*, falta de piezas para distribuir. *Alarma Azul Claro*, para indicar que la pieza ha sido enviada al siguiente módulo.
- **Datos Estadísticos:** muestran el número de mensajes válidos y erróneos entre la comunicación del PLC y el HMI. El número de piezas enviadas al siguiente módulo.

2.3.2.1.4 Módulo de Giro

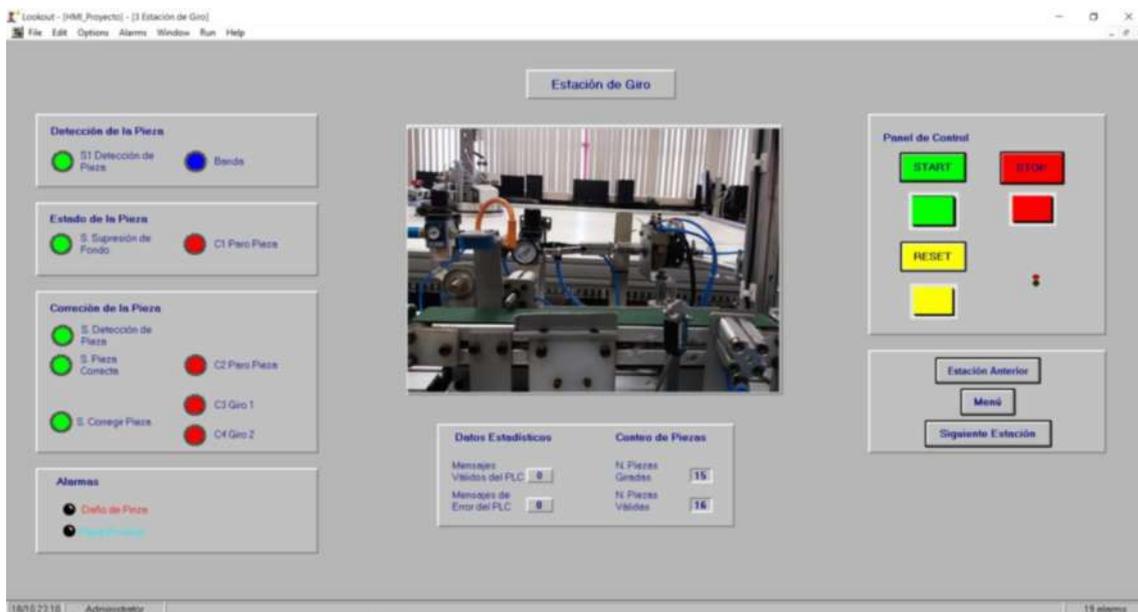


Figura 41-2: HMI- Módulo de Giro

Fuente: Narváez-Toledo, 2017

- **Proceso:** *Detección de la pieza*, mediante el sensor se verifica que haya pieza para empezar el proceso. *Estado de la pieza*, un cilindro detiene a la pieza para que el sensor de supresión de fondo evalúe su profundidad. Si la profundidad es correcta manda la pieza al siguiente módulo de lo contrario pasa al siguiente proceso. *Corrección de la pieza*, con ayuda de una pinza neumática gira la pieza a su posición correcta. Para ir a cada proceso se activa la banda.
- **Menú:** Tiene tres Pushbutton; módulo anterior, menú principal y siguiente módulo. Las cuales ayudan al operador a interactuar en las diferentes pantallas. Los módulos siguientes cuentan con el mismo tipo de menú
- **Alarmas:** según los criterios de prioridad ya analizados tenemos: *Alarma Roja*, daño pinza. *Alarma Azul Claro*, para indicar que la pieza ha sido enviada al siguiente módulo.
- **Datos Estadísticos:** muestran el número de mensajes válidos y erróneos entre la comunicación del PLC y el HMI. El número de piezas giradas y el total de piezas enviadas al módulo.

2.3.2.1.5 Módulo de Proceso

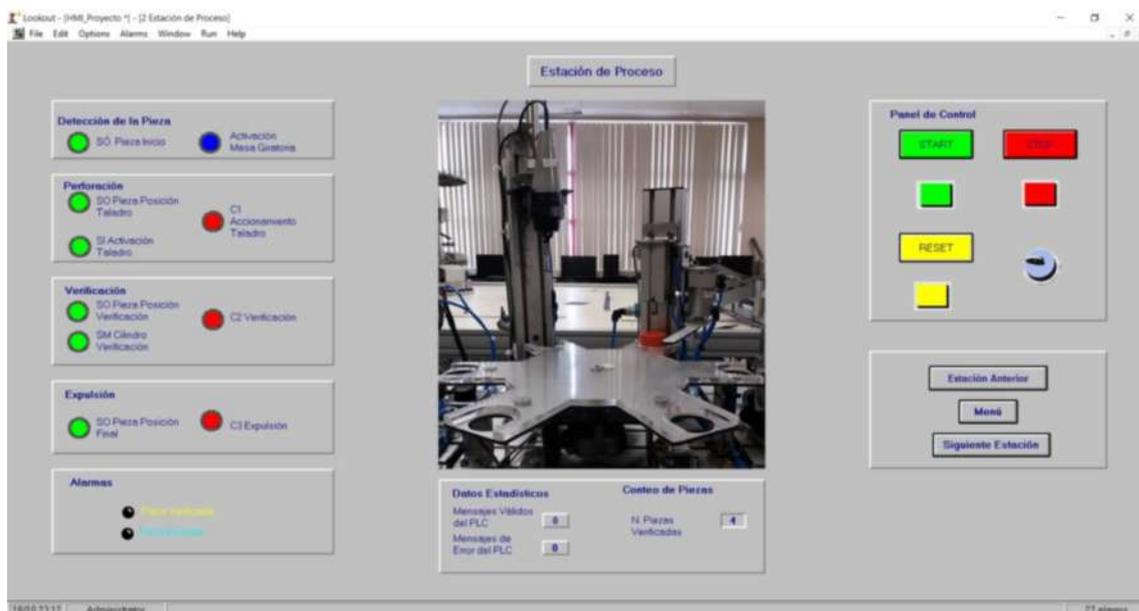


Figura 42-2: HMI- Módulo de Proceso

Fuente: Narváez-Toledo, 2017

- **Proceso:** *Detección de la pieza*, Se observa si la pieza está presente mediante el sensor hasta que la mesa giratoria cambie de posición. *Perforación*, simulación de perforación de pieza. *Verificación*, muestra el sensor y cilindro activados al momento de hacer la verificación de la pieza. *Expulsión*, el sensor en la posición final se muestra activado al igual que el cilindro de expulsión.
- **Alarmas:** según los criterios de prioridad ya analizados tenemos: *Alarma Amarilla*, pieza verificada, *Alarma Azul Claro*, para indicar que la pieza ha sido enviada al siguiente módulo.
- **Datos Estadísticos:** muestran el número de mensajes válidos y erróneos entre la comunicación del PLC y el HMI. El número de piezas validas que serán enviadas al siguiente módulo.

2.3.2.1.6 Módulo Pick & Place

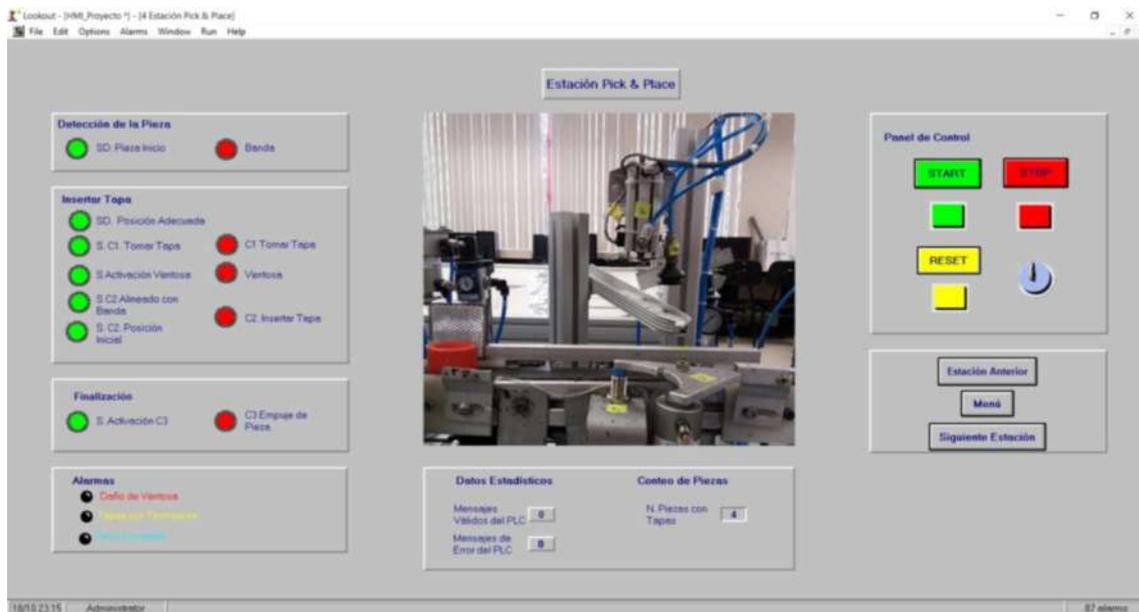


Figura 43-2: HMI- Módulo Pick & Place

Fuente: Contero-Toledo, 2017

- **Proceso:** *Detección de la pieza*, al igual que en los módulos anteriores el sensor inicial de presencia se activa al detectar la pieza. *Insertar Tapa*, aquí están los indicadores de los sensores, cilindros y ventosa que se activan al momento de colocar el Higrómetro en

la base del manómetro. *Finalización*, cuando ya es colocado el Higrómetro el sensor final se activa y el cilindro empuja la pieza hacia al siguiente módulo.

- **Alarmas:** *Alarma Roja*, daño de ventosa. *Alarma Amarilla*, tapas de higrómetro por terminar, *Alarma Azul Claro*, para indicar que la pieza está completa.
- **Datos Estadísticos:** muestran el número de mensajes válidos y erróneos entre la comunicación del PLC y el HMI. El número de piezas con tapas de los manómetros.

2.3.2.1.7 Módulo Músculo

Este módulo consta de tres etapas que se indica en el HMI: Sujeción, Prensado y Transporte.

- **Proceso:** *Sujeción*, una vez detectada la presencia de la pieza, la pinza sujeta la pieza para ser llevada al siguiente proceso. *Prensado*, esta etapa la prensa fija de forma más segura la tapa de higrómetro a su base. *Transporte*, con la pieza completa el músculo transporta a la pieza al siguiente módulo.
- **Alarmas:** *Alarma Azul Claro*, para indicar que la pieza está completa.
- **Datos Estadísticos:** muestran el número de mensajes válidos y erróneos entre la comunicación del PLC y el HMI. El número de piezas con tapas de los manómetros.

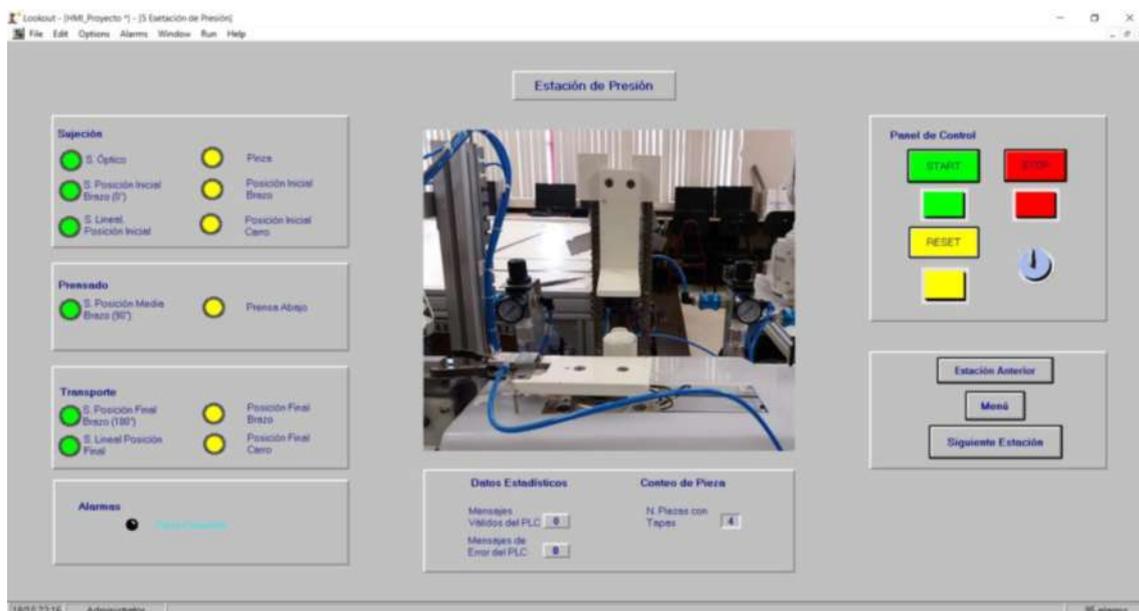


Figura 44-2: HMI-Módulo Músculo

Fuente: Narváez-Toledo, 2017

2.3.2.1.8 Módulo de Separación

- **Proceso:** *Diferenciación*, esta etapa consta de un sensor inductivo que detecta la presencia de la pieza, el cilindro 1 detiene la pieza y el sensor con supresión de fondo detecta la profundidad del manómetro. *Separación*, si la pieza está correcta el siguiente cilindro se activará para enviarla al siguiente proceso, de lo contrario le enviará al siguiente módulo. *Derivación*. - La pieza es separada e impulsada perpendicularmente a la banda 2 finalizando el proceso.
- **Alarmas:** De acuerdo a las prioridades de criticidad se tiene las siguientes alarmas: *Alarma Amarilla*, pieza defectuosa. *Alarma Azul Claro*, para indicar que la pieza manómetro está completa.
- **Datos Estadísticos:** muestran el número de mensajes válidos y erróneos entre la comunicación del PLC y el HMI. El número de piezas válidas.

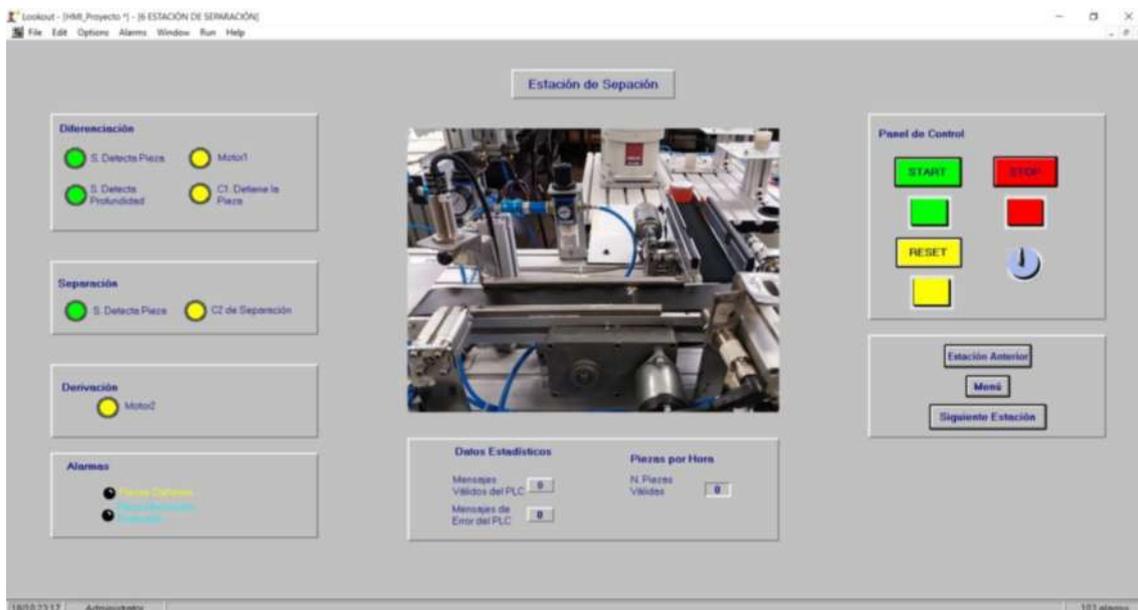


Figura 45-2: HMI-Módulo de Separación

Fuente: Narváez-Toledo, 2017

2.3.2.1.9 Módulo de Clasificación

Las piezas que aquí llegan quedaron fuera del proceso por estar mal ensambladas o incompletas y el procedimiento a realizar es adicional.

- **Proceso:** *Detección del material* posee un sensor óptico que detecta el color de la pieza ya sea roja o negra y el material; el cilindro de barrera se activa para detener la pieza y clasificarla. *Clasificación*, al ser detectado el color y material se activan los sensores que le corresponden, activando los desviadores de las rampas para las piezas; en el instante que la pieza cae por la rampa se activa el sensor retro reflectivo que indica la correcta ubicación.
- **Menú:** Cuenta con dos Pushbutton; módulo anterior, menú principal.
- **Alarmas:** según los criterios de prioridad ya analizados tenemos: *Alarma Roja*, atasco de la banda. *Alarma Azul Claro*, para indicar que la pieza ha sido clasificada.
- **Datos Estadísticos:** muestran el número de mensajes válidos y erróneos entre la comunicación del PLC y el HMI. El número de piezas clasificadas de acuerdo a su color y un historial del total de las piezas que han sido clasificadas de acuerdo al tiempo.

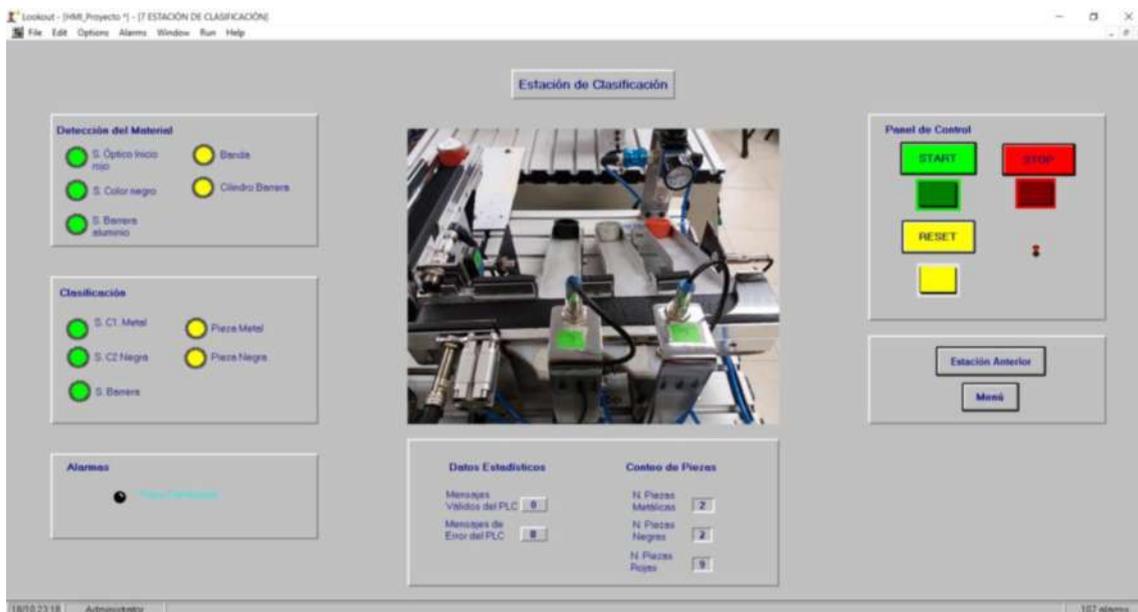


Figura 46-2: HMI- Módulo de Clasificación

Fuente: Narváez-Toledo, 2017

2.3.2.2 Configuración del OPC y MODBUS

Para la comunicación del HMI y del proceso se requiere la creación del Objeto MODBUS Y del OPC CLIENTE según sea el caso del PLC.

2.3.2.2.1 Configuración del OPC-Keeware

Un OPC es un estándar de comunicación que ofrece una interfaz común para la interacción y compartición de datos en procesos industriales; en un lado se encuentra el PLC y en el otro el HMI. El OPC utilizado en este trabajo de titulación es de KEPCO Industry's.

Este Software se aplicó para los módulos 2 (Proceso), 3 (Giro) y 7 (Clasificación) porque no se puede establecer la conexión directa con el HMI, ya que poseen PLC's SIEMENS; el proceso empieza con la creación de un canal, que es el tipo de comunicación del sistema en este caso MODBUS ETHERNET.

Paso 1: Al escoger la opción crear canal se abre una pantalla para elegir el tipo de PLC.

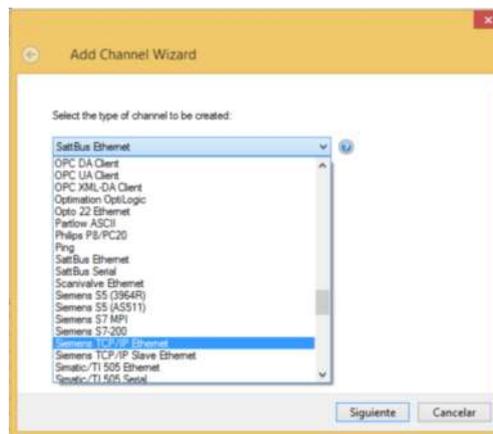


Figura 47-2: OPC-Tipo de PLC

Fuente: Narváez-Toledo, 2017

Paso 2.- Se asigna el nombre del canal, luego la dirección IP del dispositivo.

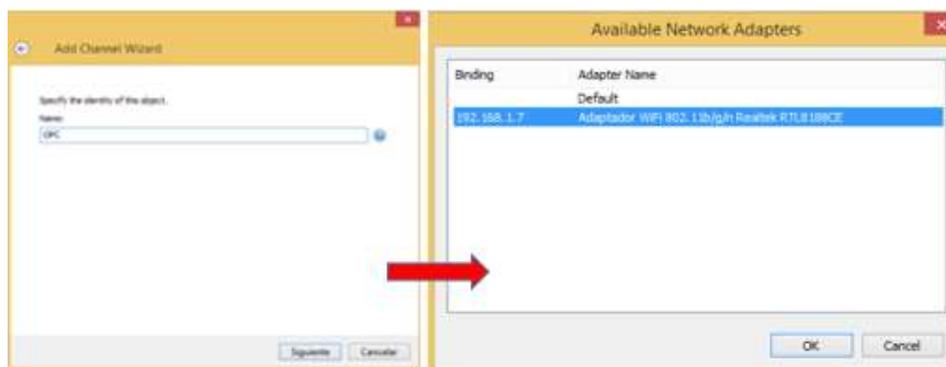


Figura 48-2: OPC-Canal

Fuente: Narváez-Toledo, 2017

Paso 3.- Aquí las configuraciones adicionales como el tipo de variables, duración del ciclo y finalizar.

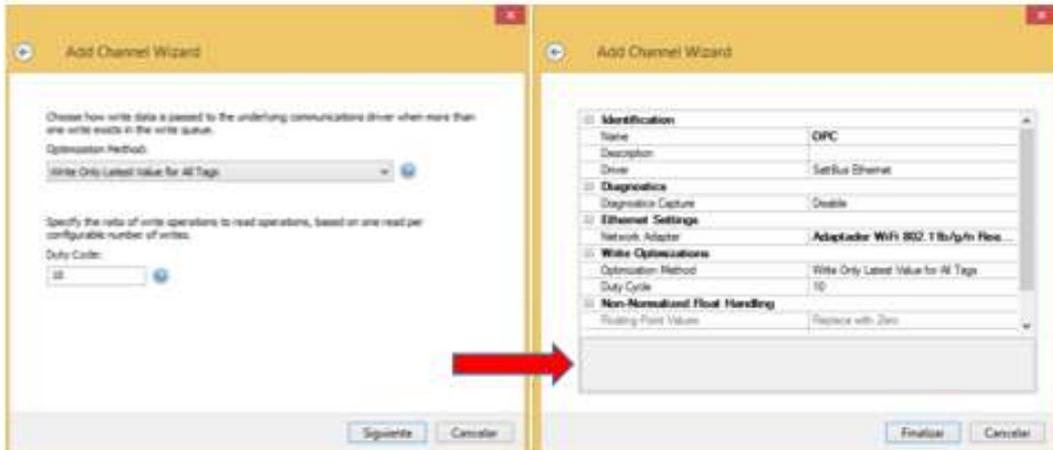


Figura 49-2: OPC-Variables

Fuente: Narváez-Toledo, 2017

OPC del Módulo Proceso

Se empieza por crear un nuevo dispositivo y todas las características que posee, como por ejemplo: nombre, modelo, dirección IP del dispositivo, etc.

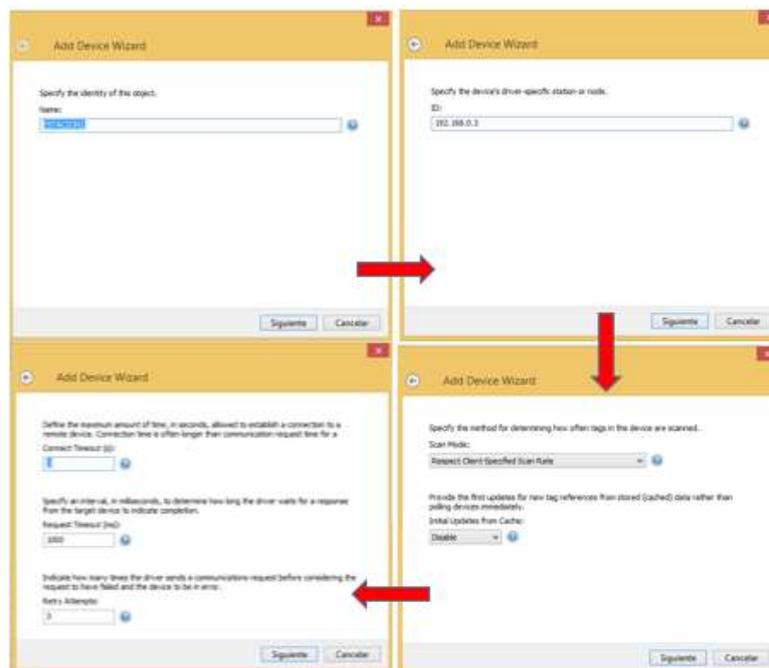


Figura 50-2: OPC Módulo Proceso

Fuente: Narváez-Toledo, 2017

Luego de configurar el dispositivo, se procede a agregar los tags o variables de cada módulo, para ello es importante saber las direcciones (Tabla 8-2). Se crea uno a uno los Tags en el OPC del módulo de proceso, colocando las características correspondientes.

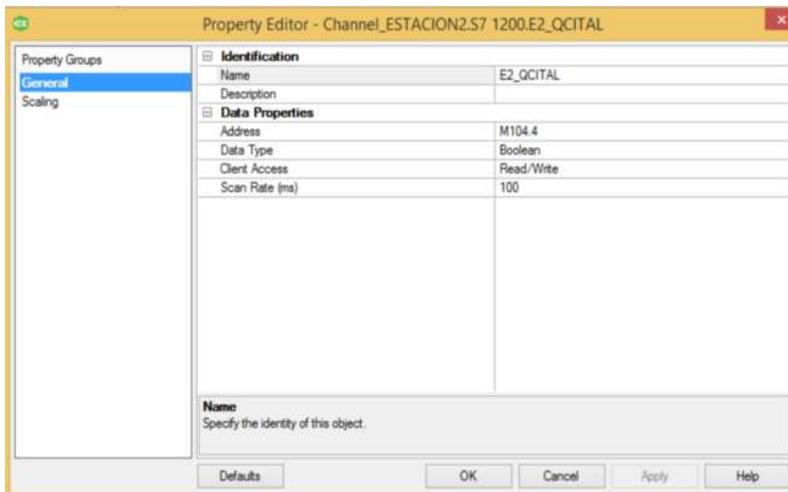


Figura 51-2: Tag Módulo Proceso

Fuente: Narváez-Toledo, 2017

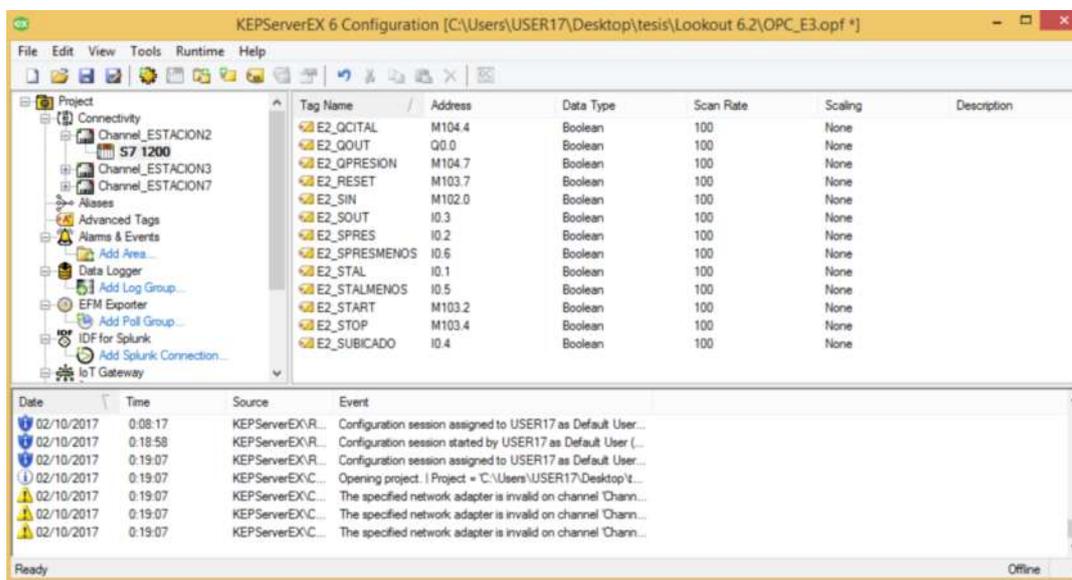


Figura 52-2: Tags Terminados Proceso

Fuente: Narváez-Toledo, 2017

OPC de Módulo Giro

De igual manera se configura las características del dispositivo y los Tags. (tabla 7-2)

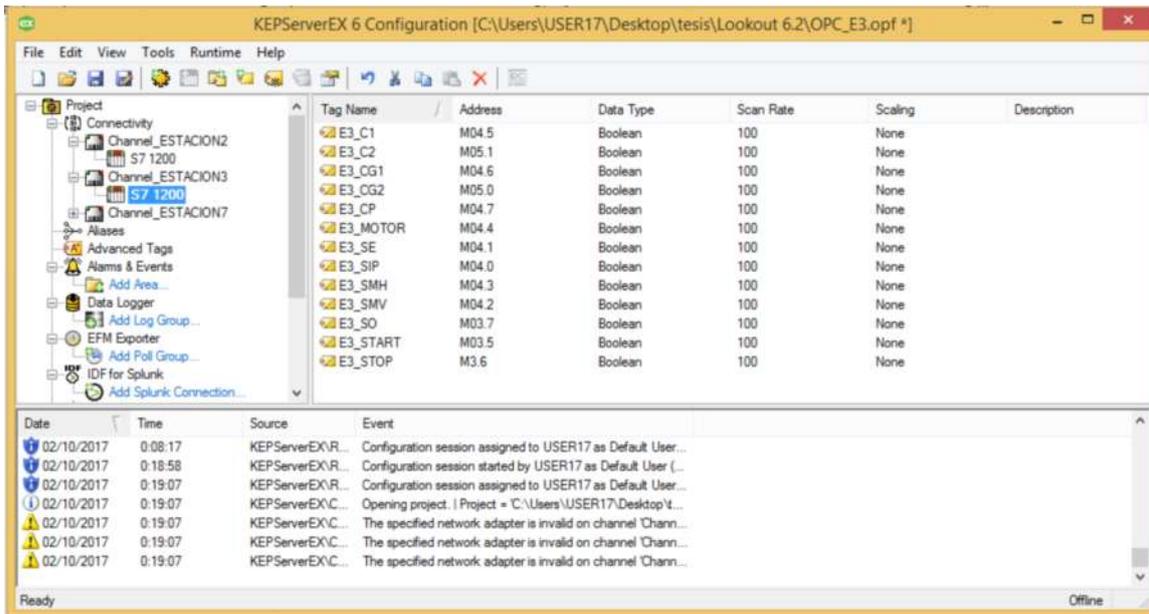


Figura 53-2: Tags Terminados Giro

Fuente: Narváez-Toledo, 2017

OPC de Módulo Clasificación

En base a las siguientes variables (tabla 12-2), se desarrolla la creación del OPC.

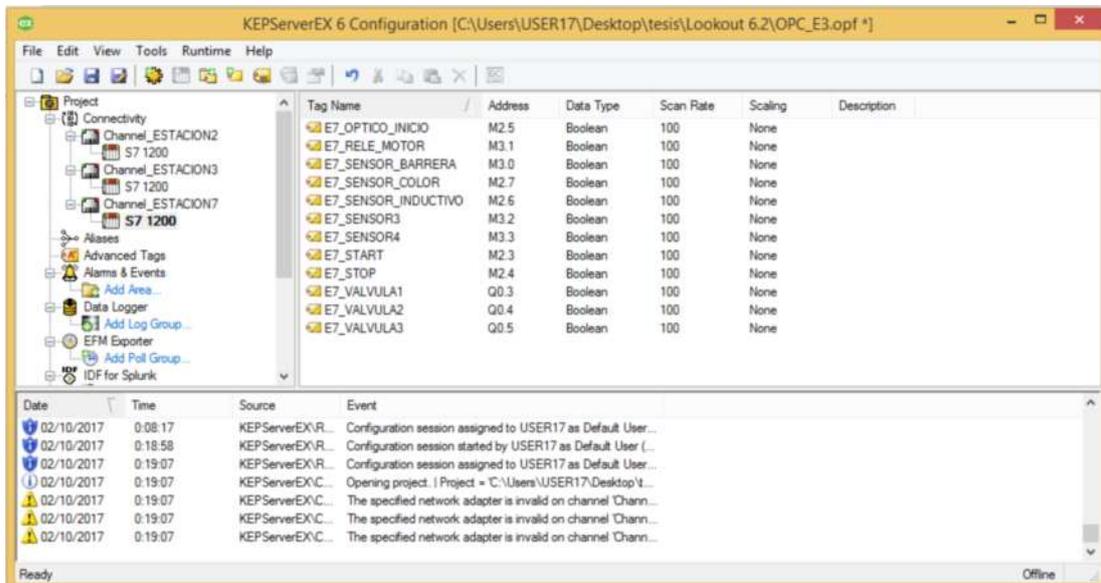


Figura 54-2: Tags Terminados Clasificación

Fuente: Contero-Toledo, 2017

2.3.2.2.2 Configuración del Modbus de Lookout

ModBus de Módulo Pick & Place

En este módulo la comunicación es directa, por ello se crea el ModBus, teniendo en cuenta sus variables. (tabla 9-2). A partir de esto, se empieza a crear el ModBus en Lookout.

Paso 1: Menú Object. Create y seleccionamos MODBUS.

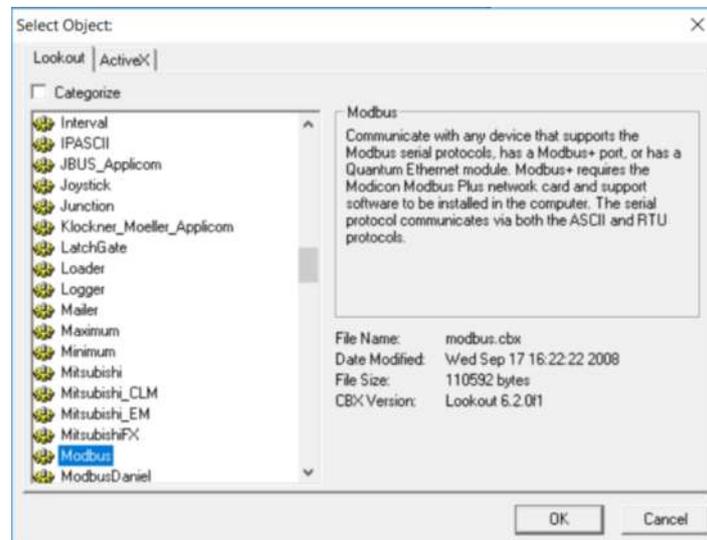


Figura 55-2: ModBus - Módulo Pick & Place

Fuente: Narváez-Toledo, 2017

Paso 2.- Aquí se configura el nombre, el tipo de conexión, la dirección IP del módulo.

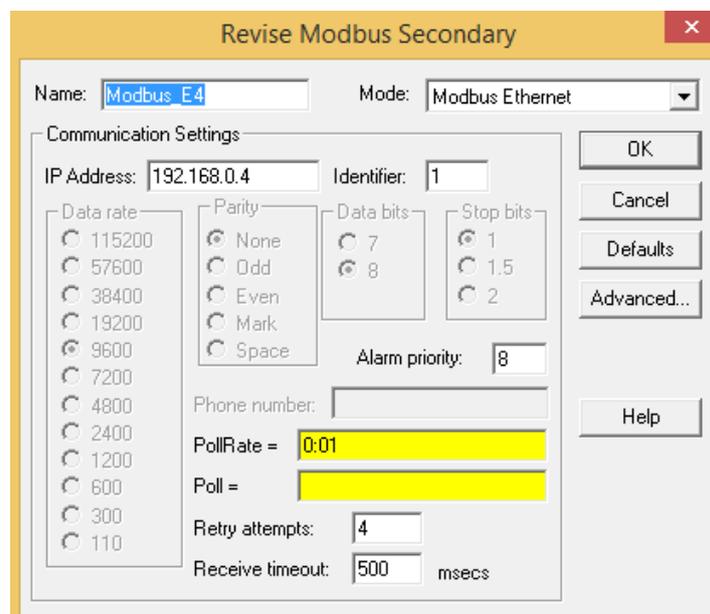


Figura 56-2: ModBus – Paso 2

Fuente: Narváez-Toledo, 2017

Paso 3.- Se acepta y aparece en el Object Project el ModBus creado

ModBus Módulo Músculo

Las variables que tiene este módulo se muestran en la tabla 10-2. El proceso de crear el ModBus es el mismo que el módulo anterior, así que se muestra las características configuradas.

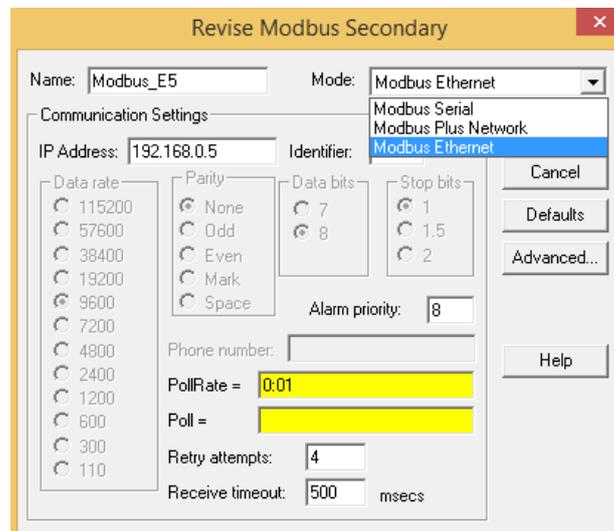


Figura 57-2: ModBus – Módulo Músculo

Fuente: Narváez-Toledo, 2017

ModBus Módulo de Separación

Las variables a configurar se muestran en la tabla 11-2. El ModBus y sus características ya creadas (figura 58-2).

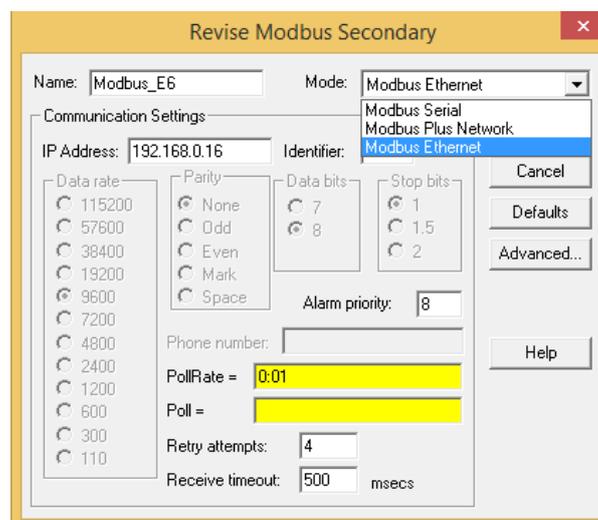


Figura 58-2: ModBus - Módulo Separación

Fuente: Narváez- Toledo, 2017

2.3.2.3 Comunicación del HMI con el Proceso

En esta etapa del proceso se empieza a configurar todas las variables en tiempo real; el OPC configurado permite realizar este paso.

2.3.2.3.1 Comunicación Módulo de Distribución

Para configurar los indicadores se realiza el siguiente procedimiento:

Paso 1: Clic derecho en la primera condición para añadir las respectivas características.

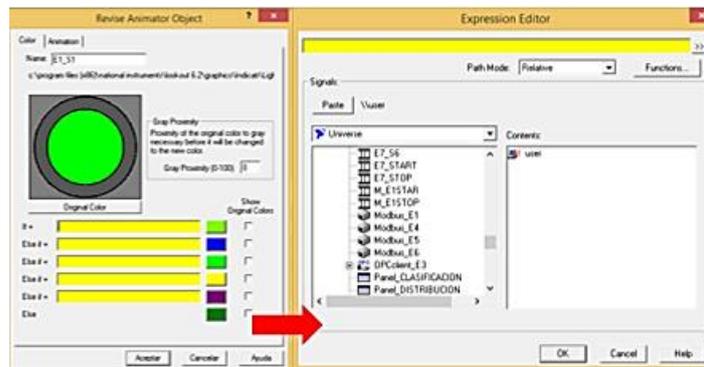


Figura 59-2: Comunicación Distribución

Fuente: Narváez -Toledo, 2017

Paso 2: Se busca el ModBus que le corresponde y se selecciona el rango de la variable haciendo doble clic.

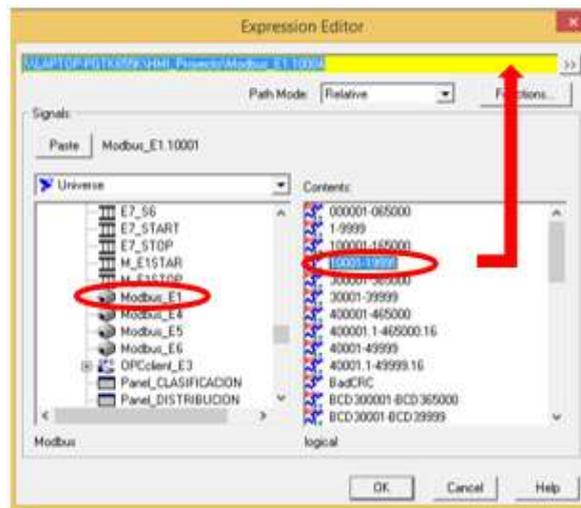


Figura 60-2: Distribución – ModBus 2

Fuente: Narváez -Toledo, 2017

Paso 3.- Se asigna el rango y se coloca la dirección de la tabla de las variables.

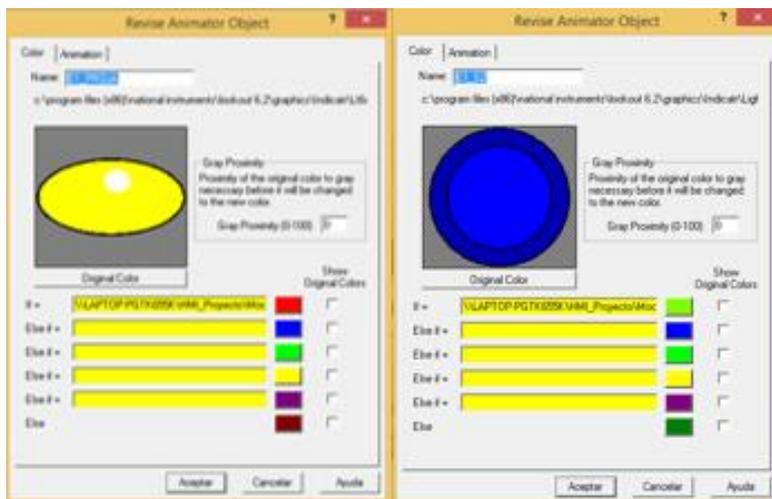


Figura 61-2: Indicadores PROJA, S2

Fuente: Narváez -Toledo, 2017

2.3.2.3.2 Comunicación Módulo Giro

Este módulo funciona con el OPC del Kepservex y su procedimiento de comunicación se detalla a continuación:

Paso 1: Elegir el Canal y PLC

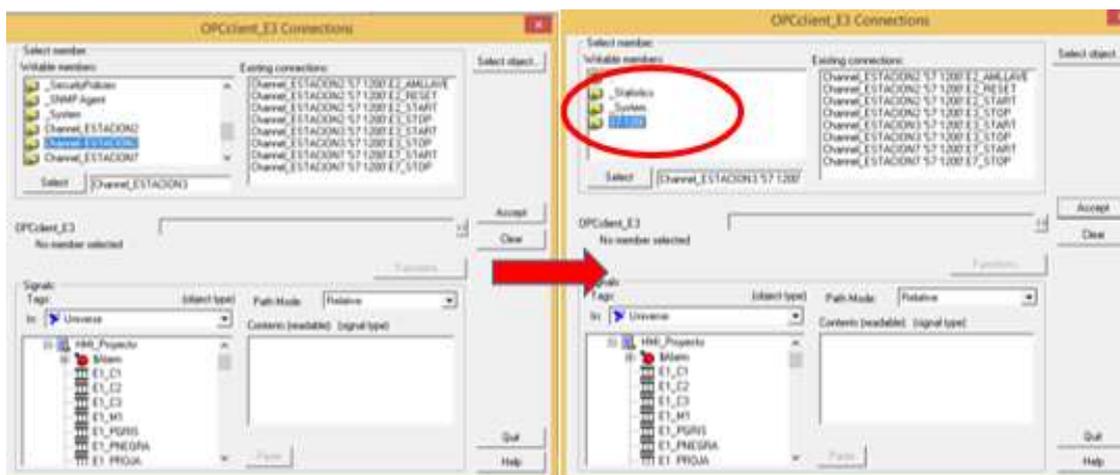


Figura 62-2: Elección del Canal y PLC - Giro

Fuente: Narváez-Toledo, 2017

Paso 2: Seleccionar la dirección, luego buscar el nombre del sensor y pegar

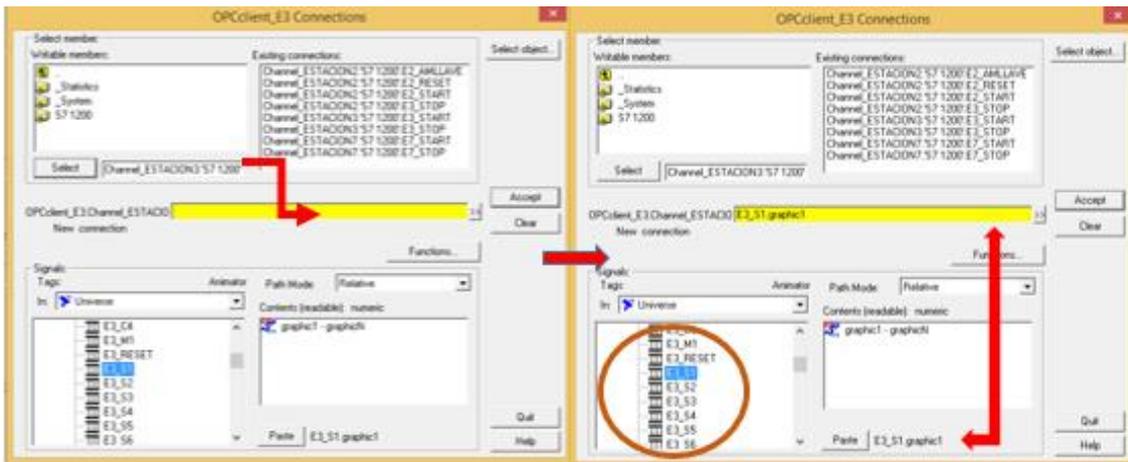


Figura 2-63: Comunicación Sensores - HMI

Fuente: Narváez-Toledo, 2017

Paso 3: Se acepta y se verifica la dirección asignada en cada sensor.

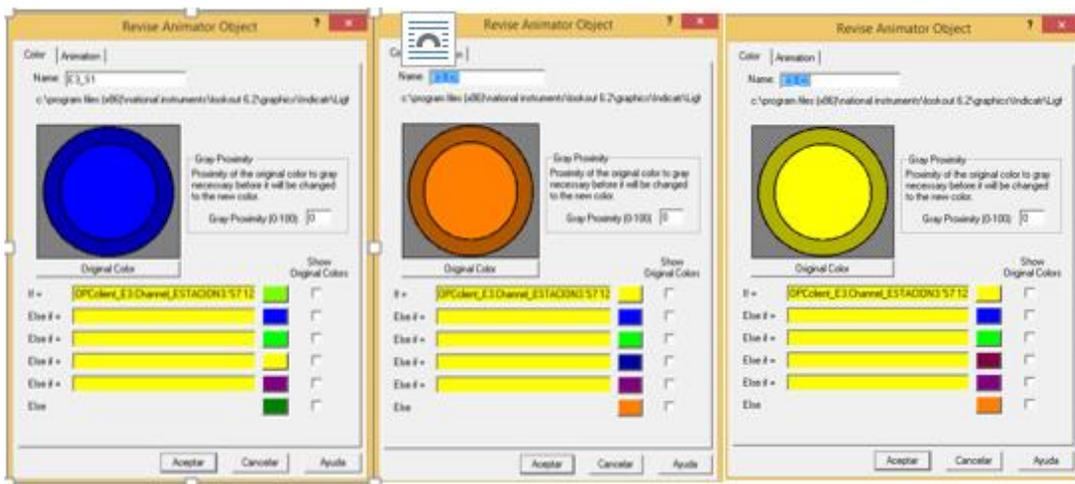


Figura 64-2: Indicadores S1, C1 y C3

Fuente: Narváez-Toledo, 2017

2.3.2.3.3 Comunicación Módulo de Proceso

El siguiente paso a dar es crear en el proyecto de LooKout el OPC client, añadiendo su nombre, y la interfaz de comunicación en este caso Kepware.KEPServerEX. V6.

Paso 1: Menú Object - create

Paso 2: Se selecciona OPC Client luego las características y ok.

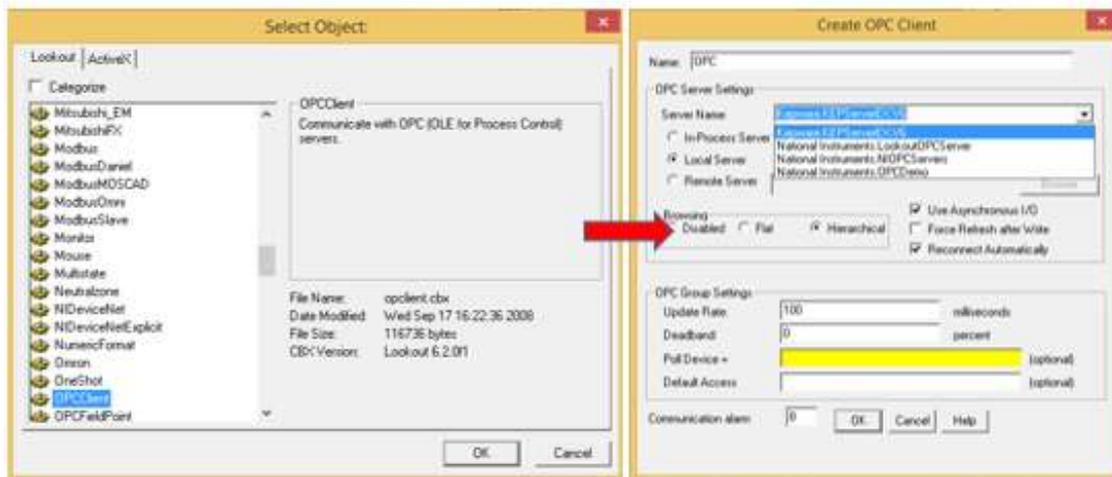


Figura 65-2: OPC Cliente - Lookout

Fuente: Narváez-Toledo, 2017

Paso 3: El OPC ya creado y se ve los canales creados en el KepServer junto con los tags.

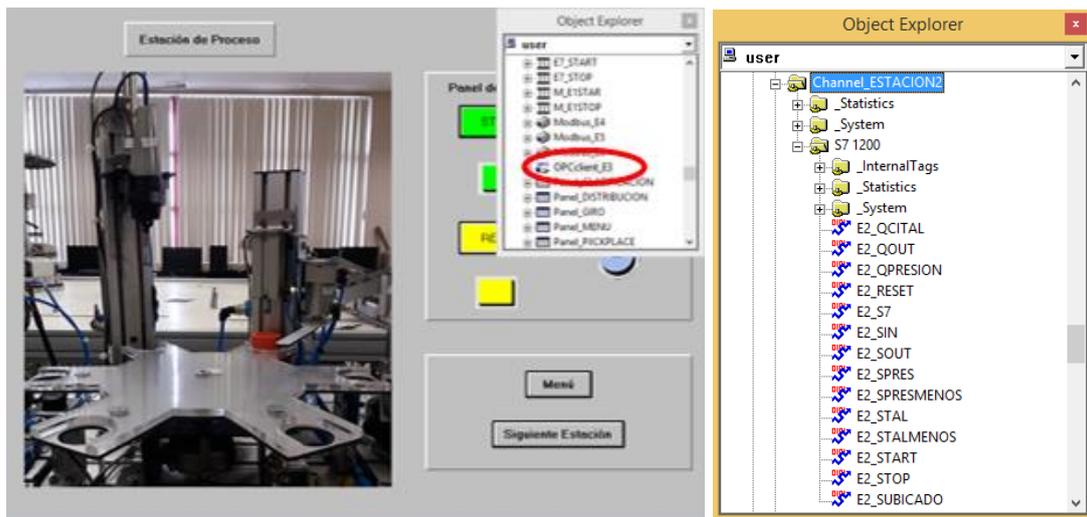


Figura 66-2: OPC – Lookout, Resultado Final

Fuente: Narváez-Toledo, 2017

Paso 4: Se ingresa al OPC para configurar cada indicador de los sensores en el HMI, haciendo clic derecho en el OPC, luego en edit connections y aparece el cuadro para las variables.



Figura 67-2: Comunicación de Sensores y HMI

Fuente: Narváez-Toledo, 2017

Así se configura todos los indicadores de este módulo.

Paso 5: Se verifica que el indicador tiene la dirección correcta al hacer clic derecho en el botón.

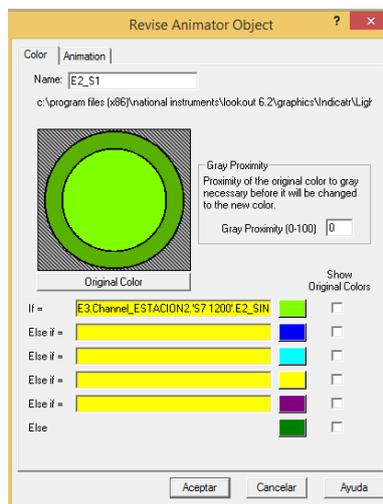


Figura 68-2: Comunicación Sensores - Dirección

Fuente: Narváez-Toledo, 2017

2.3.2.3.4 Comunicación Módulo Pick & Place

La configuración de los indicadores es diferente al OPC y se muestra a continuación:

Paso 1: Se debe dar clic derecho en: el indicador y en la primera condición.

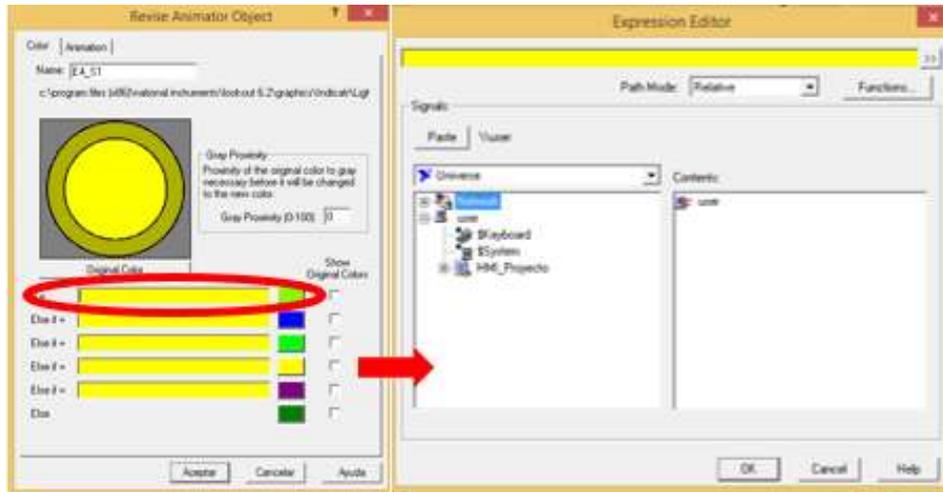


Figura 69-2: Comunicación Pick & Place

Fuente: Narváez- Toledo, 2017

Paso 2: Se busca el ModBus que le corresponde y se selecciona el rango de la variable.

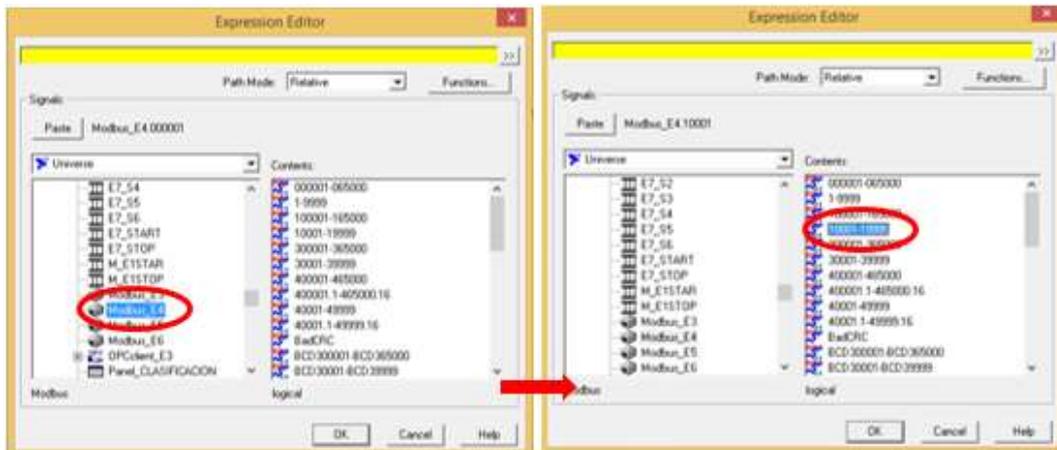


Figura 70-2: Configuración - Variables

Fuente: Contero-Toledo, 2017

Paso 3: Se asigna el rango y se coloca la dirección de la tabla de las variables +1.

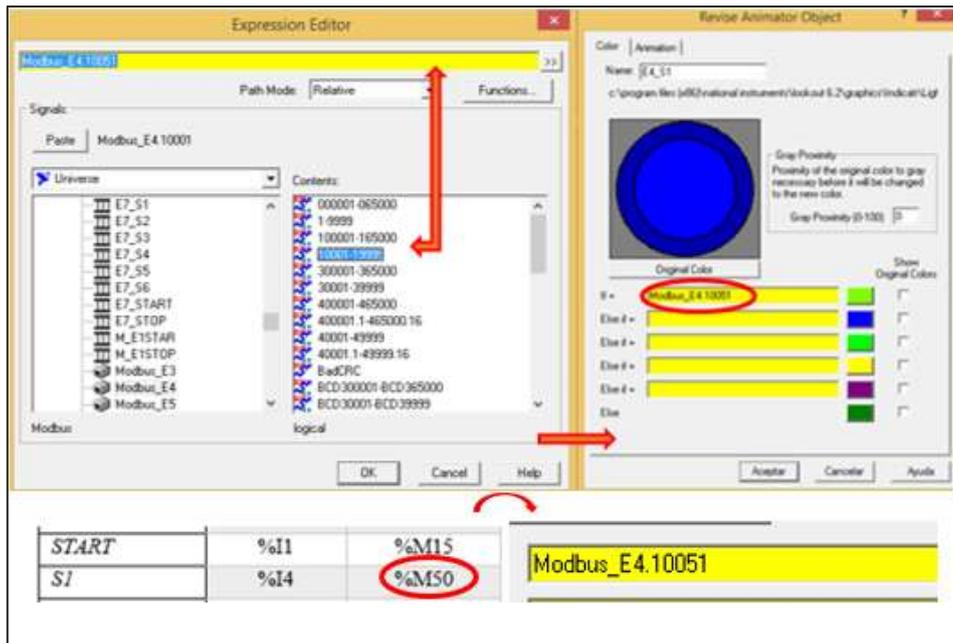


Figura 71-2: Asignación - Variables

Fuente: Narváez-Toledo, 2017

2.3.2.3.5 Comunicación Módulo Músculo

La configuración es igual al módulo anterior, con el ModBus.

Paso 1: En el indicador dar clic derecho y en la primera condición de la misma forma clic derecho para asignar la dirección.

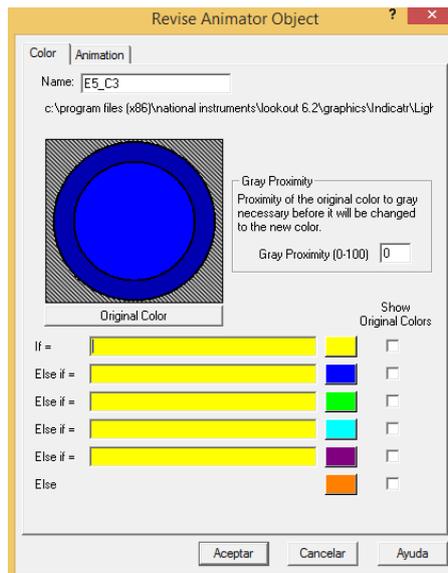


Figura 72-2: Comunicación Músculo

Fuente: Narváez-Toledo, 2017

Paso 2: Se busca el ModBus que le corresponde y se selecciona el rango de la variable.:

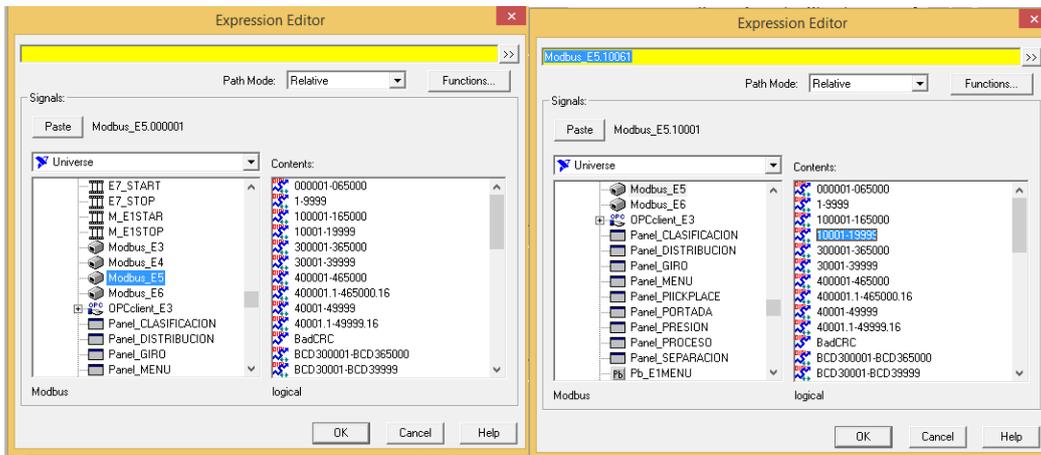


Figura 73-2: Configuración - ModBus

Fuente: Contero-Toledo, 2017

Paso 3: Se asigna el rango y se coloca la dirección de la tabla de las variables +1.

STOP	%I0.9	%M58	Modbus_E5.10061
M	%Q0.2	%M60	

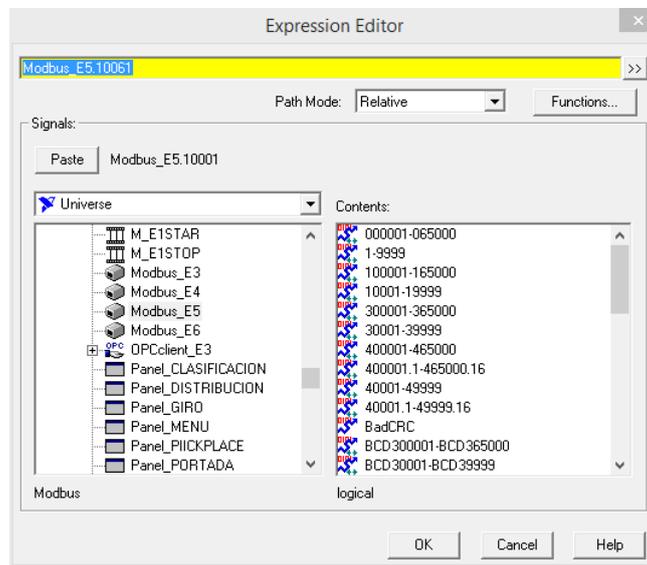


Figura 74-2: Asignación - Variables

Fuente: Narváez-Toledo, 2017

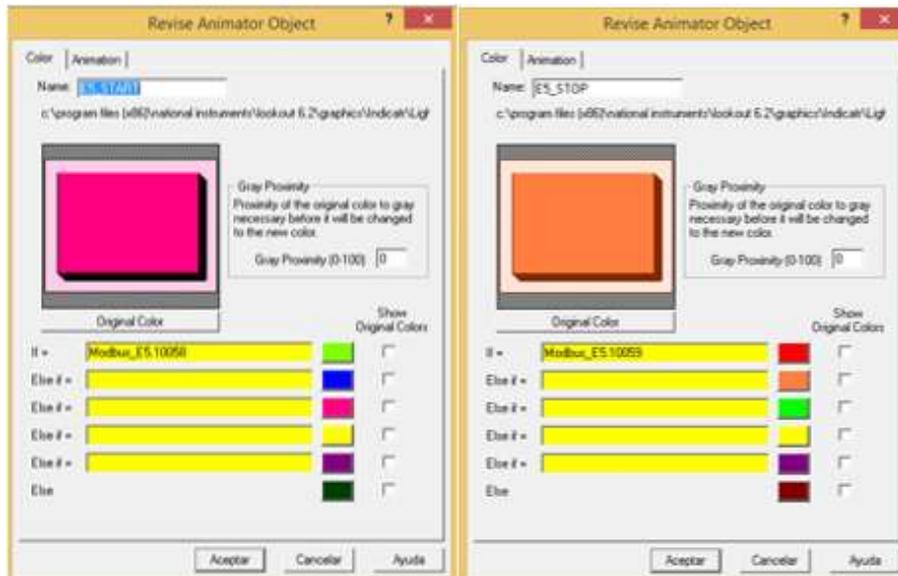


Figura 75-2: Indicadores START, STOP

Fuente: Narváez-Toledo, 2017

2.3.2.3.6 Comunicación Módulo de Separación

Para configurar los indicadores el mismo procedimiento:

Paso 1.- Clic derecho en la primera condición para añadir las respectivas características.

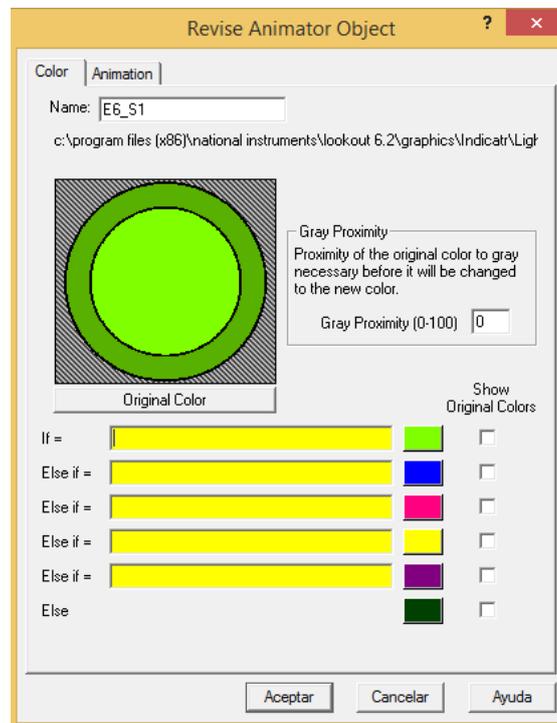


Figura 76-2: Comunicación Músculo

Fuente: Narváez-Toledo, 2017

Paso 2.- Se busca el ModBus que le corresponde y se selecciona el rango de la variable.

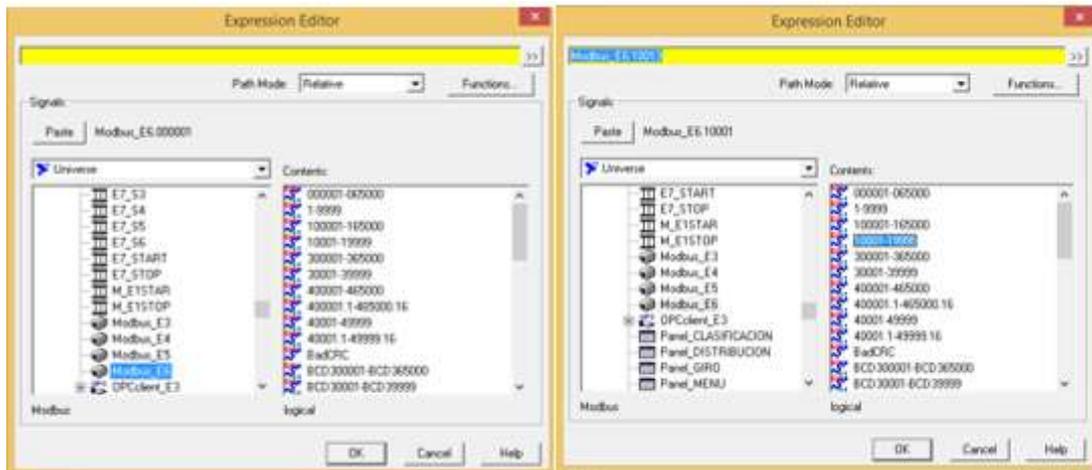


Figura 77-2: Configuración – ModBus

Fuente: Narváez-Toledo, 2017

Paso 3.- Se asigna el rango y se coloca la dirección de la tabla de las variables +1.

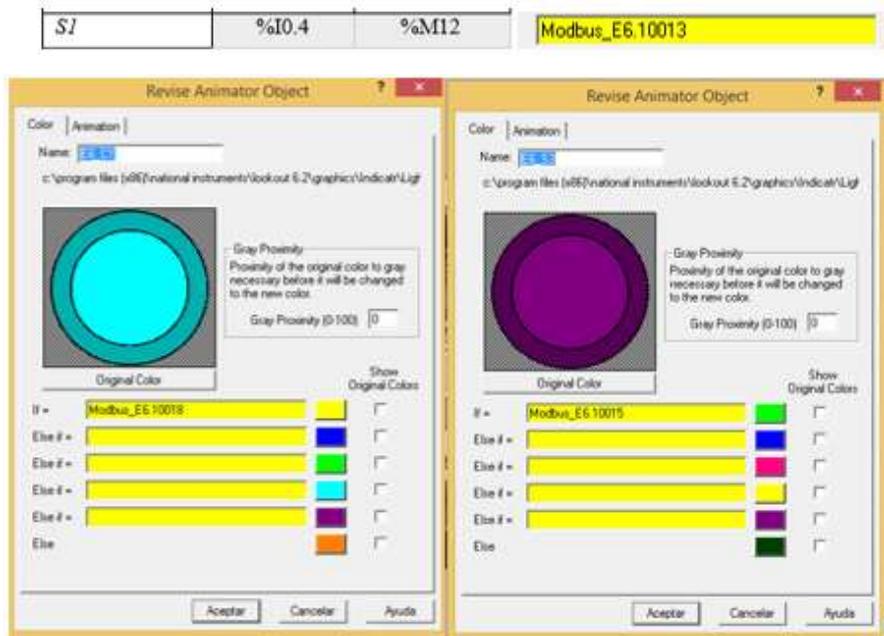


Figura 78-2: Indicadores S1, S3

Fuente: Narváez-Toledo, 2017

Paso 4.- La configuración de los Pushbutton es la siguiente: Clic derecho en el ModBus y luego en edit Connections.

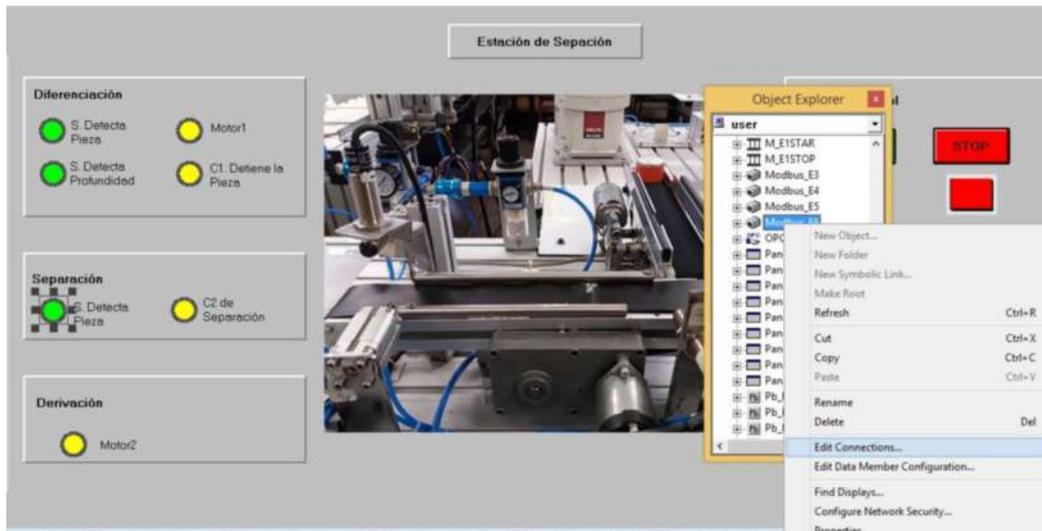


Figura 79-2: ModBus - Pushbutton

Fuente: Narváez-Toledo, 2017

Paso 5.- Se elige el rango de la variable para luego asignarle la dirección.

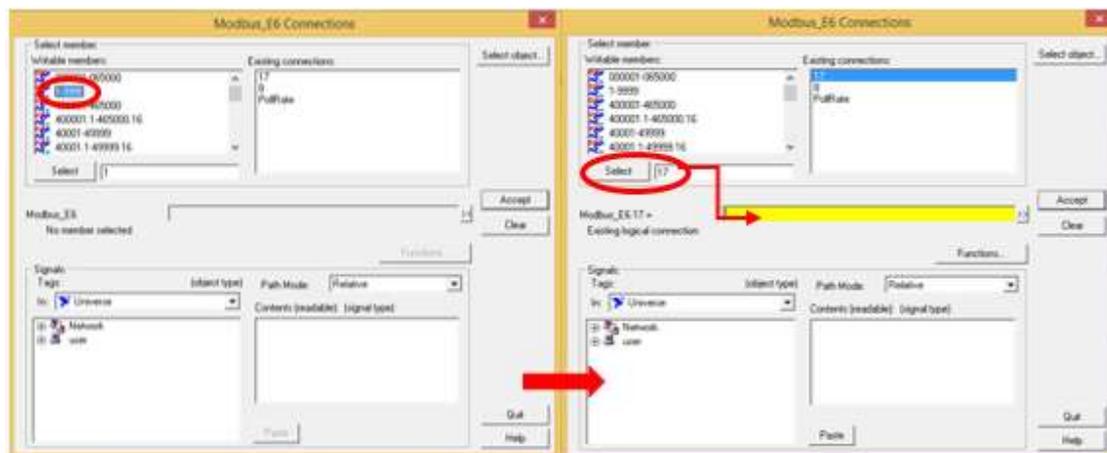


Figura 80-2: ModBus – Dirección

Fuente: Narváez-Toledo, 2017

Paso 6.- Buscar el nombre del Pushbutton del módulo y luego doble clic en value par que se asigne y aceptar.

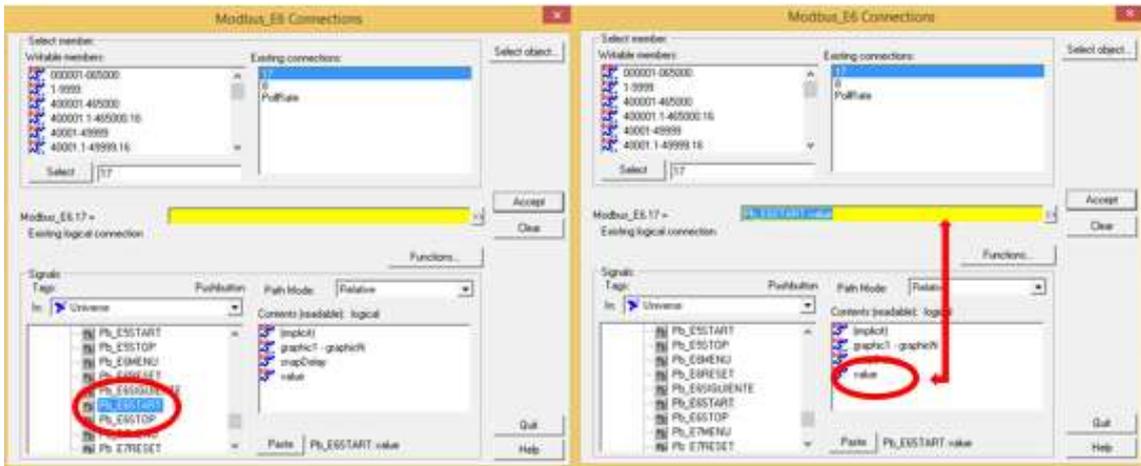


Figura 82-2: ModBus – Asignación

Fuente: Narváez-Toledo, 2017

2.3.2.3.7 Comunicación Módulo de Clasificación

Funciona con el OPC y el procedimiento es igual que el módulo de proceso y giro.

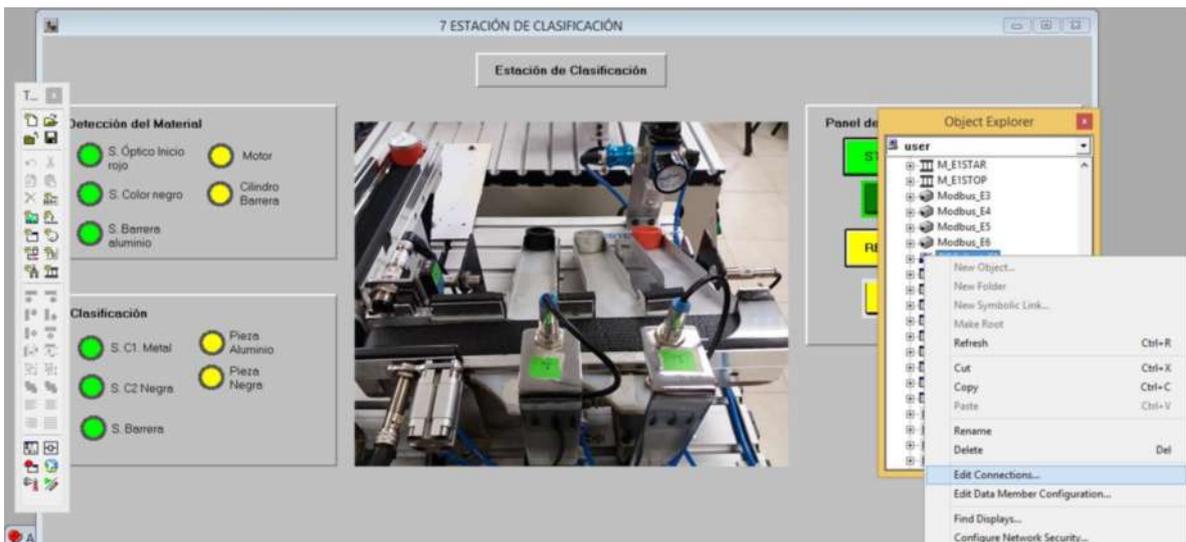


Figura 82-2: OPC – E7

Fuente: Narváez -Toledo, 2017

Paso 1.- Elegir el Canal y PLC

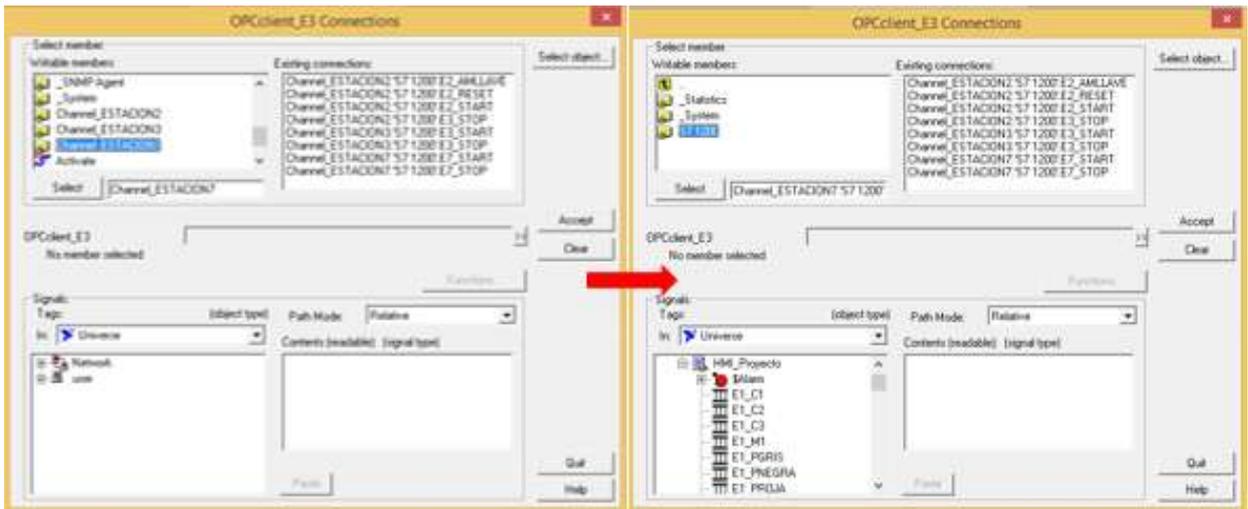


Figura 83-2: OPC- Comunicación E7

Fuente: Narváez -Toledo, 2017

Paso 2.- Seleccionar la dirección, luego buscar el nombre del sensor y pegar

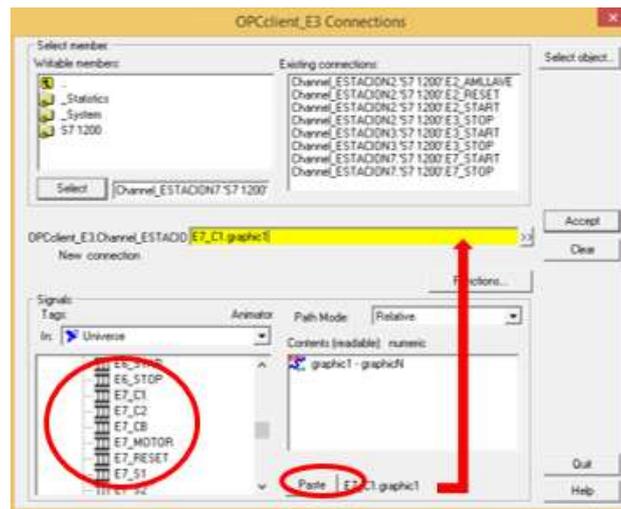


Figura 84-2: OPC – Sensores E7

Fuente: Narváez -Toledo, 2017

Paso 3.- Aceptamos y Verificamos la dirección asignada en cada sensor.

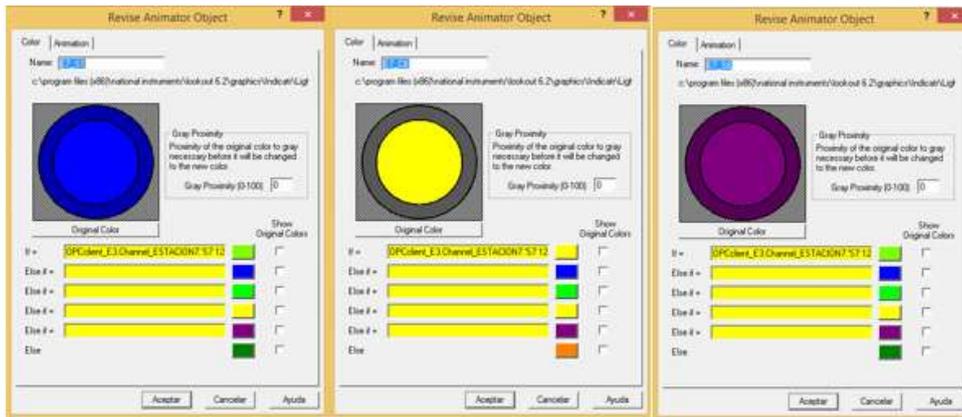


Figura 85-2: Indicadores S1, C3 y S6

Fuente: Narváez -Toledo, 2017

2.3.2.4 Cuentas de Usuario

Una cuenta de usuario es una recopilación de información que indica al Lookout el archivo al que puede tener acceso un determinado usuario, los cambios que puede realizar en el y sus preferencias personales, tales como el diseño de paneles, configuración de indicadores, etc.

La configuración es la siguiente:

Paso 1: Se debe ejecutar el programa Lookout como administrador, para ello se da clic derecho en el icono y se selecciona la opción requerida, como indica la figura (86-2).



Figura 86-2: Ejecutar Programa CU

Fuente: Narváez-Toledo, 2017

Paso 2: Al abrir el proyecto se da clic en Options y luego en User Manager para crear la cuenta.

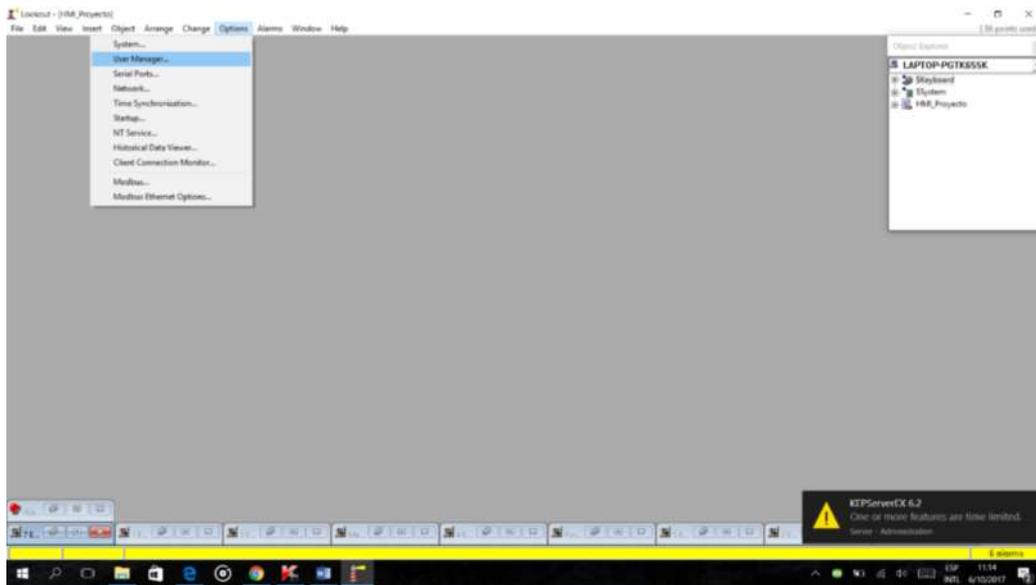


Figura 87-2: Crear Cuenta de Usuario

Fuente: Narváez-Toledo, 2017

Paso 3: Aparece una ventana en dónde se da clic derecho en administrador.

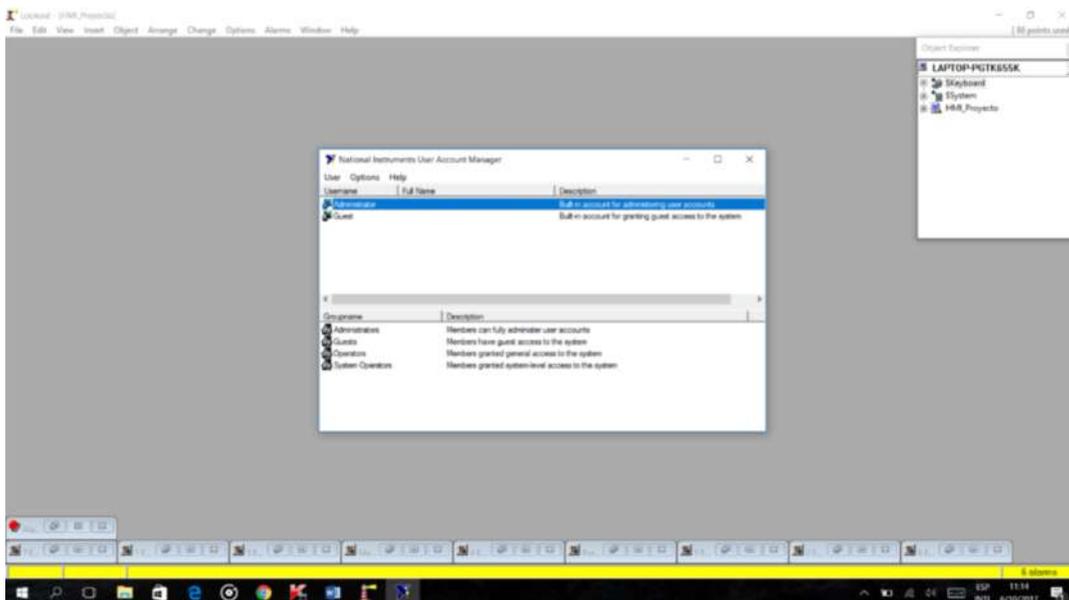


Figura 88-2: Cuenta de Usuario - Selección

Fuente: Narváez-Toledo, 2017

Paso 4: Se selecciona Nueva Cuenta de Usuario.

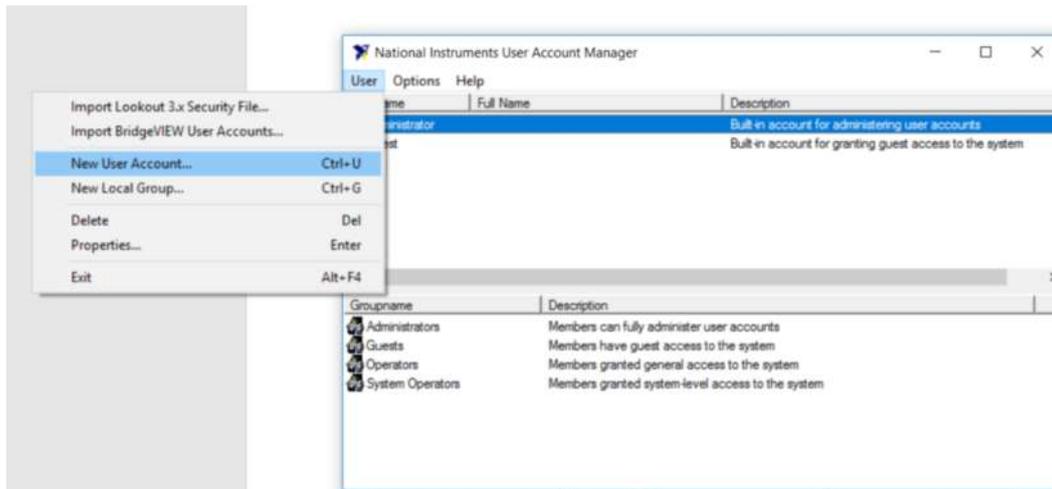


Figura 89-2: Cuenta de Usuario - Nueva

Fuente: Narváez-Toledo, 2017

Paso 5: Se configura las características de la cuenta como nombre de usuario, contraseña, nivel de seguridad que se requiera en el programa y se acepta. Para efecto de este trabajo de titulación se colocó 5 en el nivel de seguridad.

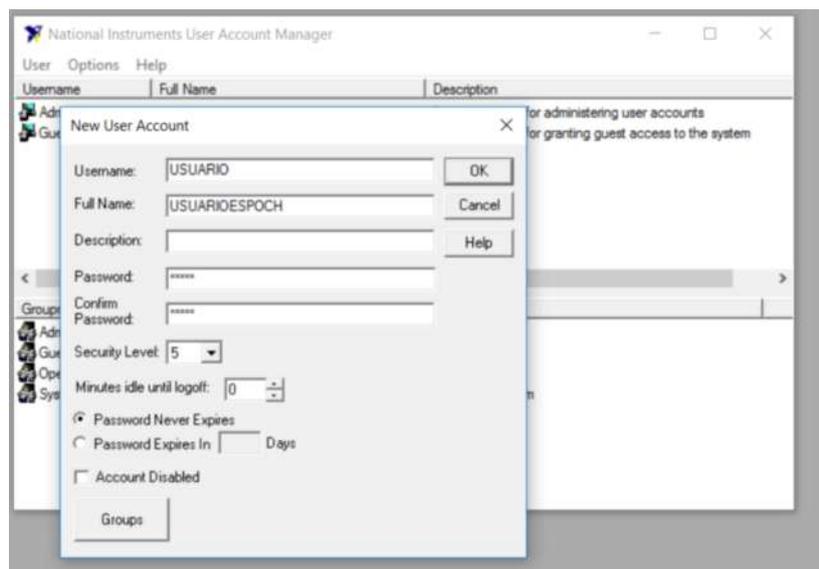


Figura 90-2: Cuenta de Usuario - Configuración

Fuente: Narváez-Toledo, 2017

Paso 6: Se presenta la pantalla ya con la cuenta creada

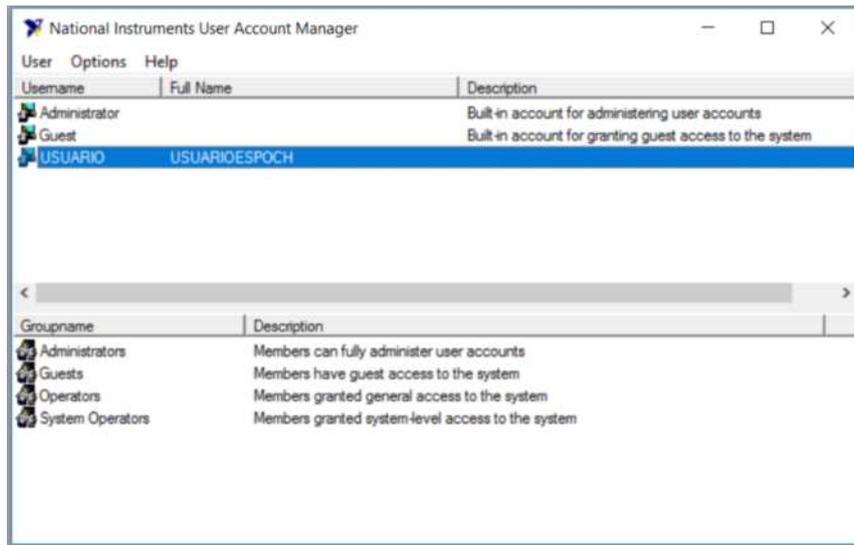


Figura 91-2: Cuenta de Usuario - Creada

Fuente: Narváez-Toledo, 2017

Paso 7: Ahora se configura aspectos importantes dentro de la seguridad de la cuenta. Clic en Options luego se seleccionas System.

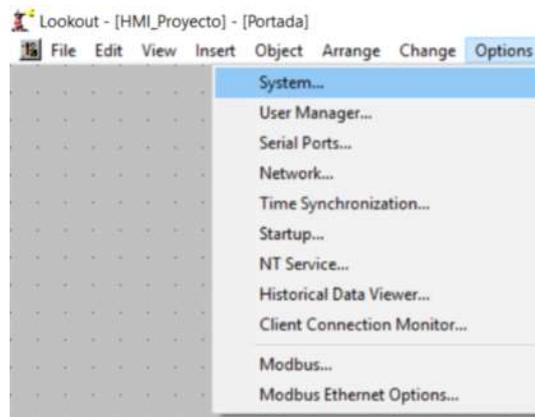


Figura 92-2: Cuenta de Usuario - System

Fuente: Narváez-Toledo, 2017

Paso 8: Se coloca el nivel de seguridad en los diferentes aspectos del sistema mientras se trabaje en LookOut.

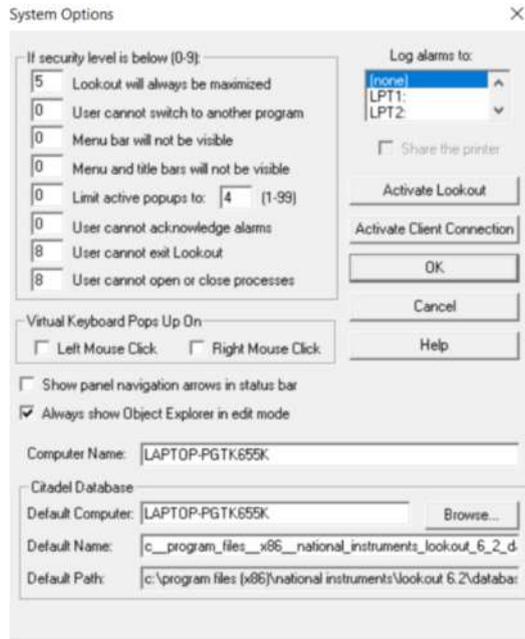


Figura 93-3: Seguridad - Sistema

Fuente: Narváez-Toledo, 2017

Paso 9: Se comprueba las configuraciones realizadas accediendo como usuario al programa y ver los requerimientos.



Figura 94-2: Acceso - Sistema

Fuente: Narváez-Toledo, 2017

2.3.2.5 Contadores

Los contadores permiten obtener datos en tiempo real de los diferentes procesos de cada módulo y para ello se presenta su configuración.

Paso 1: Se selecciona Object, luego la opción Create.

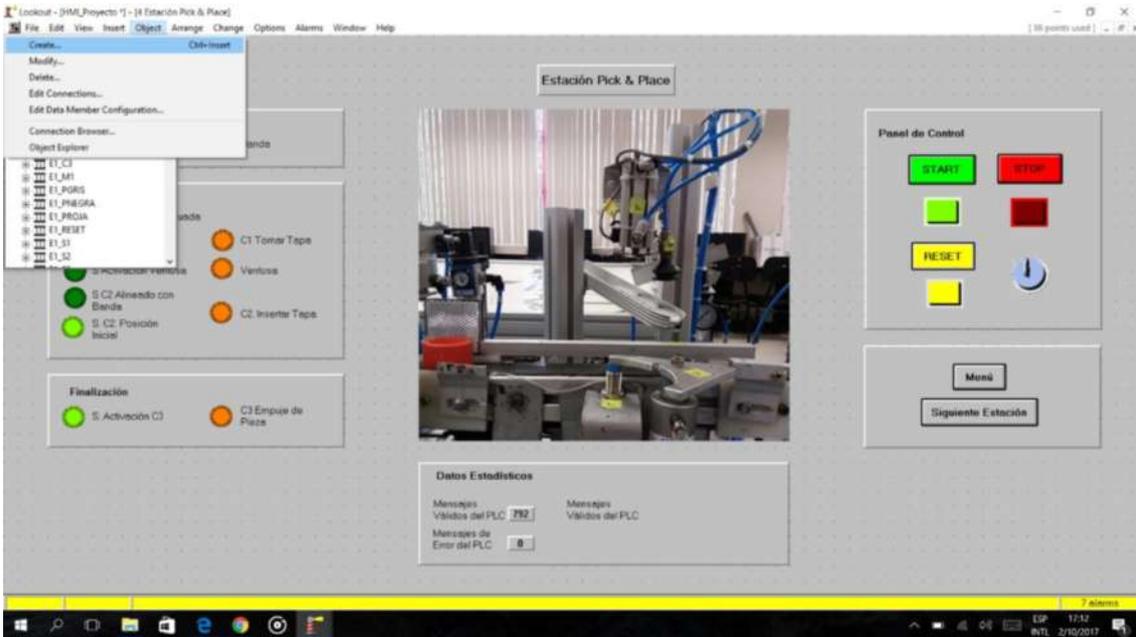


Figura 95-2: Crear Contadores

Fuente: Narváez-Toledo, 2017

Paso 2: Dar clic al Contador y aceptar, escogemos la ubicación para guardar.

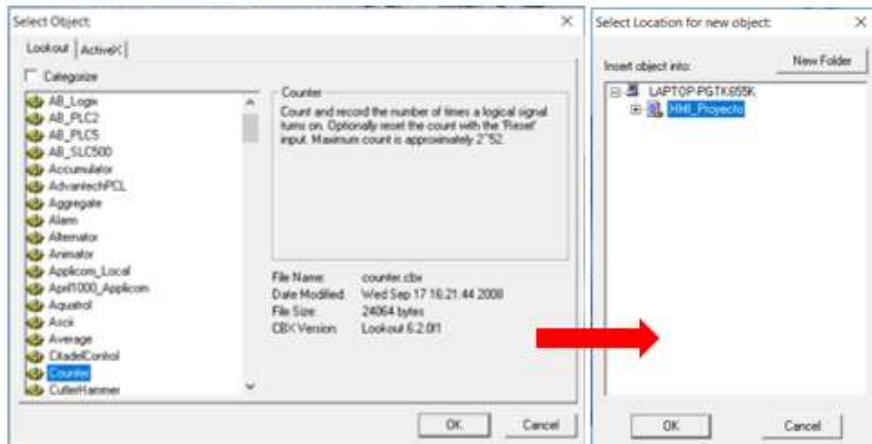


Figura 96-2: Contador - Ubicación

Fuente: Narváez-Toledo, 2017

Paso 3.- En estas casillas se configura el nombre y las condiciones para que realice la operación dando clic derecho.

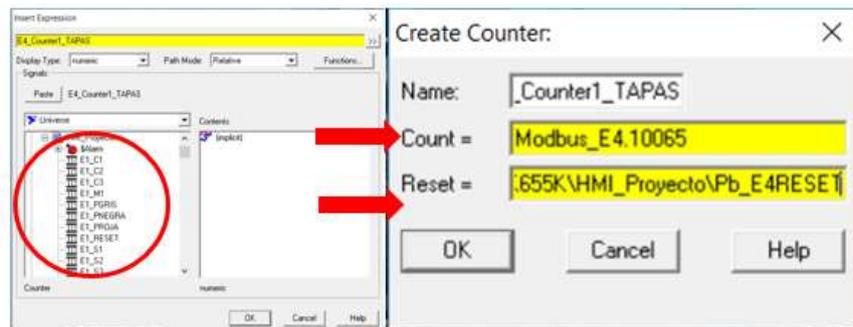


Figura 97-2: Contador - Condiciones

Fuente: Narváez-Toledo, 2017

Paso 4: Se asigna características tales como, tipo de letra, color, tamaño, etc.

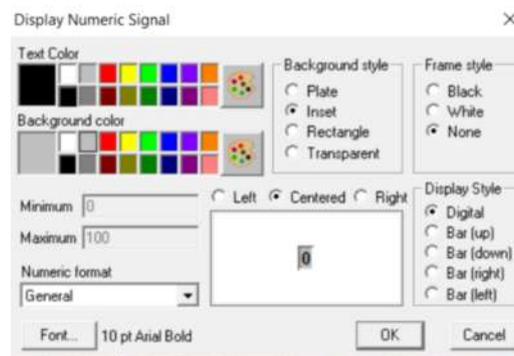


Figura 98-2: Contador – Características

Fuente: Narváez-Toledo, 2017

El contador ya creado.

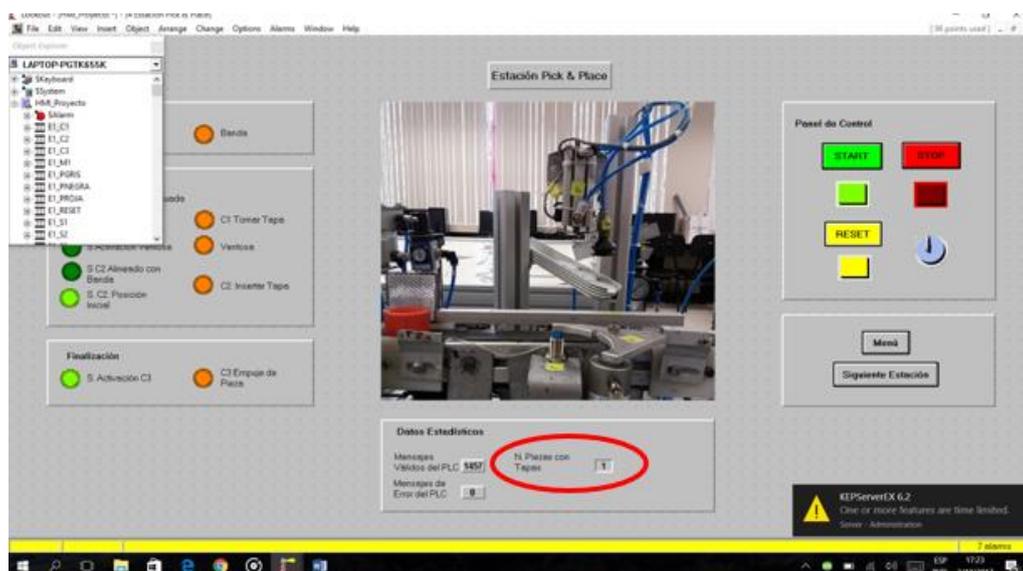


Figura 99-2: Contador – Final

Fuente: Narváez-Toledo, 2017

Este proceso se repite en todos los módulos, la variación se dará en las condiciones para que cuente y resetee.

2.4 Fase IV: Pruebas

Para evaluar el diseño y la implementación de la red se realizó pruebas y análisis, las cuales son detalladas en el siguiente capítulo.

CAPÍTULO III

3 PRUEBAS Y RESULTADOS

3.1 Resultados Obtenidos

El desarrollo del presente trabajo de titulación dio como resultado la implementación de una red de Comunicaciones Modbus, permitiendo la conexión de los diferentes PLC con la interfaz gráfica HMI a través del protocolo Ethernet TCP/IP.

Los resultados obtenidos con la implementación de la red son:

- Se realizó la configuración del software KepservEX para el OPCclient y MODBUS de Lookout, basándose en los requerimientos del estándar OPC.
- El diseño de la red se basó en los niveles de comunicación de acuerdo a la pirámide CIM, desde el nivel 0 al nivel 2, permitiendo tener una red de control y datos.
- Para la implementación física de la red se usó la red Modbus Ethernet TCP/IP, que brinda eficiencia en la transmisión de datos y se encuentra dentro de la red bus de campo.
- Se diseñó y configuró el HMI en LOOKOUT para la interacción entre el usuario y el proceso de montaje de manómetros.

Adicionalmente se obtuvo:

- Creación de Cuenta de Usuario, para garantizar su acceso a la interfaz y el uso adecuado del mismo.
- Control del número de piezas que cada módulo va elaborando en su proceso.
- Control de alarmas según los niveles de criticidad.

3.2 Pruebas realizadas

Para conocer la eficiencia de la red, las pruebas se realizaron de acuerdo al estándar OPC de: Modbus de Lookout y al OPC Client de KEPSERVEX:

3.2.1 *Comunicación a través del Estándar OPC*

3.2.1.1 MODBUS - LOOKOUT

Lookout permite tener estadísticas de este protocolo Modbus, donde se puede analizar los mensajes válidos y los mensajes errores desde el PLC. Pudiendo evidenciar la eficiencia de la red.

En las pruebas realizadas en los módulos que tienen este protocolo directo, se pudo verificar que solo se tiene mensajes válidos, lo que confirma que la red es eficiente para la transmisión de datos. En las siguientes figuras se presentan los resultados obtenidos:

En la figura 1-3, se muestra los datos estadísticos facilitados por Lookout donde se muestra: adicionalmente un resumen de dicha tabla, en donde podemos analizar que la comunicación entre en HMI y el Módulo es satisfactoria al tener solo mensajes válidos.

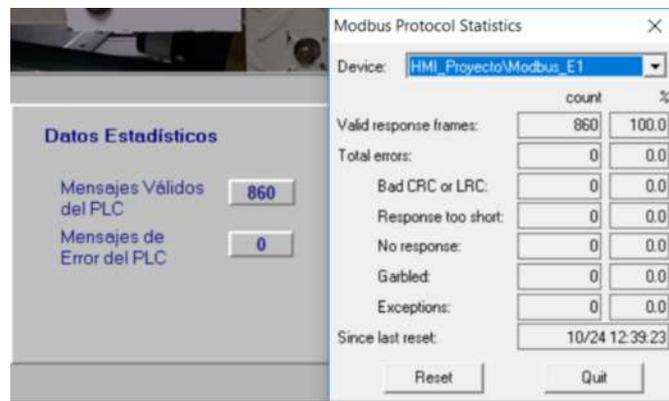


Figura 1-3: Datos Estadísticos MODBUS- M. Distribución

Fuente: Narváez-Toledo, 2017

La comunicación entre el PLC del Módulo Pick & Place y su interfaz gráfica es buena, sus resultados se pueden evidenciar en la figura 2-3, donde se puede identificar que solo se tiene mensajes válidos desde el PLC a la interfaz.

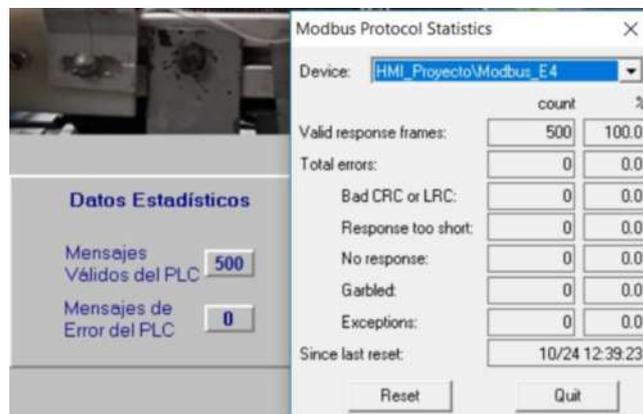


Figura 2-3: Datos Estadísticos MODBUS- M. Pick &Place

Fuente: Narváez-Toledo, 2017

De acuerdo a la figura 3-3, los datos estadísticos del protocolo Modbus se puede evidenciar que el 100% de mensajes enviados desde el PLC a la interfaz son válidos, lo que permite verificar que la comunicación a través del OPC de Lookout es correcta.

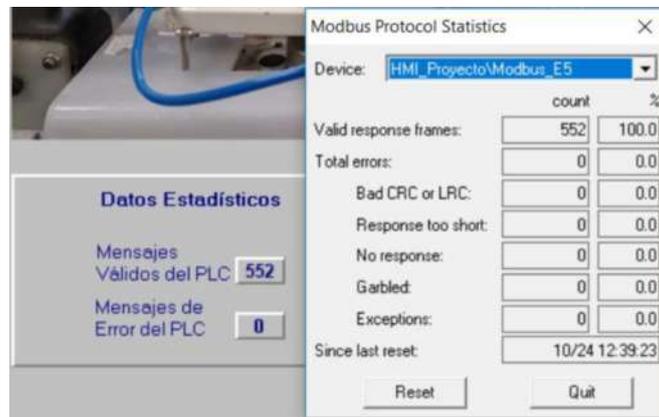


Figura 3-3: Datos Estadísticos MODBUS- M. Músculo

Fuente: Narváez-Toledo, 2017

Las estadísticas del protocolo Modbus presentadas en siguiente figura (4-3), muestran datos legibles del objeto Modbus donde se puede demostrar que no existe errores en la comunicación existente entre la interfaz y el dispositivo conectado, dando paso a una excelente presentación de datos en el HMI diseñado.

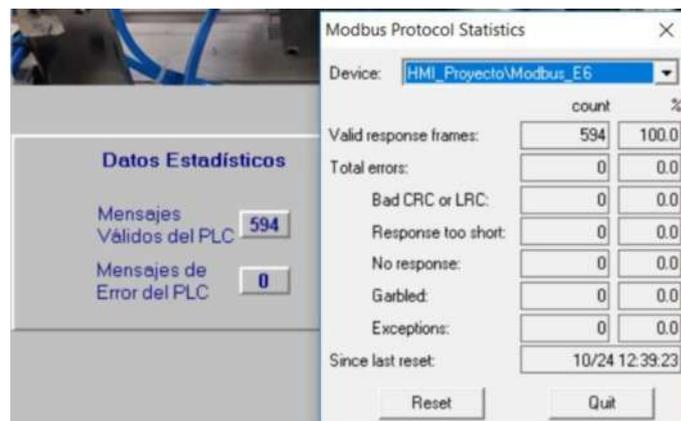


Figura 4-3: Datos Estadísticos MODBUS- M. Separación

Fuente: Narváez-Toledo, 2017

3.2.1.2 OPCclient - KEPServerEX

Para el caso de los PLC's marca SIEMENS se usó la plataforma KEPServerEX, que permitió aprovechar los protocolos de comunicación garantizando el intercambio seguro y confiable de información desde el PLC hasta la interfaz HMI

Para evaluar su funcionamiento se puede acceder desde el mismo programa en la opción Quick Client, permite leer y escribir datos, realizar suites de pruebas estructuradas y probar el rendimiento del servidor. Los informes de errores completos proporcionan comentarios detallados sobre los errores de OPC devueltos por el servidor que ayudan a diagnosticar problemas comunes de Cliente / Servidor de OPC.

A continuación, se muestra los resultados obtenidos en cada módulo que usa este tipo de plataforma:

La figura 5-3, muestra los datos estadísticos del rendimiento de la comunicación en el Módulo de Giro, se presenta una descripción del tipo de dato, valor, tiempo, calidad y cuenta de actualización en la transmisión de cada uno de los datos. Permitted observar que la calidad de comunicación es buena.

Item ID	Data Type	Value	Timestamp	Quality	Update Count
Channel_ESTACION3.S7 1200_Rack	Byte	0	12:43:53.172	Good	1
Channel_ESTACION3.S7 1200_Slot	Byte	1	12:43:53.172	Good	1
Channel_ESTACION3.S7 1200.E3_C1	Boolean	0	12:43:53.172	Good	1
Channel_ESTACION3.S7 1200.E3_C2	Boolean	0	12:43:53.172	Good	1
Channel_ESTACION3.S7 1200.E3.CG1	Boolean	0	12:43:53.172	Good	1
Channel_ESTACION3.S7 1200.E3.CG2	Boolean	0	12:43:53.172	Good	1
Channel_ESTACION3.S7 1200.E3_CP	Boolean	0	12:43:53.172	Good	1
Channel_ESTACION3.S7 1200.E3_MOTOR	Boolean	0	12:43:53.172	Good	1
Channel_ESTACION3.S7 1200.E3_SE	Boolean	0	12:43:53.172	Good	1
Channel_ESTACION3.S7 1200.E3_SIP	Boolean	1	12:43:53.172	Good	1
Channel_ESTACION3.S7 1200.E3_SMH	Boolean	1	12:43:53.172	Good	1
Channel_ESTACION3.S7 1200.E3_SMV	Boolean	0	12:43:53.172	Good	1
Channel_ESTACION3.S7 1200.E3_SO	Boolean	0	12:43:53.172	Good	1
Channel_ESTACION3.S7 1200.E3_START	Boolean	0	12:43:53.172	Good	1
Channel_ESTACION3.S7 1200.E3_STOP	Boolean	0	12:43:53.172	Good	1

Figura 5-3: Datos Estadísticos Quick Client - M. Giro

Fuente: Narváez-Toledo, 2017

Se comprobó el correcto funcionamiento del OPC del módulo de Proceso, comprobando sus datos estadísticos mostradas en la figura 6-3, se puede observar que los tags son de tipo booleano a través de los cuales se va evaluando su valor mientras el proceso se va desarrollando. Se puede decir que la calidad de comunicación es buena.

Item ID	Data Type	Value	Timestamp	Quality	Update Count
Channel_ESTACION2.S7 1200_Rack	Byte	0	12:43:53.157	Good	1
Channel_ESTACION2.S7 1200_Slot	Byte	1	12:43:53.157	Good	1
Channel_ESTACION2.S7 1200 E2_OCITAL	Boolean	0	12:43:53.158	Good	1
Channel_ESTACION2.S7 1200 E2_OMESA	Boolean	0	12:43:53.158	Good	1
Channel_ESTACION2.S7 1200 E2_GOUT	Boolean	0	12:43:53.158	Good	1
Channel_ESTACION2.S7 1200 E2_QPRESION	Boolean	0	12:43:53.158	Good	1
Channel_ESTACION2.S7 1200 E2_RESET	Boolean	0	12:43:53.158	Good	1
Channel_ESTACION2.S7 1200 E2_SIN	Boolean	0	12:43:53.158	Good	1
Channel_ESTACION2.S7 1200 E2_SOUT	Boolean	0	12:43:53.158	Good	1
Channel_ESTACION2.S7 1200 E2_SPRES	Boolean	0	12:43:53.158	Good	1
Channel_ESTACION2.S7 1200 E2_SPRESMENOS	Boolean	1	12:43:53.158	Good	1
Channel_ESTACION2.S7 1200 E2_STAL	Boolean	0	12:43:53.158	Good	1
Channel_ESTACION2.S7 1200 E2_STALMENOS	Boolean	0	12:43:53.158	Good	1
Channel_ESTACION2.S7 1200 E2_START	Boolean	1	12:43:53.158	Good	1
Channel_ESTACION2.S7 1200 E2_STOP	Boolean	0	12:43:53.158	Good	1

Figura 6-3: Datos Estadísticos Quick Client - M. Proceso

Fuente: Narváez-Toledo, 2017

Item ID	Data Type	Value	Timestamp	Quality	Update Count
Channel_ESTACION7.S7 1200_Rack	Byte	0	12:43:53.193	Good	1
Channel_ESTACION7.S7 1200_Slot	Byte	1	12:43:53.193	Good	1
Channel_ESTACION7.S7 1200 E7_OPTICO_INICIO	Boolean	0	12:46:15.178	Good	5
Channel_ESTACION7.S7 1200 E7_RELE_MOTOR	Boolean	0	12:46:20.176	Good	11
Channel_ESTACION7.S7 1200 E7_SENSOR_BARRERA	Boolean	0	12:46:17.193	Good	5
Channel_ESTACION7.S7 1200 E7_SENSOR_COLOR	Boolean	0	12:43:53.193	Good	1
Channel_ESTACION7.S7 1200 E7_SENSOR_INDUCTIVO	Boolean	0	12:43:53.213	Good	1
Channel_ESTACION7.S7 1200 E7_SENSOR3	Boolean	0	12:46:20.176	Good	5
Channel_ESTACION7.S7 1200 E7_SENSOR4	Boolean	0	12:46:12.184	Good	3
Channel_ESTACION7.S7 1200 E7_START	Boolean	0	12:43:53.213	Good	1
Channel_ESTACION7.S7 1200 E7_STOP	Boolean	0	12:43:53.213	Good	1
Channel_ESTACION7.S7 1200 E7_VALVULA1	Boolean	1	12:46:20.176	Good	11
Channel_ESTACION7.S7 1200 E7_VALVULA2	Boolean	0	12:46:20.176	Good	5
Channel_ESTACION7.S7 1200 E7_VALVULA3	Boolean	0	12:46:12.184	Good	3

Figura 7-3: Datos Estadísticos Quick Client - M. Clasificación

Fuente: Narváez-Toledo, 2017

Para el módulo de clasificación, los datos estadísticos son mostrados en la figura 7-3, demostrando que la comunicación entre PLC y la Interfaz es buena, el tiempo de respuesta es rápido garantizando una buena transmisión de datos.

3.2.2 Pruebas del Funcionamiento de la red

A partir del diseño de la red basándose en los niveles de la pirámide CIM y de acuerdo al tipo de red elegida (Modbus Ethernet TCP/IP), se realizaron las pruebas de funcionamiento de la red: Se usó el test ping en el software CMD para verificar que la computadora puede comunicarse a través de la red con cada uno de los PLC's:

```
C:\Users\WinUser>ping 192.168.0.100

Haciendo ping a 192.168.0.100 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.0.100: bytes=32 tiempo<1m TTL=255

Estadísticas de ping para 192.168.0.100:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
    (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 0ms, Máximo = 0ms, Media = 0ms
```

Figura 8-3: Comprobación de Comunicación Módulo Distribución

Fuente: Narváez-Toledo, 2017

En la figura 9-3, se puede observar el diagnóstico de la red del módulo de Giro donde su tiempo promedio de comunicación entre el PLC y la computadora es de 0ms, verificando su correcto funcionamiento de la red.

```
C:\Users\WinUser>ping 192.168.0.1

Haciendo ping a 192.168.0.1 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.0.1: bytes=32 tiempo=1ms TTL=30
Respuesta desde 192.168.0.1: bytes=32 tiempo<1m TTL=30
Respuesta desde 192.168.0.1: bytes=32 tiempo=1ms TTL=30
Respuesta desde 192.168.0.1: bytes=32 tiempo<1m TTL=30

Estadísticas de ping para 192.168.0.1:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
    (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 0ms, Máximo = 1ms, Media = 0ms
```

Figura 9-3: Comprobación de Comunicación Módulo Giro

Fuente: Narváez-Toledo, 2017

Las estadísticas mostradas a través del test ping en el Módulo de Proceso (figura 10-3), se evidencia que no existe pérdida de datos en el envío de paquetes de prueba, determinando que la conexión entre los dispositivos es correcta.

```
C:\Users\WinUser>ping 192.168.0.3

Haciendo ping a 192.168.0.3 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.0.3: bytes=32 tiempo=3ms TTL=30
Respuesta desde 192.168.0.3: bytes=32 tiempo=2ms TTL=30
Respuesta desde 192.168.0.3: bytes=32 tiempo=1ms TTL=30
Respuesta desde 192.168.0.3: bytes=32 tiempo=2ms TTL=30

Estadísticas de ping para 192.168.0.3:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
    (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 1ms, Máximo = 3ms, Media = 2ms
```

Figura 10-3: Comprobación de Comunicación Módulo Proceso

Fuente: Narváez-Toledo, 2017

El test ping realizado al módulo Pick & Place mostrado en la figura 11-3, permitió verificar que se tiene acceso al PLC desde la red implementada comprobando que no hay errores en la red, su comunicación es rápida ya que su tiempo medio de respuesta es de 0ms.

```
C:\Users\WinUser>ping 192.168.0.4

Haciendo ping a 192.168.0.4 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.0.4: bytes=32 tiempo<1m TTL=64

Estadísticas de ping para 192.168.0.4:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
              (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 0ms, Máximo = 0ms, Media = 0ms
```

Figura 11-3: Comprobación de Comunicación Módulo Pick & Place

Fuente: Narváez-Toledo, 2017

El tiempo de respuesta para el módulo Músculo es 0ms, garantizando que existe una mejor conexión y hay conectividad con la red. (figura 12-3).

```
C:\Users\WinUser>ping 192.168.0.5

Haciendo ping a 192.168.0.5 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.0.5: bytes=32 tiempo<1m TTL=64

Estadísticas de ping para 192.168.0.5:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
              (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 0ms, Máximo = 0ms, Media = 0ms
```

Figura 12-3: Comprobación de Comunicación Módulo Músculo

Fuente: Narváez-Toledo, 2017

En la figura 13-13, en el módulo de separación se pudo evidenciar que la cantidad de paquetes enviados y recibidos son los mismos, en un tiempo aproximado de 1ms, demostrando que existe una buena conexión en la red.

```
C:\Users\WinUser>ping 192.168.0.16

Haciendo ping a 192.168.0.16 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.0.16: bytes=32 tiempo=4ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.0.16: bytes=32 tiempo=1ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.0.16: bytes=32 tiempo=1ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.0.16: bytes=32 tiempo=1ms TTL=64

Estadísticas de ping para 192.168.0.16:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
              (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 1ms, Máximo = 4ms, Media = 1ms
```

Figura 13-3: Comprobación de Comunicación Módulo Separación

Fuente: Narváez-Toledo, 2017

A través del test ping al módulo de clasificación (figura 14-3), se demostró la funcionalidad de la conexión a la red implementada con un 0% de paquetes perdidos en un tiempo promedio de 5ms.

```
C:\Users\WinUser>ping 192.168.0.17

Haciendo ping a 192.168.0.17 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.0.17: bytes=32 tiempo=13ms TTL=30
Respuesta desde 192.168.0.17: bytes=32 tiempo=4ms TTL=30
Respuesta desde 192.168.0.17: bytes=32 tiempo=1ms TTL=30
Respuesta desde 192.168.0.17: bytes=32 tiempo=3ms TTL=30

Estadísticas de ping para 192.168.0.17:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
    (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 1ms, Máximo = 13ms, Media = 5ms
```

Figura 14-3: Comprobación de Comunicación Módulo Clasificación

Fuente: Narváez-Toledo, 2017

3.2.3 Evaluación del HMI

3.2.3.1 Consideraciones sobre la evaluación del HMI

- El operador o usuario evalúa el HMI.
- Para evaluar se consideran los 10 indicadores.
- En la evaluación se divide a los indicadores en subindicadores.
- Se realiza una evaluación por indicador

3.2.3.2 Evaluación por cada Indicador

- Cada indicador se descompone en subindicadores.
- Cada subindicador recibe una puntuación del 1 al 5, dicha calificación es dada por el usuario, previamente se le entregó un cuestionario donde por medio de su apreciación le da una puntuación.
- Se aplica la siguiente fórmula:

$$Valor_Indicador = \frac{\sum_{j=1}^J Subind}{J}$$

Donde:

J: es el número de subindicadores

Subind: es la calificación del subindicador que fue dada por el operador.

El resultado obtenido deber ser redondeado.

3.2.3.3 Evaluación Global

- Se considera el valor de cada indicador, es decir, el valor obtenido anteriormente en función a cada subindicador.
- Su puntuación va del 1 al 5.
- Se aplica la siguiente fórmula:

$$Eval_Global = \frac{\sum_{i=1}^{10} p_i ind_i}{\sum_{i=1}^{10} p_i}$$

Donde:

i : es el número de indicadores

p_i : es el peso del indicador (da una idea de que indicador es más importante que el otro, se recomienda que $P_i=1$)

$Eval_Global$: es el valor de la evaluación

El valor inicial debe ser de 3 a 4 para que sea considerada como aceptable.

3.2.3.4 Resultado de la evaluación

Según el Anexo A, se presenta el cuestionario para la evaluación del HMI. El Anexo B muestra los cálculos realizados en Excel.

Se tiene como evaluación global el valor de 3.7, que es un valor aceptable del diseño y se encuentra dentro del rango (3 a 4 para su aceptación). Pero siempre se debe hacer mejoras para llegar al valor ideal de 5, por ejemplo, las tablas y gráficos para tener una información más detallada y completa del proceso.

3.2.4 Cuentas de Usuario

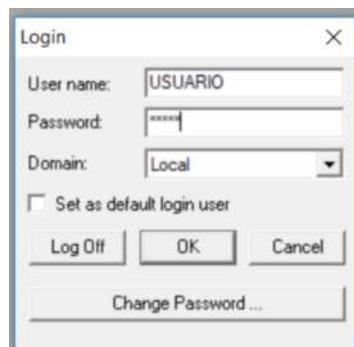


Figura 15-3: Acceso a la Interfaz a través de la cuenta Usuario

Fuente: Narváez-Toledo, 2017

Para garantizar el uso adecuado de la interfaz gráfica se creó la cuenta de usuario, en la que el operador solo tiene acceso a ciertas características. En la figura 15-3, se muestra su modo de acceso:

Tiene restringido:

- La salida de la Interfaz sin la aceptación del administrador.
- Las pantallas de los módulos permanecerán maximizadas.
- El usuario no puede abrir o cerrar procesos sin la aceptación del administrador

3.2.5 Control del Número de Piezas por cada Módulo

Por último, para tener un control en la producción del proceso del montaje de manómetros, se hizo el control del número de piezas que cada módulo va ejecutando durante el proceso. Obteniendo los siguientes resultados:

El proceso de Montaje de Manómetros empieza con el módulo de Distribución, donde por medio de mensajes de texto se envió el tipo de pieza que fue distribuida al módulo siguiente, en la figura 3-16, se contabilizó un total de 10 piezas enviadas entre ellas: 4 rojas, 4 negras y 2 plateadas.

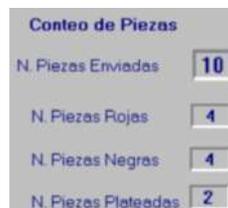


Figura 16-3: Conteo de Piezas, Módulo Distribución

Fuente: Narváez-Toledo, 2017

En el módulo de Giro, el conteo de piezas (figura 17-3), se puede evidenciar que de la estación de distribución vinieron 5 piezas en la posición incorrecta, por lo que, en este módulo fueron giradas. En total pasaron 10 piezas válidas.



Figura 3-17: Conteo de Piezas, Módulo Giro

Fuente: Narváez-Toledo, 2017

En la figura 18-3, cada pieza proveniente del módulo anterior pasó por el proceso de perforación y verificación, de este módulo se obtuvo un total de 10 piezas verificadas.



Figura 18-3: Conteo de Piezas, Módulo Proceso

Fuente: Narváez-Toledo, 2017

El proceso fundamental en el montaje de Manómetros se realizó en el módulo de Pick & Place, donde se insertan las tapas (manómetros), durante la realización de este proceso se pudo contabilizar (figura 19-3) un total de 10 piezas con sus respectivas tapas.



Figura 19-3: Conteo de Piezas, Módulo Pick &Place

Fuente: Narváez-Toledo, 2017

Módulo Músculo, recibe las piezas del módulo anterior en donde se hace presión la tapa a la base, se pudo contabilizar un total de 10 piezas, como se muestra en la figura 20-3.



Figura 20-3: Conteo de Piezas, Módulo Músculo

Fuente: Narváez-Toledo, 2017

De las piezas recibidas del módulo anterior se registró un total de 8 piezas válidas listas para ser transportadas por una segunda banda, las otras dos piezas son aquellas que en el proceso se quedaron sin tapas.



Figura 21-3: Conteo de Piezas, Módulo Separación

Fuente: Narváez-Toledo, 2017

En la figura 22-3, se contabiliza dos piezas de color naranja, las cuales ha sido separadas por no estar en las condiciones óptimas.



Figura 22-3: Conteo de Piezas, Módulo Clasificación

Fuente: Narváez-Toledo, 2017

3.2.6 Control de Alarmas

La presentación de alarmas con relación a su valor crítico ayudó a controlar de mejor manera el proceso de montaje de manómetros, gracias a sus mensajes se puede prevenir a que el proceso no haya paros inesperados. A continuación, se muestra las pruebas obtenidas con las alarmas:

En el módulo de distribución se presenta dos alarmas (figura 23-3), la alarma de advertencia (amarillo) se activó cuando el módulo a distribuido más de 9 piezas, alertando al usuario que no hay piezas disponibles para su distribución. Alarma de mensaje (azul claro) se activó cada vez que envía una pieza al módulo siguiente.

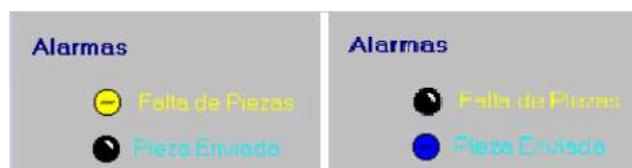


Figura 23-3: Alarmas, Módulo de Distribución

Fuente: Narváez-Toledo, 2017

En la figura 24-3, muestra la activación de alarmas: la alarma crítica (roja) se activó para indicar que la pieza proveniente de la estación anterior está dañada (posición incorrecta) y la alarma de mensaje se activó para indicar que la pieza ha sido enviada al siguiente módulo.



Figura 24-3: Alarmas, Módulo de Giro

Fuente: Narváez-Toledo, 2017

Las alarmas del módulo de proceso (figura 25-3), se encendieron cuando: la pieza es verificada después de pasar el proceso de perforación (alarma amarilla) y cuando la pieza ha sido enviada a la siguiente estación (alarma mensaje azul).

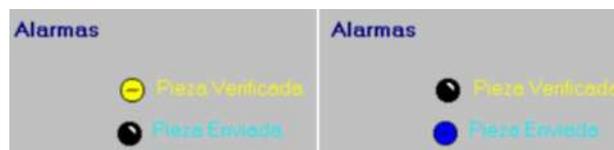


Figura 25-3: Alarmas, Módulo de Proceso

Fuente: Narváez-Toledo, 2017

El módulo Pick & Place tiene tres alarmas las cuales se activaron de la siguiente manera:

- La alarma critica cuando la ventosa se queda activa por más de 10 segundos, es decir cuando la ventosa se queda pegada al recipiente de las tapas.
- La alarma de advertencia se activó cuando el número de tapas ha sobrepasado el número de tapas que contiene el recipiente.
- La alarma de mensaje se activó para indicar que la pieza está completa y lista para ser enviada al módulo siguiente.



Figura 26-3: Alarmas, Módulo Pick &Place

Fuente: Narváez-Toledo, 2017

En la figura 27-3, se muestra la alarma que se activó en el módulo músculo donde solo se muestra el mensaje que la pieza ha sido enviada a la siguiente estación.



Figura 27-3: Alarmas, Módulo Músculo

Fuente: Narváez-Toledo, 2017

En el módulo de separación se tiene dos alarmas (figura 28-3) las cuales se activaron cuando: la alarma amarilla (critica) cuando las piezas no tienen tapas, es decir, están dañadas. La alarma azul de mensajes se activó para indicar que la pieza del manómetro está finalizada.



Figura 28-3: Alarmas, Módulo Separación

Fuente: Narváez-Toledo, 2017

El módulo de Clasificación tiene una sola alarma (figura 29-3) que se activó para indicar que la pieza ha sido clasificada.



Figura 29-3: Alarmas, Módulo Clasificación

Fuente: Narváez-Toledo, 2017

CONCLUSIONES

- OPC es un mecanismo estándar de comunicación independiente de la plataforma que garantiza el flujo continuo de información entre dispositivos de varios proveedores, como es el caso de la red, que cuenta con PLC's en donde no se permite la comunicación directa y utiliza el KEPServerEX para la transmisión de datos.
- La red implementada tiene sus niveles de comunicación basados en la pirámide CIM para que el control del proceso sea más robusto y confortable; el nivel 1 consta de los diferentes sensores (ópticos, inductivos, infrarrojos, de color, magnéticos) de los módulos, el nivel 2 tiene a los dispositivos de control (SIEMENS S7 – 1200, TWIDO, EASY RIEVTECH) por último está el nivel 3 donde trabaja el HMI para la visualización del proceso e interactuar con el usuario.
- La topología Bus de campo presenta la propiedad de tener un canal y una organización jerárquica al cual se conectan los diferentes dispositivos tales como: sensores, PLC, Switch, PC; es la principal característica que tiene la red de comunicación, además cuenta con una arquitectura simple y con un índice de crecimiento alto en cuanto a su estructura se refiere.
- El HMI diseñado provee una representación visual del sistema de control para la línea de ensamblaje de manómetros, además proporciona la adquisición de datos en tiempo real; éste HMI interactúa con un dispositivo inteligente a través del módulo de distribución quien trabaja con el PLC Rievtech y tiene la particularidad de poseer conectividad GPRS/SMS, es decir, envía y recibe mensajes.
- La red de comunicación implementada permite un manejo óptimo del proceso de montaje de manómetros, el cual disminuye los tiempos del proceso y aumenta la producción representando así el trabajo en la gran Industria.

RECOMENDACIONES

- No existe una Metodología Específica para realizar el trabajo de titulación, pero se recomienda seguir en la metodología XP (Programación Extrema), que cuenta con fases de trabajos que permiten planificar, diseñar, implementar y realizar las pruebas necesarias de un sistema, además tiene la particularidad de poder adaptarse a los cambios que el usuario lo requiera.
- Para realizar el diseño de una red de comunicación se debe tener en cuenta los siguientes parámetros como: el estándar de comunicación a utilizar junto a sus requerimientos, la estructura topológica de la red y su proyección a futuro.
- La interfaz Humano-Maquina (HMI) debe regirse a una metodología pautada y normas establecidas para que la interacción sea más flexible y ergonómica para el usuario, en cualquier ámbito de trabajo.
- Cuando se trabaja con módulos ya implementados, es imprescindible conocer su funcionamiento, las conexiones de cada elemento al panel principal para poder responder de forma inmediata frente a un evento desafortunado.
- Investigar las características de cada implemento de cada una de los módulos antes de manipular, ya que su uso incorrecto podría dañar de forma permanente la configuración de la misma.
- Se debe dar un mantenimiento preventivo a cada una de los módulos para que sigan trabajando en óptimas condiciones y así obtener mejoras en la red de comunicación.

BIBLIOGRAFÍA

A Review of Programmable Logic Controllers in Control Systems Education - viewcontent.cgi [en línea], [Consulta: 18 septiembre 2017]. Disponible en: http://digitalcommons.georgefox.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1022&context=mece_fac.

automation - Manufacturing applications of automation and robotics | Britannica.com. [en línea], [Consulta: 18 septiembre 2017]. Disponible en: <https://www.britannica.com/technology/automation/Manufacturing-applications-of-automation-and-robotics>.

Chapter1 - ProgrammableControllers.pdf [en línea], [Consulta: 18 septiembre 2017]. Disponible en: <http://www.kelm.ftn.uns.ac.rs/literatura/pdms/ProgrammableControllers.pdf>.

Enredando con redes ...piramide-automatizacion-industrial. *Enredando con redes ...* [en línea], 2017. [Consulta: 30 septiembre 2017]. Disponible en: <https://enredandoconredes.com/2017/01/06/piramide-automatizacion-industrial/piramide-automatizacion-industrial/>.

EXM-12DC-DA-RT-GWIFI - Buy Wi-Fi PLC, remote control, wireless plc Product on Rievtech Electronic Co.,Ltd. [en línea], [Consulta: 15 octubre 2017]. Disponible en: <http://www.rievtech.com/EXM-12DC-DA-RT-GWIFI-pd77130.html>.

FILALI-YACHOU, S., GONZÁLEZ-GONZÁLEZ, C.S. y LECUONA-REBOLLO, C., HMI/ SCADA standards in the design of data center interfaces: A network operations center case study. **2015.** *DYNA*, vol. 82, no. 193, pp. 180-186. ISSN 2346-2183, 0012-7353. DOI 10.15446/dyna.v82n193.53494.

HMI | Human Machine Interfaces. [en línea], [Consulta: 9 octubre 2017]. Disponible en: <http://www.anaheimautomation.com/manuals/forms/hmi-guide.php#sthash.6RF1Qwt1.f6Laizit.dpbs>.

Human Machine Interface Systems. *Product Design and Development* [en línea], 2010. [Consulta: 9 octubre 2017]. Disponible en: <https://www.pddnet.com/article/2010/09/human-machine-interface-systems>.

infopl_net_guia_para_entender_la_tecnologia_opc.pdf [en línea], [Consulta: 9 octubre 2017]. Disponible en: http://www.infopl.net/files/documentacion/comunicaciones/infopl_net_guia_para_entender_la_tecnologia_opc.pdf.

integrated. book - 2915.pdf [en línea], [Consulta: 24 septiembre 2017]. Disponible en: <http://www.freeinfosociety.com/media/pdf/2915.pdf>.

Introduction to automation - Programmable devices explained. *TechLouder* [en línea], 2017. [Consulta: 14 septiembre 2017]. Disponible en: <http://www.techlouder.com/beginners-automation-introduction/>.

Introduction to Human Machine Interface (HMI) Technology - IoT Worm. [en línea], [Consulta: 9 octubre 2017]. Disponible en: <http://iotworm.com/introduction-human-machine-interface-hmi-technology/>.

Introduction to Lookout - National Instruments - 372594a.pdf [en línea], [Consulta: 9 octubre 2017]. Disponible en: <http://www.ni.com/pdf/manuals/372594a.pdf>.

KEPServerEX. *OPC Foundation* [en línea]. [Consulta: 8 octubre 2017]. Disponible en: <https://opcfoundation.org/products/view/kepserverex>.

KEPServerEX V6 - https://www.kepware.com/en-us/products/kepserverex/documents/kepserverex-manual/ [en línea]. [Consulta: 9 octubre 2017]. Disponible en: <https://www.kepware.com/en-us/products/kepserverex/documents/kepserverex-manual/>.

KEPServerEX Version 6 | Enterprise & IoT-Ready | Kepware. [en línea]. [Consulta: 9 octubre 2017]. Disponible en: <https://www.kepware.com/en-us/products/kepserverex/version-6/>.

Logic Controllers - Logic Controller - Modicon M221 | Schneider Electric. [en línea]. [Consulta: 18 septiembre 2017]. Disponible en: <http://www.schneider-electric.com/en/product-range/62128-logic-controller---modicon-m221/>.

MAPASKARNAUGH, 18:41:21 UTC. Estructura De Los Plc. [en línea]. Entretenimiento y humor. S.l. [Consulta: 20 septiembre 2017]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/mapaskarnaugh/estructura-de-los-plc>.

MATIAS, TCP/IP y el modelo OSI. 2006, [en línea]. [Consulta: 2 octubre 2017]. Disponible en: <https://www.textoscientificos.com/redes/tcp-ip/comparacion-modelo-osi>.

Microsoft PowerPoint - ia_01.ppt - ia_01___what_is_IA.pdf [en línea]. [Consulta: 11 septiembre 2017]. Disponible en: https://paginas.fe.up.pt/~asousa/sind/acetat/IA_Stutg/ia_01___what_is_IA.pdf.

Microsoft PowerPoint - Presentacion_Maestria_RedesInd - Presentacion_Maestria_RedesInd.pdf [en línea]. [Consulta: 1 octubre 2017]. Disponible en: file:///C:/Users/WinUser/Desktop/Documentos%20Escrito/Presentacion_Maestria_RedesInd.pdf.

Newnes Programmable Logic Controllers (09-2009) - 1388863.pdf [en línea]. [Consulta: 20 septiembre 2017]. Disponible en: <http://s1.downloadmienphi.net/file/downloadfile5/192/1388863.pdf>.

Pantalla.pdf. [en línea]. [Consulta: 14 octubre 2017]. Disponible en: <https://www.epsevg.upc.edu/hcd/material/lecturas/pantalla.pdf>.

Simply Modbus - About Modbus. [en línea]. [Consulta: 2 octubre 2017]. Disponible en: <http://www.simplymodbus.ca/FAQ.htm>.

Topologías de Red - Mind42: Free online mind mapping software. [en línea]. [Consulta: 24 septiembre 2017]. Disponible en: <https://mind42.com/public/4c346867-5ec1-4311-9db9-3cc6053c5629>.

TYPES OF AUTOMATION - TYPES OF AUTOMATION online tutorial (9679) | Wisdom Jobs. [en línea]. [Consulta: 17 septiembre 2017]. Disponible en:

<https://www.wisdomjobs.com/e-university/production-and-operations-management-tutorial-295/types-of-automation-9679.html>.

User - x-Messenger user manual.pdf [en línea]. [Consulta: 15 octubre 2017]. Disponible en: <file:///C:/Users/WinUser/Desktop/Descargas%20EASY/x-Messenger%20user%20manual.pdf>.

What is OPC? *OPC Foundation* [en línea]. [Consulta: 8 octubre 2017]. Disponible en: <https://opcfoundation.org/about/what-is-opc/>.