



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

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE  
COMUNICACIÓN VÍA RADIO PARA EL CONTROL Y  
MONITOREO DE UNA RED INDUSTRIAL DIDÁCTICA”**

**TESIS DE GRADO**

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

**Presentado por:**

Rodrigo Sebastián Freire Espín

José Alexander Tonato Soria

Riobamba – Ecuador

2013

## AGRADECIMIENTO

Nuestra eterna gratitud a Dios, por el infinito don de la vida.

A nuestros padres, por el apoyo incondicional que nos han brindado en todo momento, haciendo posible que se cumplan nuestras metas.

A nuestros amigos y familiares, quienes siempre han permanecido junto a nosotros dándonos la mano para cumplir nuestros objetivos.

A todos los Docentes que han contribuido con sus conocimientos e incondicional apoyo a lo largo de nuestra carrera.

Sebastián y José

## DEDICATORIA

A Dios, autor de todas las cosas que le dan sentido a mi vida.

A mis amados padres Germán y Rocío, por ser la luz en mi camino, por transmitirme la fe; por su apoyo y amor incondicional en todo momento para hacer este sueño realidad.

A mis queridos hermanos María, Santiago, Andrés y Felipe, quienes con su amor y paciencia han contribuido a que pueda cumplir mis metas.

A mi amada hija Giuliana Salomé, por ser el motor de mi vida, la razón de mi alegría, el ángel que Dios me dio para ser una mejor persona.

Sebastián Freire

Doy gracias a Dios por su infinita bondad, sus múltiples bendiciones y el darme salud y vida para seguir adelante en los retos que me he propuesto, el darme una familia que está siempre a mi lado a pesar de todos los momentos difíciles.

En especial a mis padres José y Aída, por brindarme su apoyo incondicional, a los sabios consejos de mi madre y la eterna confianza de mi padre, a mis hermanos que siempre han estado apoyándome en cada una de mis metas propuestas.

José Tonato

**NOMBRE****FIRMA****FECHA**

Ing. Iván Menes  
DECANO DE LA FACULTAD DE  
INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA

---

---

Ing. Paúl Romero  
DIRECTOR DE LA ESCUELA DE  
INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN  
CONTROL Y REDES INDUSTRIALES

---

---

Ing. Marco Viteri  
DIRECTOR DE TESIS

---

---

Ing. Diego Barba  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

---

---

Lcdo. Carlos Rodríguez  
DIRECTOR DEL DPTO  
DOCUMENTACIÓN

---

---

NOTA DE LA TESIS

---

“Nosotros, Rodrigo Sebastián Freire Espín y José Alexander Tonato Soria, somos responsables de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta tesis y el patrimonio intelectual de la misma pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO”

---

Rodrigo Sebastián Freire Espín

---

José Alexander Tonato Soria

AUTORES

## INDICE DE ABREVIATURAS

<b>IEEE</b>	Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos
<b>NEMA</b>	National Electrical Manufacturers Association
<b>IEC</b>	International Electrotechnical Commission
<b>OSI</b>	Open System Interconnection
<b>ISO</b>	International Standard Organization
<b>ICI</b>	Información de control del interfaz
<b>PDU</b>	Protocol Data Unit
<b>FCS</b>	Frame Check Sequence
<b>CSMA/CD</b>	Acceso Múltiple por Detección de Portadora con Detección de Colisiones
<b>NIC</b>	Network Interface Card
<b>ISA</b>	Internet Security Administration
<b>DHCP</b>	Dynamic Host Configuration Protocol
<b>BEB</b>	Binary Exponential Backoff
<b>IGMP</b>	Internet Group Management Protocol
<b>RIP</b>	Routing Information Protocol
<b>IGRP</b>	Interior Gateway Routing Protocol
<b>PDU</b>	Unidad de datos de protocolo
<b>IDU</b>	Unidad de datos de interfaz

<b>SDU</b>	Unidad de datos del servicio
<b>PCI</b>	Información de control del protocolo
<b>ICI</b>	Información de control del interfaz
<b>Tx</b>	Transmisión
<b>Rx</b>	Recepción
<b>BEB</b>	Binary Exponential Backoff
<b>HMI</b>	Interfaz Humano- Máquina
<b>PDA</b>	Personal digital assistant
<b>WPA</b>	Wi-Fi Protected Access
<b>TIA</b>	Totally Integrated Automation
<b>PLC</b>	Controlador Lógico Programable
<b>AP</b>	Access Point
<b>BD</b>	Base de Datos
<b>NI</b>	National Instruments
<b>OPC</b>	Online Public Catalog
<b>SCADA</b>	Supervisory Control and Data Acquisition
<b>OB</b>	Organization Block

# ÍNDICE GENERAL

PORTADA

AGRADECIMIENTO

DEDICATORIA

FIRMAS DE RESPONSABLES

TEXTO DE RESPONSABILIDAD

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE ANEXOS

INTRODUCCIÓN

## CAPÍTULO I

1. MARCO REFERENCIAL .....	- 23 -
1.1. ANTECEDENTES .....	- 23 -
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	- 24 -
1.3. OBJETIVOS .....	- 25 -
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	- 25 -
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	- 25 -
1.4. HIPÓTESIS .....	- 26 -

## CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO .....	- 27 -
2.1. ORIGEN Y EVOLUCIÓN DE LA AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL .....	- 27 -
2.1.1. Objetivos de la Automatización Industrial .....	- 28 -
2.1.2. Tecnologías empleadas en la automatización.....	- 28 -
2.2. EL CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE .....	- 30 -
2.2.1. Definición según la NEMA.....	- 30 -

2.2.2.	Elementos de un PLC.....	- 31 -
2.2.3.	Ciclo de funcionamiento y fases de operación del PLC.....	- 35 -
2.2.4.	Clasificación de los PLC.....	- 38 -
2.2.5.	Ventajas y desventajas de los PLCs. ....	- 39 -
2.3.	NORMA IEC 61131-3.....	- 40 -
2.3.1.	Escoger el lenguaje apropiado de programación .....	- 41 -

### CAPÍTULO III

3.	INTRODUCCIÓN A LAS COMUNICACIONES INDUSTRIALES .....	- 45 -
3.1.	REDES DE COMUNICACIONES EN LA INDUSTRIA .....	- 45 -
3.2.	PIRÁMIDE DE AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL .....	- 49 -
3.2.1.	Descripción de los niveles de la pirámide de automatización.....	- 51 -
3.2.2.	Tipos de comunicación entre niveles.....	- 52 -
3.2.3.	Redes de interconexión.....	- 53 -

### CAPÍTULO IV

4.	ETHERNET Y SU IMPLEMENTACIÓN EN LA INDUSTRIA .....	- 60 -
4.1.	INTRODUCCIÓN .....	- 60 -
4.2.	EL MODELO OSI .....	- 61 -
4.2.1.	Descripción de los niveles del modelo de referencia OSI.....	- 63 -
4.2.1.1.	Capa Física .....	- 63 -
4.2.1.2.	Capa de enlace de datos .....	- 64 -
4.2.1.3.	Capa de red .....	- 65 -
4.2.1.4.	Capa de transporte .....	- 66 -
4.2.1.5.	Capa de sesión .....	- 66 -
4.2.1.6.	Capa de presentación .....	- 66 -
4.2.1.7.	Capa de aplicación.....	- 67 -
4.2.2.	Unidades de datos.....	- 67 -
4.2.3.	Transmisión de los datos.....	- 69 -
4.2.4.	Formato de los datos.....	- 70 -

4.3.	DESCRIPCIÓN GENERAL DE ETHERNET .....	- 71 -
4.3.1.	Estándares IEEE .....	- 73 -
4.3.2.	Ethernet y el Modelo OSI .....	- 73 -
4.3.3.	Estructura MAC .....	- 74 -
4.3.4.	Tramas Ethernet.....	- 75 -
4.3.5.	Espacio entre tramas.....	- 77 -
4.4.	REDES DE ÁREA LOCAL.....	- 77 -
4.4.1.	Características importantes.....	- 78 -
4.4.2.	Componentes .....	- 78 -
4.4.3.	Estándares de conexión para los cables de par trenzado .....	- 81 -
4.4.4.	Direcciones IP .....	- 84 -
4.4.4.1.	Direcciones IPv4 .....	- 85 -
4.5.	ETHERNET INDUSTRIAL.....	- 87 -
4.5.1.	Características de Ethernet Industrial.....	- 88 -
4.5.2.	Ventajas de Ethernet Industrial .....	- 88 -
4.5.3.	Dónde se emplea Ethernet Industrial .....	- 88 -
4.5.4.	Localización de Ethernet Industrial.....	- 89 -
4.5.5.	Problemas de implementar Ethernet en la industria .....	- 89 -
4.5.5.1.	Indeterminismo y solución a este inconveniente .....	- 89 -
4.5.6.	Topologías utilizadas.....	- 92 -
4.5.6.1.	Topología tipo bus.....	- 92 -
4.5.6.2.	Topología tipo estrella.....	- 94 -
4.5.6.3.	Topología tipo árbol .....	- 95 -
4.5.6.4.	Topología tipo anillo .....	- 97 -
4.6.	INTERFAZ HOMBRE-MÁQUINA .....	- 99 -
4.6.1.	Tipos de HMI .....	- 100 -
4.6.2.	Funciones de un HMI .....	- 100 -
4.6.3.	Tareas de un Software de Supervisión y Control .....	- 101 -
4.6.4.	Tipos de Software de Supervisión y Control para PC.....	- 101 -
4.6.5.	Paquetes especiales para procesos.....	- 101 -

4.7.	OPC .....	- 102 -
4.7.1.	Beneficios de OPC .....	- 103 -
4.7.2.	Servidor OPC .....	- 104 -
4.8.	ESCRITORIO REMOTO .....	- 105 -

## CAPÍTULO V

5.	SISTEMAS DE COMUNICACIONES INALÁMBRICOS .....	- 106 -
5.1.	INTRODUCCIÓN .....	- 106 -
5.2.	DEFINICIONES IMPORTANTES .....	- 108 -
5.3.	FACTORES QUE INFLUYEN EN UN SISTEMA INALÁMBRICO .....	- 110 -
5.3.1.	La atmósfera .....	- 111 -
5.3.2.	Desvanecimiento .....	- 112 -
5.3.4.	Efectos atmosféricos .....	- 113 -
5.3.5.	Radiación solar .....	- 113 -
5.3.7.	Difracción .....	- 114 -
5.3.8.	Ruido .....	- 114 -
5.4.	TIPOS DE COMUNICACIONES INALÁMBRICAS .....	- 115 -
5.4.1.	Según el medio de transmisión .....	- 115 -
5.4.2.	Según el rango de frecuencias .....	- 116 -
5.4.2.1.	Transmisión por Radio .....	- 116 -
5.4.2.2.	Transmisión por Microondas .....	- 119 -
5.4.2.3.	Transmisión por Infrarrojos .....	- 119 -
5.4.2.4.	Transmisión por Bluetooth .....	- 120 -
5.5.	VENTAJAS DE LAS COMUNICACIONES INALÁMBRICAS .....	- 121 -
5.6.	DESVENTAJAS DE LAS COMUNICACIONES INALÁMBRICAS .....	- 123 -
5.7.	SISTEMAS DE COMUNICACIÓN VÍA RADIO .....	- 124 -
5.8.	WIFI. ESTÁNDAR IEEE 802.11 .....	- 125 -
5.8.1.	Topología de Red en 802.11 .....	- 128 -

## CAPÍTULO VI

6.	IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE COMUNICACIONES .....	- 129 -
6.1.	INTRODUCCIÓN.....	- 129 -
6.2.	DISEÑO DE LA RED .....	- 129 -
6.2.1.	Direcciones IP de la red .....	- 131 -
6.3.	PROGRAMACIÓN DE LOS PLC'S.....	- 132 -
6.3.1.	Funcionamiento del proceso de mezclado de líquidos .....	- 132 -
6.3.2.	Funcionamiento del proceso de etiquetado y tapado de botellas .....	- 134 -
6.3.3.	Funcionamiento de la baliza indicadora .....	- 136 -
6.3.4.	Descripción de las variables de entrada y salida.....	- 137 -
6.3.4.1.	Variables del módulo de mezclado de líquidos .....	- 137 -
6.3.4.2.	Variables del módulo de etiquetado y tapado de botellas .....	- 139 -
6.3.4.3.	Variables de la baliza indicadora.....	- 140 -
6.3.5.	Lineamiento del Grafcet .....	- 140 -
6.3.5.1.	Secuencia del Grafcet de los proceso modulares.....	- 140 -
6.3.5.2.	Determinación de las ecuaciones del grafcet.....	- 143 -
6.3.6.	Programación en el STEP 7-Basic TIA Portal V11 .....	- 145 -
6.4.	COMUNICACIÓN NI-OPC SERVER CON LOS AUTÓMATAS .....	- 152 -
6.4.1.	Configuración en el NI OPC Servers de National Instruments ....	- 152 -
6.4.2.	Añadir los tags del PLC en el OPC Server.....	- 161 -
6.5.	DESCRIPCIÓN DEL HMI .....	- 164 -
6.5.1.	Conexión de los tags creados en el HMI con el OPC Server .....	- 168 -
6.6.	INTERCONEXIÓN DE LOS ELEMENTOS DE LA RED .....	- 172 -
	CONCLUSIONES	
	RECOMENDACIONES	
	RESUMEN	
	SUMMARY	
	GLOSARIO	
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura II.1 Tablero eléctrico con lógica cableada.....	29
Figura II.2 Tablero eléctrico con lógica programada.....	29
Figura II.3Lógica cableada vs lógica programada.....	30
Figura II.4 Elementos de un PLC.....	31
Figura II.5 Circuito interno de un módulo de entradas de un PLC.....	33
Figura II.6 Circuito de un módulo de salida a triac.....	33
Figura II.7 Interfaz de comunicación entre un PLC y un computador.....	35
Figura II.8 Fase 1 del ciclo de operación del PLC.....	36
Figura II.9 Fase 2 del ciclo de operación del PLC.....	37
Figura II.10 Fase 3 del ciclo de operación del PLC.....	37
Figura II.11 Analogía entre un PLC y una computadora.....	38
Figura II.12 Programación en lenguaje escalera.....	42
Figura II.13 Programación en bloques de función.....	42
Figura II.14 Programación por lotes.....	43
Figura II.15 Programación en texto estructurado.....	44
Figura II.16 Recomendaciones de Rockwell para programar un PLC.....	44
Figura II.17 Sistema de Integración en una empresa.....	46

Figura III.18 División entre área productiva y área administrativa.....	47
Figura III.19 Problema universal de comunicación en la empresa.....	48
Figura III.20 Diferentes miradas de un mismo equipo.....	48
Figura III.21 Pirámide de Automatización Industrial.....	50
Figura III.22 Cableado tradicional de sensores.....	53
Figura III.23 Cableado red ASI Interface.....	54
Figura III.24 Esquema red Profibus DP.....	56
Figura III.25 Esquema red Profibus FMS.....	57
Figura III.26 Esquema de una LAN Industrial.....	58
Figura III.27 Sistema integrado de comunicación basado en Ethernet.....	59
Figura IV.28 Niveles del modelo OSI.....	63
Figura IV.29 Transferencia de datos en el modelo OSI.....	70
Figura IV.30 Transferencia de formato de los datos en el modelo OSI.....	71
Figura IV.31 Ethernet y el Modelo OSI.....	73
Figura IV.32 Detalle de Ethernet en el Modelo OSI.....	74
Figura IV.33 Ejemplo de una dirección MAC.....	75
Figura IV.34 Formato de tramas Ethernet con voltajes.....	75
Figura IV.35 Trama genérica Ethernet.....	76

Figura IV.36 Espacio entre tramas Ethernet.....	77
Figura IV.37 Ejemplo de una red de área local.....	78
Figura IV.38 Cable de par trenzado.....	80
Figura IV.39 Conector RJ-45.....	81
Figura IV.40 Norma 56B.....	82
Figura IV.41 Norma 568B.....	82
Figura IV.42 Cable cruzado.....	83
Figura IV.43 Localización de Ethernet Industrial.....	89
Figura IV.44 Switching. Solución al indeterminismo de Ethernet.....	91
Figura IV.45 Topología tipo Bus.....	94
Figura IV.46 Topología tipo Estrella.....	95
Figura IV.47 Topología tipo Árbol.....	97
Figura IV.48 Topología tipo Anillo.....	98
Figura IV.59 Esquema de un HMI.....	99
Figura IV.50 Ejemplo de un HMI.....	102
Figura IV.51 OPC Cliente.....	104
Figura IV.52 Escritorio remoto a través de Internet.....	105
Figura V.53 Propagación de las ondas en la atmósfera.....	111

Figura V.54 Tipos de comunicaciones inalámbricas según la frecuencia.....	116
Figura V.55 Esquema de una onda electromagnética.....	119
Figura V.56 Red Wifi. Aplicación del estándar IEEE 802.11.....	127
Figura VI.57 Topología de la red implementada.....	131
Figura VI.58 Módulo de dosificación y mezclado de líquidos.....	134
Figura VI.59 Módulo de etiquetado y tapado de botellas.....	135
Figura VI.60 Baliza indicadora de tres luces.....	136
Figura VI.61 Grafset del proceso de mezclado.....	141
Figura VI.62 Grafset del proceso de etiquetado.....	142
Figura VI.63 Asignación de nombre y dirección al programa.....	146
Figura VI.64 Asignación del nombre al dispositivo.....	146
Figura VI.65 Selección del CPU del PLC a utilizar.....	147
Figura VI.66 Agregamos el controlador del CPU seleccionado.....	147
Figura VI.67 Ingreso de variables de programa.....	148
Figura VI.68 Programación del PLC.....	148
Figura VI.69 Creación del bloque de datos de los PLC.....	150
Figura VI.70 Creación de variables del bloque de datos.....	150
Figura VI.71 Compilación del bloque de datos.....	151

Figura VI.72 Cargar bloque de datos en el PLC.....	151
Figura VI.73 Inserción de las variables del bloque de datos.....	152
Figura VI.74 Creación de un nuevo canal en OPC Server.....	153
Figura VI.75 Dar un nombre al canal creado.....	154
Figura VI.76 Seleccionamos la marca del autómeta.....	154
Figura VI.77 Seleccionar tarjeta de red del ordenador.....	155
Figura VI.78 Creación de variables del bloque de datos.....	155
Figura VI.79 Resumen del canal creado.....	156
Figura VI.80 Crear un dispositivo dentro del canal creado.....	156
Figura VI.81 Asignación de nombre al dispositivo a trabajar.....	157
Figura VI.82 Selección del modelo del autómeta.....	157
Figura VI.83 Asignación de la dirección IP al PLC.....	158
Figura VI.84 Asignación del tiempo fuera.....	158
Figura VI.85 Activación o desactivación del Auto-Demotion.....	159
Figura VI.86 Selección del puerto de comunicaciones.....	159
Figura VI.87 Parámetros finales de configuración.....	160
Figura VI.88 Finalización del proceso para agregar un dispositivo.....	160
Figura VI.89 Creación de un tag en el OPC Servers.....	161

Figura VI.90 Asignar nombre y dirección al Tag creado.....	162
Figura VI.91 Visualización del Tag creado.....	162
Figura VI.92 Tags creados con sus respectivos canales y dispositivos.....	163
Figura VI.93 Pantalla de LabVIEW 2012.....	164
Figura VI.94 Paneles frontal y de funciones.....	165
Figura VI.95 Asignación del Tab Control en el panel frontal.....	165
Figura VI.96 Creación de botones de acuerdo a las necesidades.....	166
Figura VI.97 Pantallas HMI de los procesos en el panel frontal.....	167
Figura VI.98 Programación del panel de funciones.....	168
Figura VI.99 Propiedades de un tag.....	169
Figura VI.100 Selección del Data Binding del tag.....	169
Figura VI.101 Búsqueda del OPC.....	170
Figura VI.102 Seleccionar el OPC donde se ha creado los tags.....	170
Figura VI.103 Asignación del canal adecuado.....	171
Figura VI.104 Selección individual de cada tag.....	171
Figura VI.105 Visualización de un tag listo para controlar el proceso.....	172
Figura VI.106 Switch que gestiona el tráfico de paquetes.....	173
Figura VI.107 Router como AP para la comunicación vía radio.....	173

Figura VI.108 Antena Wifi conectada al PLC para el control vía radio.....	174
Figura VI.109 Computadoras conectadas a la red.....	174
Figura VI.110 Red controlada desde una Tablet con SO Android.....	175
Figura VI.111 Red controlada desde un Smart Phone con SO Android.....	175
Figura VI.112 Red controlada desde un iPhone 4S con SO IOS.....	176

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla II.I Parámetros de entradas analógicas.....	32
Tabla IV.II Evolución del estándar para Ethernet según IEEE.....	73
Tabla IV.III Tipos de direcciones IPv4 con su máscara de red.....	87
Tabla VI.IV Asignación de las variables del módulo de mezclado.....	138
Tabla VI.V Asignación de las variables del módulo de etiquetado.....	140
Tabla VI.VI Asignación de las variables en el LOGO OBA7.....	140
Tabla VI.VII Ecuación del graficet del proceso de mezclado.....	144
Tabla VI.VIII Ecuación del graficet del proceso de etiquetado y tapado.....	145

## ÍNDICE DE ANEXOS

### **ANEXO 1**

Hoja de guía de prácticas.

### **ANEXO 2**

Interfaz Humano-Máquina (HMI) de la red, desarrollado en LabVIEW 2012,

### **ANEXO 3**

Especificaciones técnicas y configuración de la antena Wifi Brianchild para la comunicación vía radio.

### **ANEXO 4**

Configuración de un router como Access Point.

# INTRODUCCIÓN

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

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

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

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

# **CAPÍTULO I**

---

## **1. MARCO REFERENCIAL**

### **1.1. ANTECEDENTES**

Desde hace algunos años, las industrias han evolucionado en el campo de la automatización industrial implementando redes de comunicaciones que permitan el control y monitoreo de los diversos procesos de producción a través de redes cableadas; dichas redes en la mayoría de los casos proporcionan una comunicación correcta entre dispositivos, sin embargo, debido a que en el campo industrial existen

condiciones diversas de trabajo, uno de los inconvenientes de una red cableada es la distancia de una estación a otra, ya que, a largas distancias, se generan pérdidas en la transmisión de datos, y esto a nivel industrial, sería muy grave, ya que no se tendría una lectura correcta de sensores, actuadores y demás dispositivos de campo.

Para evitar este problema, se debería colocar amplificadores de señal en diversas tramas para mantener una transmisión correcta de información. Ello implicaría para la empresa un gasto elevado en equipos y exceso de cable en las instalaciones.

Es por eso que, actualmente, los sistemas de comunicación vía radio son muy implementados en las industrias, ya que permiten administrar la producción remotamente de una manera eficaz.

## **1.2. JUSTIFICACIÓN**

En la actualidad, la tecnología nos permite que en la industria se puedan encadenar operaciones mecánicas, informáticas y eléctricas, logrando la comunicación entre procesos que demandan confiabilidad en la transmisión de datos en tiempo real.

Una de las grandes ventajas de un sistema de comunicación vía radio es la facilidad de operar los procesos de una industria desde cualquier punto dentro de la planta, y fuera de ella, a través de un acceso remoto, brindando soporte sin necesidad de estar físicamente presentes en campo.

Uno de los estándares más utilizados en el control inalámbrico de procesos es IEEE 802.11, el cual ha sido implementado por diversos fabricantes en equipos robustos aptos para el ambiente industrial; y con el cual se ha desarrollado este proyecto.

Teniendo en cuenta que una red industrial consta de varios procesos enlazados entre sí para un mismo fin, se ha utilizado módulos didácticos reales pertenecientes a la Escuela de Ingeniería Electrónica en Control y Redes Industriales de la ESPOCH, los cuales son controlados por un sistema de comunicación vía radio robusto, eficiente y seguro en la transmisión y recepción de datos.

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. Objetivo general**

- Diseñar e implementar un sistema de comunicaciones vía radio para el control y monitoreo de una red industrial didáctica aplicando herramientas tecnológicas actuales que permitan fusionar la parte informática mecánica, eléctrica, electrónica y neumática.

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Investigar y estudiar el sistema de comunicaciones vía radio para diseñar, configurar e implementar una red con esta tecnología.
- Analizar las distintas arquitecturas, protocolos, frecuencias y equipos a utilizar, para alcanzar una transmisión exitosa y segura de los datos.
- Configurar autómatas programables, los cuales controlarán procesos modulares que simularán procesos productivos de una industria.
- Construir una Interfaz hombre-máquina para el control y monitoreo de la red.

- Realizar el control y monitoreo de la red a través de Internet por medio de acceso remoto.

#### **1.4. HIPÓTESIS**

El diseño e implementación de un sistema de comunicación vía radio permitirá controlar y monitorear de una red industrial didáctica, la cual constará de autómatas programables y procesos modulares pertenecientes al Laboratorio de Redes Industriales de la ESPOCH.

## **CAPÍTULO II**

---

### **2. MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. ORIGEN Y EVOLUCIÓN DE LA AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL**

Automatización es el uso de sistemas de control y de tecnología informática para reducir la necesidad de la intervención humana en un proceso. En el enfoque de la industria, automatización es el paso más allá de la mecanización en donde los procesos industriales son asistidos por máquinas o sistemas mecánicos que reemplazan las funciones que antes eran realizadas por seres humanos. De esta

forma presenta grandes ventajas en cuanto a producción más eficiente y disminución de riesgos al operador.

### **2.1.1. Objetivos de la Automatización Industrial**

- ✓ Mejorar la productividad de la empresa, reduciendo los costes de la producción y mejorando la calidad de la misma.
- ✓ Mejorar las condiciones de trabajo del personal, suprimiendo los trabajos penosos e incrementando la seguridad.
- ✓ Mejorar la disponibilidad de los productos, pudiendo proveer las cantidades necesarias en el momento preciso.
- ✓ Simplificar el mantenimiento de forma que el operario no requiera grandes conocimientos para la manipulación del proceso productivo.
- ✓ Integrar la gestión y producción.

### **2.1.2. Tecnologías empleadas en la automatización**

#### **2.1.2.1. Lógica cableada**

Con este tipo de tecnología, el automatismo se realiza interconectando los distintos elementos que lo integran. Su funcionamiento es establecido por los elementos que lo componen y por la forma de conectarlos.

Esta fue la primera solución que se utilizó para crear autómatas industriales, pero presenta varios inconvenientes ya que dentro de él se encuentran los famosos “pulpos eléctricos”, los cuales utilizaban mucho espacio físico y demasiado cableado que, en muchos casos cuando existía una falla era muy difícil detectar que parte del circuito había fallado.

Los dispositivos que se utilizan tecnologías cableadas para la realización del automatismo son:

- ✓ Automatismos eléctricos a base de contactores.
- ✓ Mandos neumáticos, o oleohidráulica.



**Fuente:** [http://www.google.com.ec/imgres?start=439&um=1&hl=en&rl](http://www.google.com.ec/imgres?start=439&um=1&hl=en&rlz=1C1GTPM_enEC512EC512&biw)

Figura II.1 Tablero eléctrico con lógica cableada

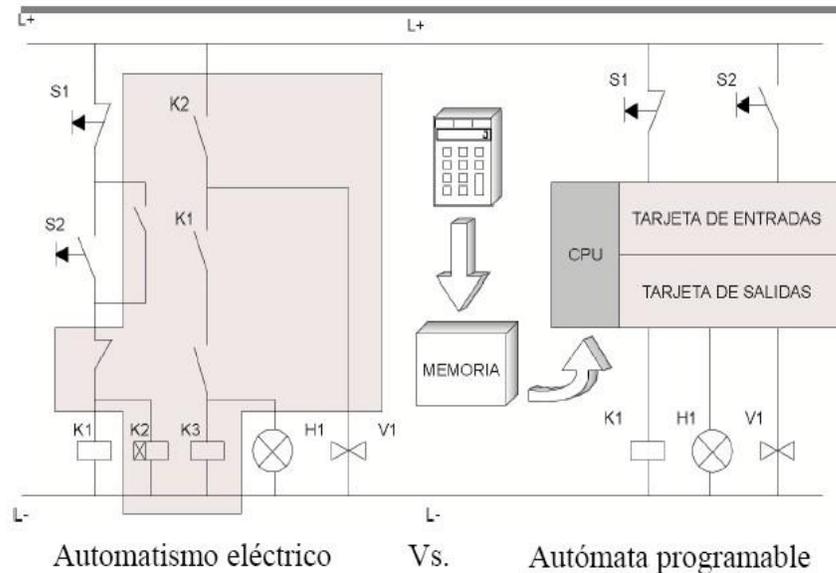
### 2.1.2.2. Lógica programada

Los avances en el campo de los microprocesadores de los últimos años han favorecido la generalización de las tecnologías programadas en la realización de automatismos. Los equipos por excelencia son los *autómatas programables*.



**Fuente:** [http://www.google.com.ec/imgres?um=1&hl=en&rlz=1C1GTPM\\_enEC512EC512&biw](http://www.google.com.ec/imgres?um=1&hl=en&rlz=1C1GTPM_enEC512EC512&biw)

Figura II.2 Tablero eléctrico con lógica programada



**Fuente:** Curso de Automatización y control <http://www.instrumentacionycontrol.net>

Figura II.3 Esquema gráfico de lógica cableada vs lógica programada

## 2.2. EL CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE

### 2.2.1. Definición según la NEMA

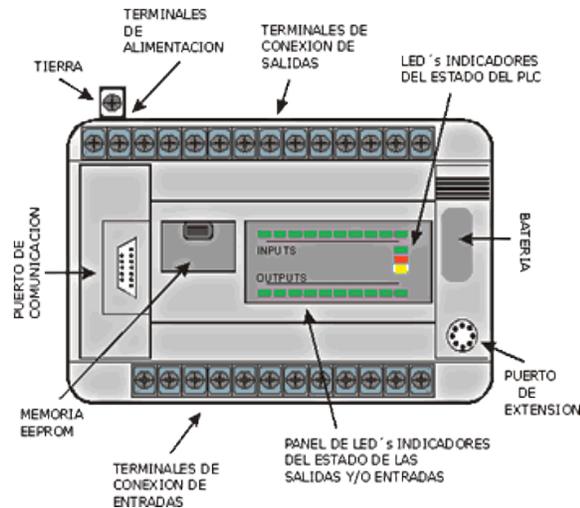
De acuerdo a la NEMA, un controlador programable o PLC es: "Un aparato electrónico operado digitalmente, que usa una memoria programable para el almacenamiento interno de instrucciones para implementar funciones específicas, tales como lógica, secuenciación, registro y control de tiempos, conteo y operaciones aritméticas para controlar, a través de módulos de entrada/salida digitales (ON/OFF) o analógicos (1-5 VDC, 4 20 mA, etc.), varios tipos de máquinas o procesos.

Los PLCs son utilizados en muchas industrias y máquinas. A diferencia de las computadoras de propósito general, el PLC está diseñado para múltiples señales de entrada y de salida, rangos de temperatura ampliados, inmunidad al ruido eléctrico y resistencia a la vibración y al impacto.

### 2.2.2. Elementos de un PLC

Los elementos de un PLC son:

- ✓ Módulos de entrada
- ✓ Módulos de salida
- ✓ Unidad Central de Proceso
- ✓ Fuente de Alimentación
- ✓ Dispositivos periféricos
- ✓ Interfaces
- ✓ Unidad o consola de programación



**Fuente:** <http://www.google.com.ec/imgres?um=1&hl=en&rlz=1C1GTPM>

Figura II.4 Elementos de un PLC

- ✓ *Módulos de entrada.*- Se trata de líneas de entrada, las cuales pueden ser de tipo digital o analógico. En ambos casos tenemos unos rangos de tensión característicos, los cuales se encuentran en las hojas de características del fabricante. A estas líneas conectaremos los sensores.

Las entradas pueden ser de dos tipos:

- ✓ *Analógicas*

El principio de funcionamiento de las entradas analógicas se basa en la conversión de la señal analógica a código binario mediante un convertidor analógico/digital (A/D).

Parámetros más significativos de éste tipo de módulos:

<b>Campo o rango de intensidad o tensión</b>	<b>Resolución</b>	<b>Tiempo de conversión</b>	<b>Precisión</b>
0 - 10 V	8 bits	1 ms	+/- (1% + 1 bit) en entradas +/- 1% en salidas
4 - 20 mA	8 bits	1 ms	
0 - 10 V	12 bits	1 ms	
4 -20 mA	12 bits	1 ms	

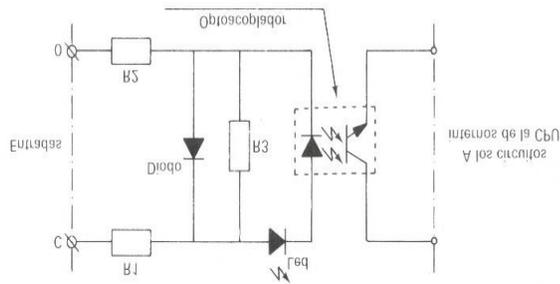
**Fuente:** <http://merinosanjuan.net/mauricio/COntrol/20automatismos.pdf>

Tabla II.I Parámetros de entradas analógicas

- ✓ *Digitales*

Este tipo de señales son las más utilizadas y corresponden a una señal de entrada a un nivel de voltaje o ausencia del mismo. Es decir, corresponde a una señal ON/OFF o conocida comúnmente como “todo o nada”.

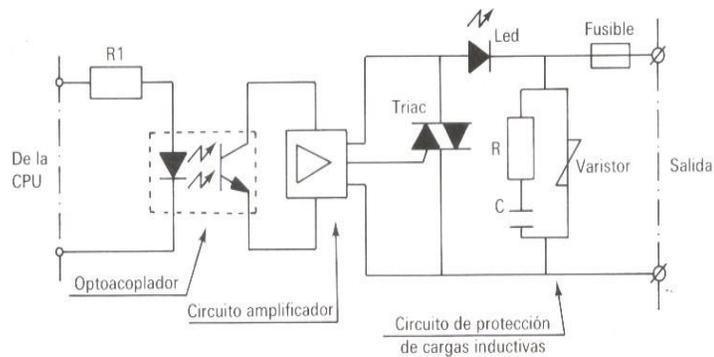
En el siguiente esquema simplificado, se muestra el circuito de entrada por transistor del tipo NPN, y en el que se destaca como elemento principal, el optoacoplador.



**Fuente:** <http://merinosanjuan.net/mauricio/COntrol/20automatismos.pdf>

Figura II.5 Circuito interno de un módulo de entradas de un PLC

- ✓ **Módulos de salida.**- Son una serie de líneas de salida, que también pueden ser de carácter digital o analógico. En las salidas donde se conectan o acoplan los dispositivos de salida o actuadores, e incluyen un indicador luminoso LED de activado.



**Fuente:** <http://merinosanjuan.net/mauricio/COntrol/20automatismos.pdf>

Figura II.6 Circuito de un módulo de salida a triac

Tres son los tipos de salidas que un PLC puede dar:

- ✓ A relé

- ✓ A triac
- ✓ A transistor

Tanto las entradas como las salidas están aisladas de la CPU según el tipo de autómatas que utilizemos.

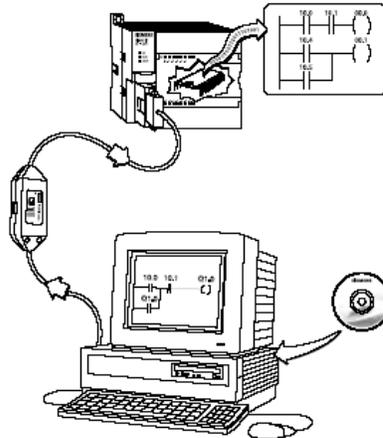
- ✓ *Unidad central de proceso.* - Es el "cerebro" del PLC. Este toma las decisiones relacionadas al control de la máquina o proceso. Durante su operación, el CPU recibe entradas de diferentes dispositivos de sensado, ejecuta decisiones lógicas, basadas en un programa almacenado en la memoria, y controla los dispositivos de salida de acuerdo al resultado de la lógica programada.

La CPU es el corazón del autómatas programable (procesador, memoria y circuitos auxiliares). Es la encargada de ejecutar el programa de usuario mediante el programa del sistema.

Sus funciones son:

- ✓ *Vigilar* que el tiempo de ejecución del programa de usuario no excede un determinado tiempo máximo (tiempo de ciclo máximo). A esta función se le suele denominar Watchdog (perro guardián).
- ✓ *Ejecutar* el programa de usuario.
- ✓ *Crear* una imagen de las entradas, ya que el programa de usuario no debe acceder directamente a dichas entradas.

- ✓ *Renovar* el estado de las salidas en función de la imagen de las mismas obtenida al final del ciclo de ejecución del programa de usuario.
- ✓ *Chequeo* del sistema.
- ✓ *Fuente de alimentación.*- Convierte altos voltajes de corriente de línea (115V 230VCA) a bajos voltajes (5V, 15V, 24V CD) requeridos por el CPU y los módulos de entradas y salidas.
- ✓ *Unidad o consola de programación.*- Que nos permitirá introducir, modificar y supervisar el programa de usuario.
- ✓ *Dispositivos periféricos.*- Como nuevas unidades de E/S, más memoria, unidades de comunicación en red, etc.
- ✓ *Interfaces.*- Facilitan la comunicación del autómatas mediante enlace con otros dispositivos (como un PC).



**Fuente:** <http://merinosanjuan.net/mauricio/COntrol/20automatismos.pdf>

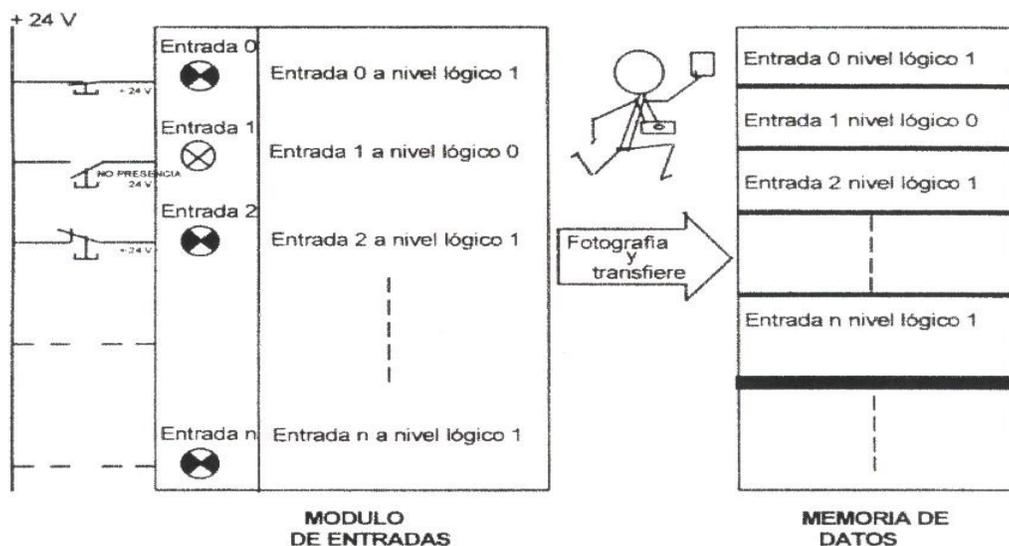
Figura II.7 Interfaz de comunicación entre un PLC y un computador

### 2.2.3. Ciclo de funcionamiento y fases de operación del PLC

El ciclo de funcionamiento comprende 3 fases sucesivas.

- ✓ Fase 1.- Adquisición del estado de las entradas y memorización de las mismas en la memoria de datos.
- ✓ Fase 2.- Tratamiento del programa y actualización de las imágenes de las salidas en la memoria de datos.
- ✓ Fase 3.- Actualización de las salidas, las imágenes de las salidas se transfieren a las interfaces de salida.

Fase 1.- El procesador “fotografía”, el estado lógico de las entradas y después transfiere la imagen obtenida en la memoria de datos.

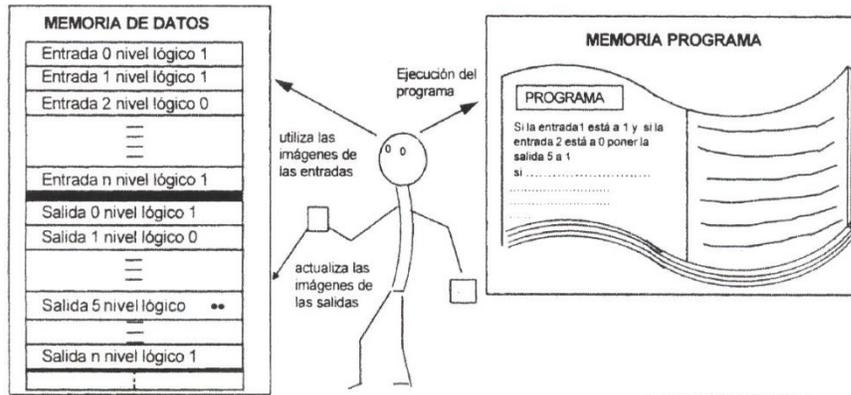


**Fuente:** <http://merinosanjuan.net/mauricio/COntrol/20automatismos.pdf>

Figura II.8 Fase 1 del ciclo de operación del PLC

Fase 2.- Ejecución de operaciones lógicas contenidas en la memoria de programa, una tras otra hasta la última.

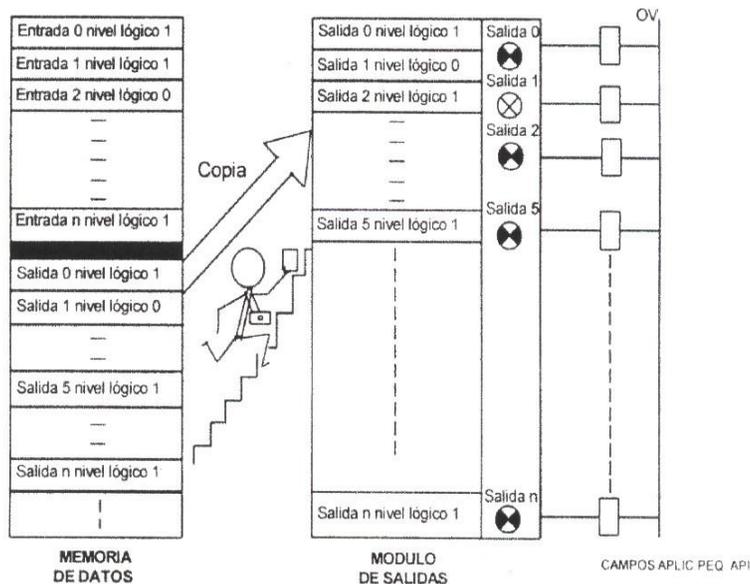
Para ello utiliza la imagen del estado de las entradas contenida en la memoria de datos, y actualiza el resultado de cada operación lógica en la memoria de datos (imágenes de las salidas).



Fuente: <http://merinosanjuan.net/mauricio/COntrol/20automatismos.pdf>

Figura II.9 Fase 2 del ciclo de operación del PLC

Fase 3.- Copia sobre los módulos de salida, el conjunto de las imágenes (estados lógicos de las salidas) contenidos en la memoria de datos.



Fuente: <http://merinosanjuan.net/mauricio/COntrol/20automatismos.pdf>

Figura II.10 Fase 3 del ciclo de operación del PLC

Tomando en cuenta estos apartados, fácilmente podemos hacer una analogía entre un PLC y un ordenador mediante el siguiente gráfico.



**Fuente:** <http://merinosanjuan.net/mauricio/COntrol/20automatismos.pdf>

Figura II.11 Analogía entre un PLC y una computadora

#### 2.2.4. Clasificación de los PLC

La clasificación de los PLCs se realiza en función del número de sus entradas y salidas; son admitidos los tres grupos siguientes:

- ✓ *Gama Baja.*- Hasta un máximo de 128 entradas/salidas. La memoria de usuario de que disponen suele alcanzar un valor máximo de 4K de instrucciones.

- ✓ *Gama Media.*- De 128 a 512 entradas/salidas. La memoria de usuario de que disponen suele alcanzar un valor máximo de hasta 16K de instrucciones.
- ✓ *Gama Alta.*- Más de 512 entradas/salidas. Su memoria de usuario supera en algunos de ellos los 100 K de instrucciones.

### **2.2.5. Ventajas y desventajas de los PLCs.**

A continuación se enlistan las ventajas y desventajas que trae consigo el empleo de un PLC.

#### **Ventajas**

- ✓ Control más preciso.
- ✓ Mayor rapidez de respuesta.
- ✓ Seguridad en el proceso.
- ✓ Empleo de poco espacio.
- ✓ Fácil instalación.
- ✓ Menos consumo de energía.
- ✓ Mejor monitoreo del funcionamiento.
- ✓ Menor mantenimiento.
- ✓ Detección rápida de averías y tiempos muertos.
- ✓ Menor tiempo en la elaboración de proyectos.
- ✓ Posibilidad de añadir modificaciones sin elevar costos.
- ✓ Posibilidad de gobernar varios actuadores con el mismo autómeta.

## **Desventajas**

- ✓ Mano de obra especializada.
- ✓ Centraliza el proceso.
- ✓ Condiciones ambientales apropiadas.
- ✓ Mayor costo para controlar tareas muy pequeñas o sencillas.

### **2.3. NORMA IEC 61131-3**

IEC 61131-3 es un estándar internacional abierto para la programación de autómatas programables. Su primera publicación se dio en 1993 por la IEC. La actual (tercera) edición fue publicada en Febrero de 2013.

Hay muchas maneras de describir el trabajo desarrollado en la tercera parte de esta norma, indicaremos algunas de ellas como:

- ✓ IEC 61131-3 es el resultado del gran esfuerzo realizado por 7 multinacionales a los que se añaden muchos años de experiencia en el campo de la automatización industrial.
- ✓ IEC 61131-3 son las especificaciones de la sintaxis y semántica de un lenguaje de programación, incluyendo el modelo de software y la estructura del lenguaje.

Existen 5 modos de programación contemplados en esta norma:

- ✓ Lenguaje de contactos o Ladder
- ✓ Lenguaje de bloques de función
- ✓ Lenguaje en programación por lotes

- ✓ Lenguaje de texto estructurado

### **2.3.1. Escoger el lenguaje apropiado de programación**

Existen muchos factores a tomar en cuenta al seleccionar un lenguaje de programación.

- ✓ Examinar todas las partes de la aplicación y dividir las en pequeñas secciones.
- ✓ Seleccionar un lenguaje(s) apropiado para satisfacer las diversas necesidades de cada sección.
- ✓ Forzar una aplicación en el lenguaje equivocado puede redundar en un código complejo que es difícil de soportar.
- ✓ Cuando se desarrolle apropiadamente, cada lenguaje mejorará el proceso de desarrollo y mejorará el mantenimiento de la aplicación resultante.

#### **2.3.1.1. Lenguaje de contactos o Ladder**

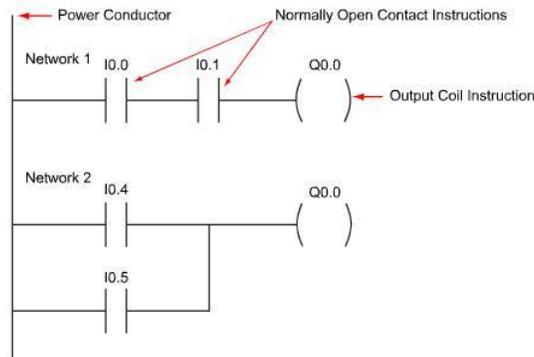
Es una sucesión de redes de contactos que transfieren la información lógica de las entradas a las salidas.

El resultado depende de las funciones programadas.

Consiste en asignar los contactos a las entradas del controlador y las bobinas a los relés, a las salidas o a los bits internos del PLC.

Aplicaciones Comunes:

- ✓ Cintas Transportadoras
- ✓ Control de Máquina



**Fuente:** <https://www.google.com.ec/search?q=diagrama+escalera&rlz>

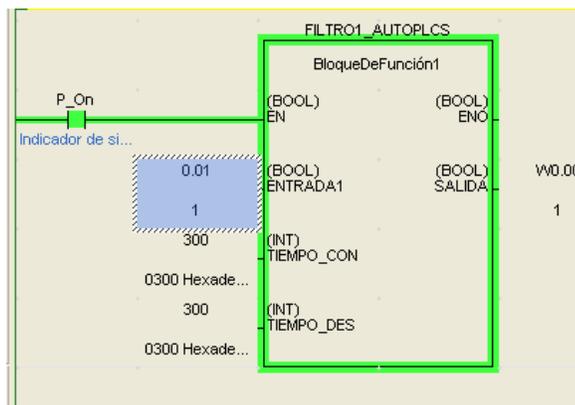
Figura II.12 Programación en lenguaje escalera

### 2.3.1.2. Lenguaje de bloques de función

Este tipo de lenguaje muestra las diferentes funciones que se puede programar en el autómatas en forma de bloques o cajas, los cuales nos ayudan a controlar procesos avanzados.

Aplicaciones comunes:

- ✓ Lazos de proceso
- ✓ Control de Sistemas de Drives



**Fuente:** <https://www.google.com.ec/search?q=bloques+de+funcion+plc&rlz>

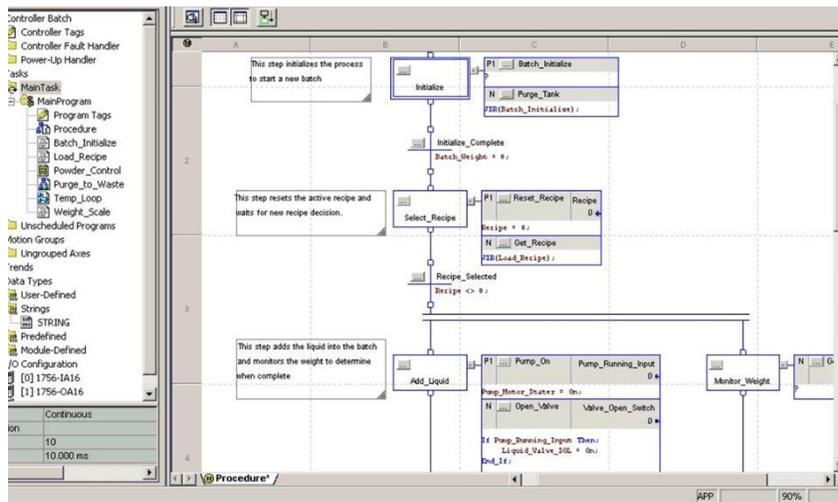
Figura II.13 Programación en bloques de función

### 2.3.1.3. Lenguaje en programación por lotes

Este tipo de lenguaje se utiliza en procesos por eventos o estados, en los cuales un proceso es secuencial o tiene algunas etapas. De tal forma que un estado del proceso dependa del anterior y active al siguiente.

Aplicaciones comunes:

- ✓ Máquinas con operaciones repetitivas
- ✓ Funciones de movimiento o robóticas



Fuente: <https://www.google.com.ec/search?q=programacion+por+lotes>

Figura II.14 Programación por lotes

### 2.3.1.4. Lenguaje de texto estructurado

Es un lenguaje de programación de alto nivel similar a Basic, Fortran, Pascal y "C".

Se lo utiliza en procesos mayormente cuando se requiere hacer un cálculo matemático complejo el cual requiere exactitud en los datos. Utilizado por usuarios o programadores avanzados.

```
NuevoPLC1.NuevoPrograma1 [Texto Estructurado]

(*#####*)
(* PROGRAMA EJEMPLO DE CONTAJE DE PIEZAS *)
(* www.infoPLC.net *)
(*#####*)

(* EL BIT PULSO_ENTRADA LO UTILIZAMOS PARA QUE AL ACTIVARSE LA ENTRADA*)
(* SOLO EJECUTE UNA VEZ LA PARTE DEL PROGRAMA DE INCREMENTO DE CONTAJE *)

IF ENTRADA = TRUE AND PULSO_ENTRADA = FALSE THEN
    CONTAJE= CONTAJE+1;
    PULSO_ENTRADA := TRUE;
END_IF;

(* CADA VEZ QUE SE DESACTIVA LA ENTRADA PONEMOS A FALSE EL BIT PULSO_ENTRADA*)
(* PARA PERMITIR QUE LA PROXIMA VEZ QUE SE ACTIVE LA ENTRADA SE EJECUTE EL INCREMENTO*)
IF ENTRADA = FALSE THEN
    PULSO_ENTRADA := FALSE;
END_IF;

(* PUESTA A CERO DEL CONTAJE CADA VEZ QUE SE PULSA RESET*)
IF RESET = TRUE THEN
    CONTAJE= 0;
END_IF;
```

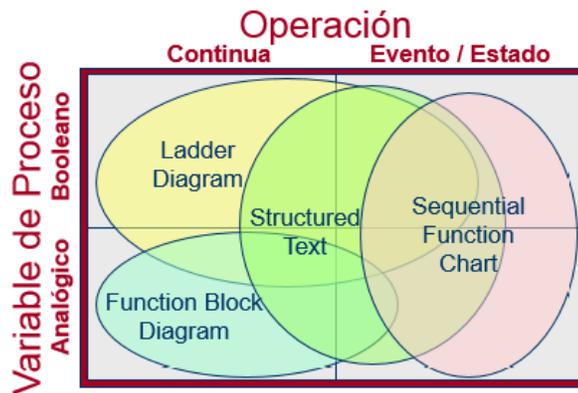
Fuente: <https://www.google.com.ec/search?q=texto+estructurado+rslogix>

Figura II.15 Programación en texto estructurado

Aplicaciones Comunes:

- ✓ Complejos cálculos matemáticos
- ✓ Procesamiento de protocolo de cadena ASCII
- ✓ Funciones incorporadas de control de movimiento

Rockwell Automation realiza un esquema para elegir el lenguaje apropiado.



Fuente: <https://www.absaweb.mx>

Figura II.16 Recomendaciones de Rockwell Automation para programar un PLC

## **CAPÍTULO III**

---

### **3. INTRODUCCIÓN A LAS COMUNICACIONES INDUSTRIALES**

#### **3.1. REDES DE COMUNICACIONES EN LA INDUSTRIA**

En el capítulo anterior se ha abordado el controlador lógico programable como el dispositivo por excelencia utilizado actualmente para la automatización de procesos, se ha descrito su tanto su forma de funcionamiento como sus modos de programación.

Sin embargo, el desarrollo y la evolución de la Automatización Industrial van mucho más allá de la programación de un autómatas para controlar un proceso determinado.

Tomemos en cuenta que en una industria no existe solamente el área de producción (donde están ubicadas las máquinas, sensores, autómatas, en fin la parte productiva de la empresa), sino que existen otros departamentos que necesitan ser informados de lo que sucede en el área de producción para planificar, organizar y tomar decisiones que contribuyan al mejoramiento de dicha empresa.

En otras palabras nace el concepto de “*Integración*”, en el que prácticamente todos los niveles de la empresa comparten información para efectivizar su trabajo.



**Fuente:** Conferencia Control de procesos Ing. Galo Rodríguez. ESPOCH 2012

Figura II.17 Sistema de Integración en una empresa

Si nos referimos a todas las áreas de la empresa, empezamos haciendo un pequeño análisis desde la Gerencia de la planta.

Según un estudio hecho por la empresa Gartner, 60% CEOs manifiestan:

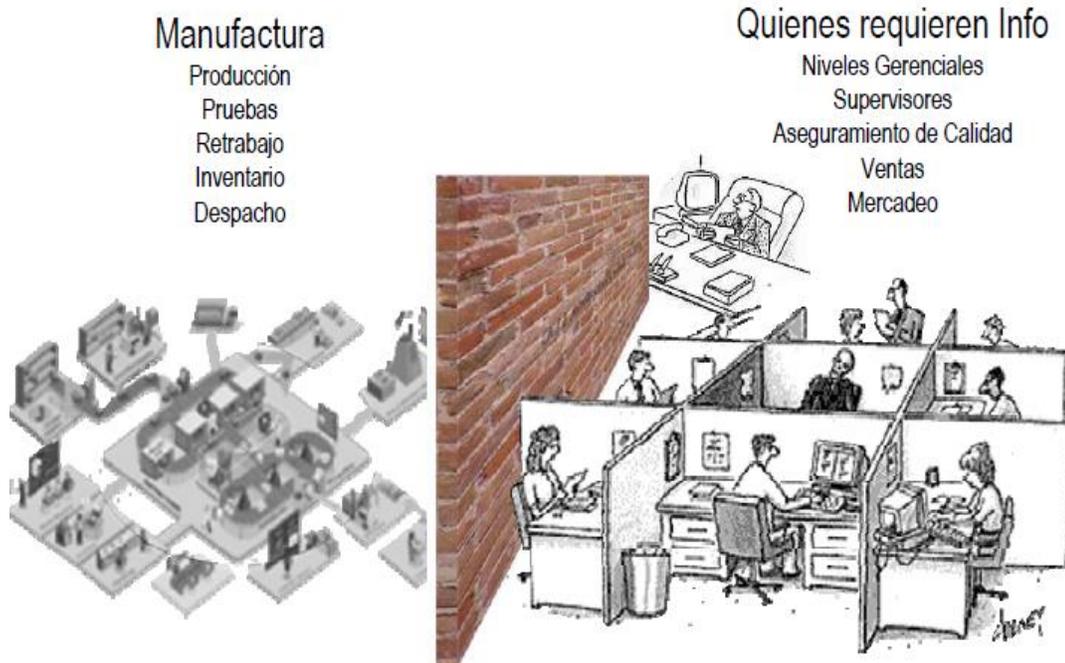
*“Necesito hacer un mejor trabajo obteniendo y comprendiendo la información para un toma acertada y rápida de decisiones...”*

Dicha información es recolectada de las siguientes maneras:

- ✓ 42% de transacciones: Basadas en papel.
- ✓ 85% de información: No estructurada.
- ✓ 30% del tiempo de las personas: Buscando información relevante.

Claramente nos damos cuenta que existe una división muy marcada entre las líneas de producción con el resto de la empresa, tal como se muestra en la Figura III.17.

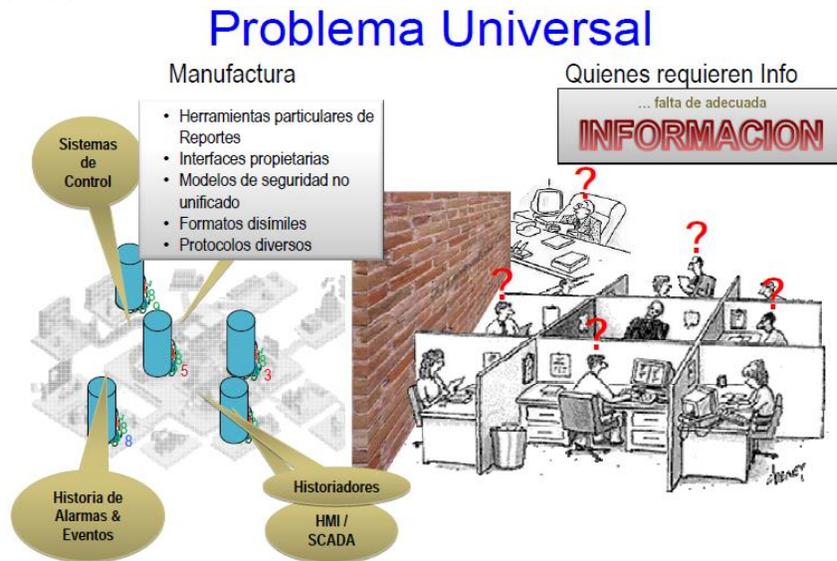
## Una casa dividida



**Fuente:** Conferencia Control de procesos Ing. Galo Rodríguez. ESPOCH 2012

Figura III.18 División entre área productiva y área administrativa

Si existe dicha separación, por lo tanto existirá falta adecuada de información entre departamentos.

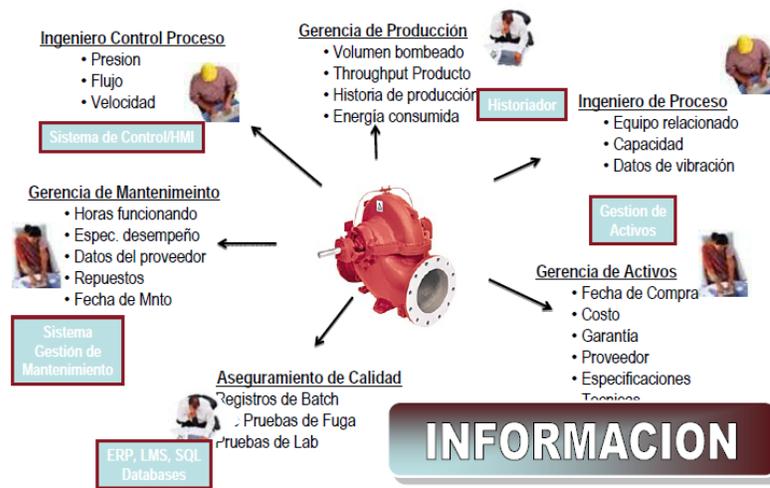


**Fuente:** Conferencia Control de procesos Ing. Galo Rodríguez. ESPOCH 2012

Figura III.19 Problema universal de comunicación en la empresa

Para comprender mejor este problema de flujo de información, a continuación se cita un ejemplo con un activo físico.

### Una Bomba es una bomba o es...?.... un mismo equipo, diferentes miradas



**Fuente:** Conferencia Control de procesos Ing. Galo Rodríguez. ESPOCH 2012

Figura III.20 Diferentes miradas de un mismo equipo

Teniendo en cuenta estos antecedentes, en los cuales se ha demostrado la necesidad de que exista una total integración de procesos, surge la pregunta:

¿Cómo hacer posible esta comunicación entre los distintos niveles de una empresa?

La respuesta está en la aparición de las redes de comunicación industriales, las cuales permiten que la información de un proceso fluya desde el área de producción, trabajo o también llamada campo, hasta el área más importante o sea el de gerencia, gestión y administración.

### **3.2. PIRÁMIDE DE AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL**

Uno de los retos de la automatización ha sido lograr esta total integración entre los niveles de una planta, ahora gracias a la incorporación de los avances tecnológicos al entorno industrial, las redes de comunicación permiten:

- ✓ Medio para la incorporación de la última tecnología a la industria.
- ✓ Integración completa del proceso productivo (desde el operario a los gestores y clientes).
- ✓ Reducción del tiempo de puesta en funcionamiento (40 % menos de cableado).
- ✓ Reducción de costos por modificación del sistema productivo.
- ✓ Automatización más Robusta y Controlable.

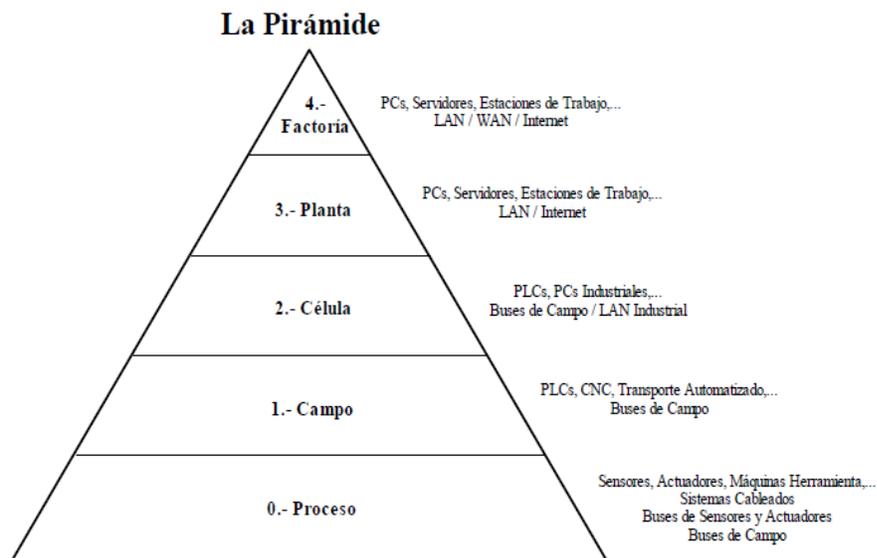
El gran número de ventajas que supone incorporar las comunicaciones a la producción, ha hecho que todos los procesos se integren en un sistema único, lo que complica enormemente el diseño de dicho sistema; los requisitos en las

distintas fases de producción con respecto a las redes de comunicación son muy distintos, por ejemplo en la fase de producción se necesita: Tiempo real, inmunidad a ruidos e interferencias, adaptación a riesgos especiales (p.e. explosión), simplificación del cableado, etc.

En la fase de diseño se necesita acceder a grandes cantidades de información (sistemas CAD, estudios de mercado, etc....).

Los Gestores de la empresa necesitarán acceso a bases de datos (producción, calidad, costes,...), comunicación con los clientes, proveedores, etc.

Por lo tanto solución es jerarquizar los niveles de comunicación, eligiendo los niveles según sus requerimientos. Cada subsistema de un nivel debe tener comunicación directa con los subsistemas del mismo nivel y con los de los niveles inmediatamente superior e inferior, por lo tanto se adopta una Jerarquización Piramidal.



**Fuente:** [http://3.bp.blogspot.com/\\_7dxyqR0g7Cg/s1600-h/piramide+CIM.gif](http://3.bp.blogspot.com/_7dxyqR0g7Cg/s1600-h/piramide+CIM.gif)

Figura III.21 Pirámide de Automatización Industrial

### **3.2.1. Descripción de los niveles de la pirámide de automatización**

#### **Nivel de Proceso**

- ✓ Control directo de las máquinas y sistemas de producción.
- ✓ Sensores, actuadores, instrumentos de medida, máquinas de control numérico, etc.
- ✓ Cableado tradicional o Buses de Sensores y Actuadores o Buses de Campo.

#### **Nivel de Campo**

- ✓ Control individual de cada recurso.
- ✓ PLCs de gama baja y media, sistemas de control numérico, transporte automatizado,...
- ✓ Se utilizarán las medidas proporcionadas por el nivel 0 y se darán las consignas a los actuadores y máquinas de dicho nivel.

#### **Nivel de Célula**

- ✓ Sistemas que controlan la secuencia de fabricación y/o producción (darán las consignas al nivel de campo).
- ✓ En este nivel se emplean PLCs de gama media y alta, PCs Industriales, etc.

#### **Nivel de Planta**

- ✓ Órgano de diseño y gestión en el que se estudian las órdenes de fabricación y/o producción que seguirán los niveles inferiores.

- ✓ Suele coincidir con los recursos destinados a la producción de uno o varios productos similares (secciones).
- ✓ Se emplean PCs, estaciones de trabajo, servidores de bases de datos y backups, etc...

### **Nivel de Factoría**

- ✓ Gestiona la producción completa de la empresa.
- ✓ Comunica distintas plantas.
- ✓ Mantiene las relaciones con los proveedores y clientes.
- ✓ Proporciona las consignas básicas para el diseño y la producción de la empresa.
- ✓ Se emplean PCs, estaciones de trabajo y servidores de distinta índole.

### **3.2.2. Tipos de comunicación entre niveles**

#### **3.2.2.1. Flujo de información vertical**

Este tipo de comunicación puede darse en forma descendente o ascendente

##### *Descendentes*

- ✓ Órdenes enviadas por el nivel superior al inferior.
- ✓ Peticiones del nivel superior la inferior.

##### *Ascendentes*

- ✓ Informes sobre la ejecución de las órdenes recibidas.
- ✓ Se realiza a través de elementos de interconexión de redes (Puentes, Pasarelas,...) aunque en algunos casos la comunicación puede ser

directa utilizando el mismo bus o con uno de los elementos activos del bus haciendo las veces de pasarela.

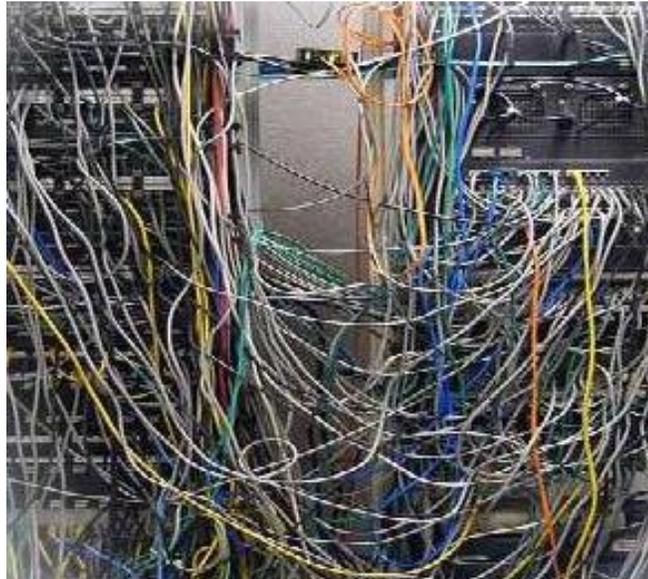
### 3.2.2.2. Flujo de información horizontal

- ✓ Intercambio de información entre entidades de un mismo nivel.
- ✓ Se realiza a través de las redes específicas de cada nivel.

### 3.2.3. Redes de interconexión

#### 3.2.3.1. Cableado tradicional. *Nivel de proceso*

- ✓ Cada elemento se cablea independientemente (3 o más hilos).
- ✓ Cableado complejo para dispositivos inteligentes (varias E/S digitales y analógicas).
- ✓ Se complica mucho al aumentar el número de elementos.
- ✓ Menos protegido contra ruidos, sobre todo las señales analógicas.
- ✓ Los elementos sólo se ven desde el PLC al que están conectados.

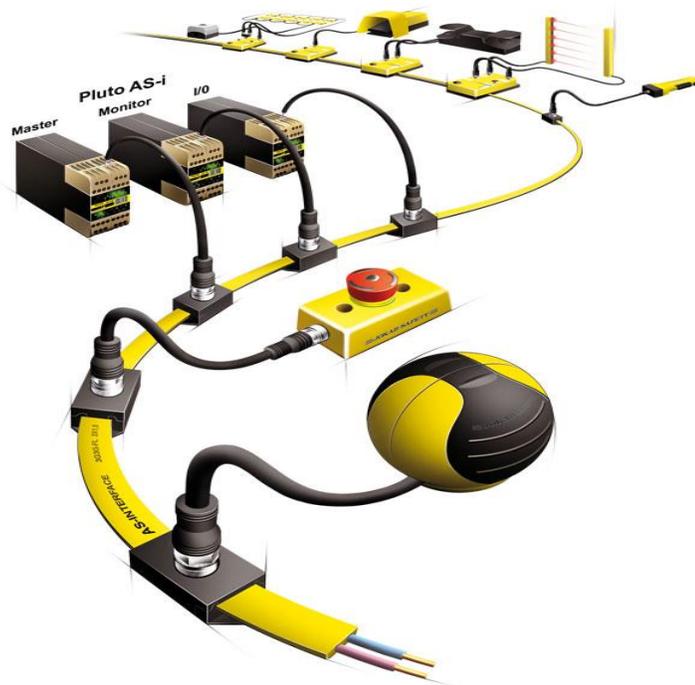


**Fuente:** <http://sistemainterno.com/web/telecomunicacionesdigitales/files/2011/04/cable2.jpg>

Figura III.22 Cableado tradicional de sensores

### 3.2.3.2. Bus de Sensores y Actuadores. *Nivel de proceso*

- ✓ Tiempo Real.
- ✓ Bajo Coste.
- ✓ Alimentación incorporada al bus.
- ✓ Reducción del cableado (1 solo cable).
- ✓ Detección y reconocimiento de elementos (Plug & Play).
- ✓ Conexión preparada para dispositivos inteligentes (Variadores de velocidad, PIDs,...).
- ✓ Rápida modificación y ampliación.
- ✓ Poca cantidad de información (datos y parámetros).
- ✓ Ejemplos: AS-Interface, Compobus-S, EIB,...



**Fuente:** [http://www.jokabsafety.com/assets/jokab/archive/images/asi/asi\\_safety.jpg](http://www.jokabsafety.com/assets/jokab/archive/images/asi/asi_safety.jpg)

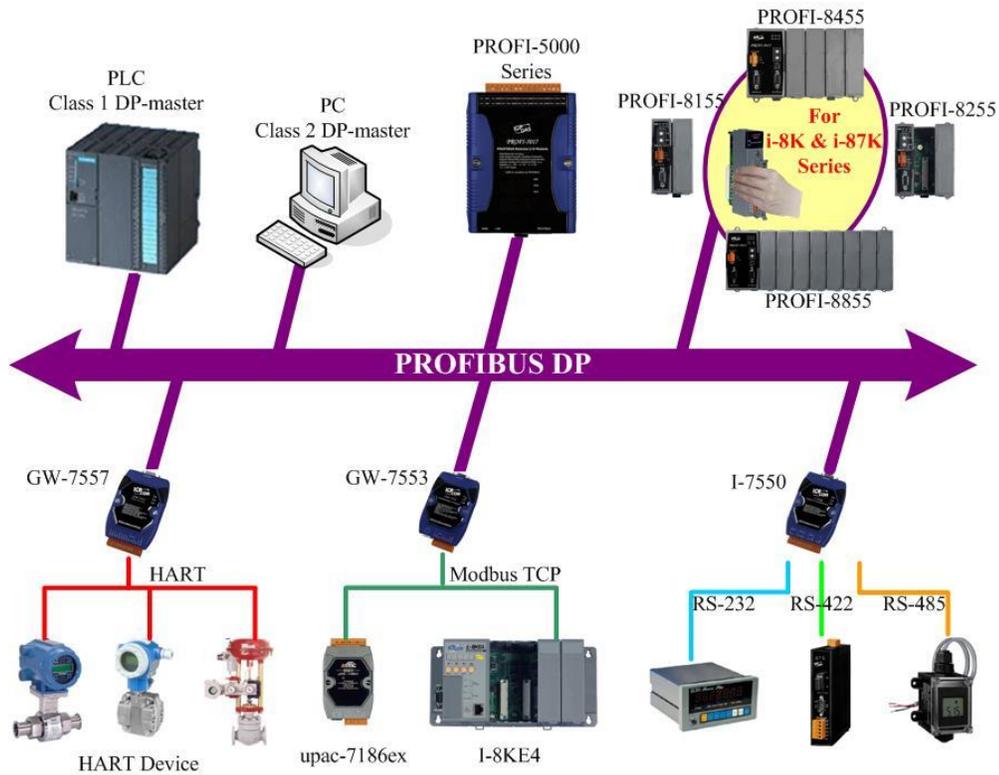
Figura III.23 Cableado red ASI Interface

### 3.2.3.3. Buses de campo. *Niveles de proceso, campo y célula*

- ✓ Tiempo Real.
- ✓ Comparte la mayoría de las características de los buses de sensores y actuadores, pero pueden manejar mayores cantidades de información.
- ✓ Tramas pequeñas (mensajes o parámetros y datos).
- ✓ Los datos se envían de forma cíclica, con restricciones temporales.
- ✓ Los mensajes o parámetros se envían sólo cuando son necesarios (mayor tamaño).
- ✓ Los dispositivos se definen por Perfiles (Datos de E/S y parámetros).

#### **Métodos de Comunicación:**

- ✓ Strobe.- Los maestros realizan peticiones a los esclavos y estos les sirven. Muy eficiente para sensores y actuadores.
- ✓ Polling.- El maestro envía las salidas a cada esclavo y estos responden con las entradas.
- ✓ Cambio de Estado.- Se transmite información cuando cambia el estado.
- ✓ Cíclico.- El dispositivo envía la información con un intervalo de tiempo prefijado.
- ✓ Incorporan servicios de configuración, programación y test del bus.
- ✓ Ejemplos: Profibus-DP, Profibus-PA, Foundation Fieldbus, DeviceNet, Interbus, FIPIO.



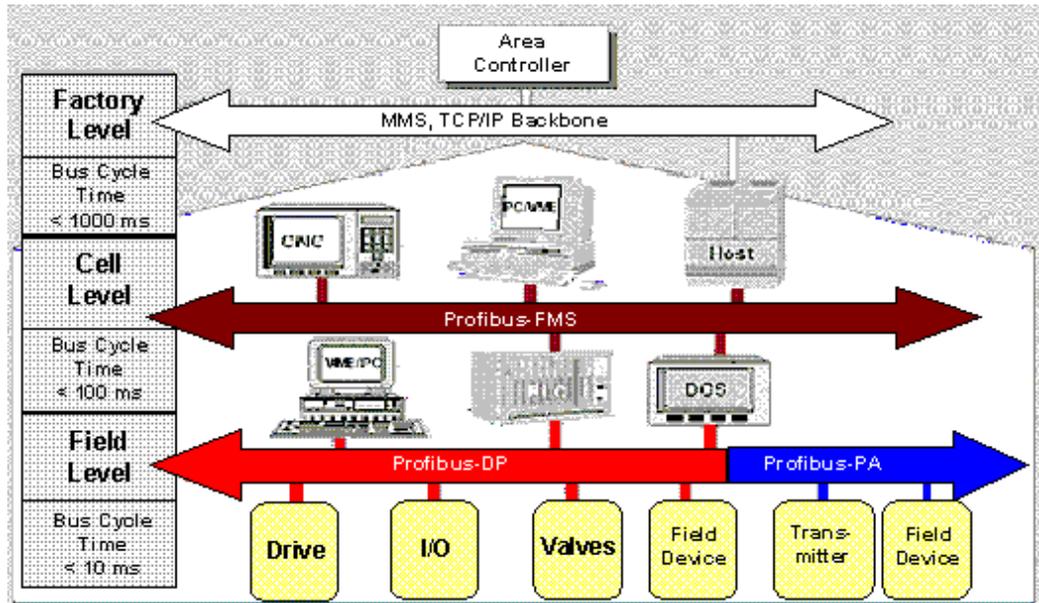
Fuente: [https://www.google.com.ec/search?q=profibus+dp&rlz=1C1GTPM\\_enEC512EC512](https://www.google.com.ec/search?q=profibus+dp&rlz=1C1GTPM_enEC512EC512)

Figura III.24 Esquema red Profibus DP

#### 3.2.3.4. Redes de Célula. Nivel de célula

- ✓ En muchas ocasiones no se diferencian de los buses de campo por la extensión de estos.
- ✓ Mayor flujo de información (intercambio de mensajes y mayores paquetes de datos).
- ✓ Posibilidad de transmitir mensajes prioritarios.
- ✓ Configuración de dispositivos.
- ✓ Mayores distancias de operación.
- ✓ Tiempos no muy críticos.

- ✓ Ejemplos: Profibus-FMS, Compobus-S



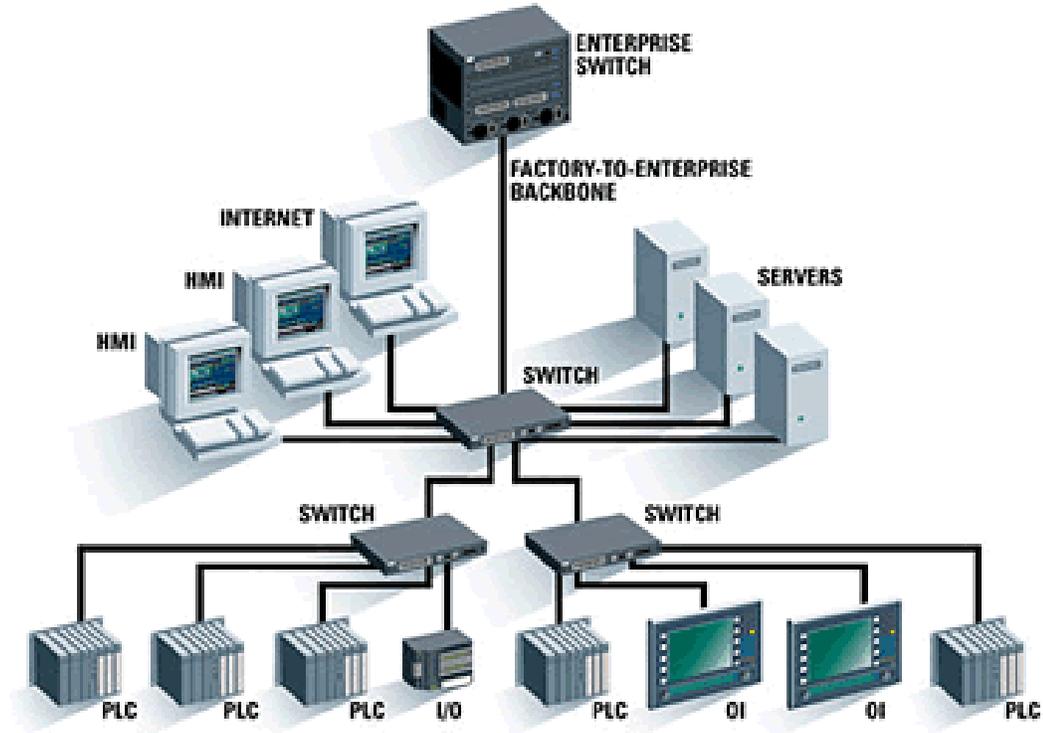
Fuente: [http://www.google.com.ec/imgres?um=1&hl=en&rlz=1C1GTPM\\_enEC512EC512&b](http://www.google.com.ec/imgres?um=1&hl=en&rlz=1C1GTPM_enEC512EC512&b)

Figura III.25 Esquema red Profibus FMS

### 3.2.3.5. Redes Locales Industriales. *Niveles de célula y planta*

- ✓ Funcionamiento en entorno hostil (vibraciones, ruido, ambiente agresivo,...)
- ✓ Restricciones temporales.
- ✓ Dispositivos conectados muy variados.
- ✓ Volumen de datos importante y de cualquier tamaño.
- ✓ Deben cubrir áreas extensas.
- ✓ Tiempos no críticos.
- ✓ Principalmente para supervisión y control.
- ✓ Internet como herramienta de trabajo del personal, no integrada con el proceso.
- ✓ Ejemplos: LAN Industrial, SimaticNet

- ✓ Alcanzan grandes distancias
- ✓ Siguen protocolos de acceso con determinismo



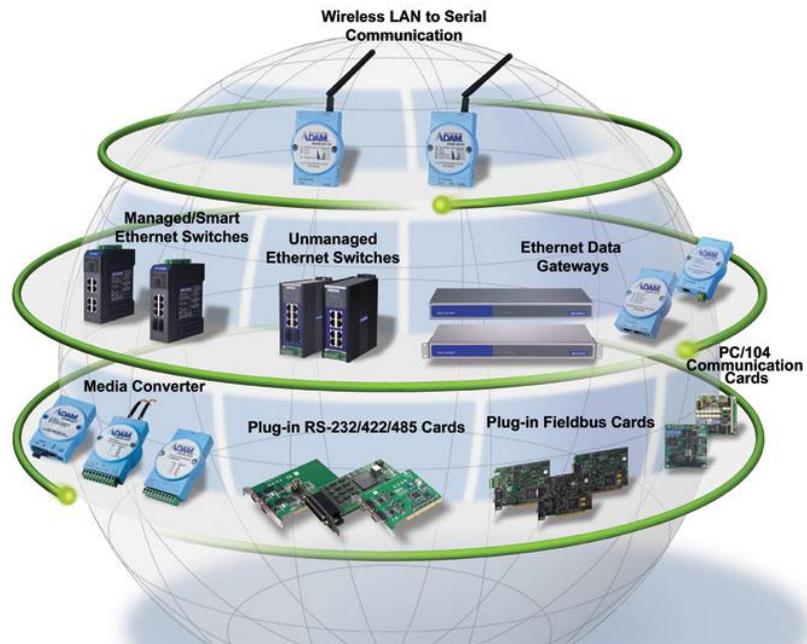
*Fuente:* [http://www.google.com.ec/imgres?um=1&hl=en&rlz=1C1GTPM\\_en](http://www.google.com.ec/imgres?um=1&hl=en&rlz=1C1GTPM_en)

Figura III.26 Esquema de una LAN Industrial

#### 3.2.3.6. Redes de Factoría.- Nivel 4

- ✓ LAN clásicas (entorno Ofimático).
- ✓ Conexiones WAN e Internet.
- ✓ Punto a Punto (no difusión).
- ✓ Cantidad de información muy alta (transferencia de ficheros, bases de datos, backups,...).
- ✓ Tiempos no críticos.

- ✓ Extensión incluso a nivel mundial.
- ✓ Ejemplos: Enlaces láser, Internet.



**Fuente:** [http://www.google.com.ec/imgres?um=1&hl=en&rlz=1C1GTPM\\_enEC512EC](http://www.google.com.ec/imgres?um=1&hl=en&rlz=1C1GTPM_enEC512EC)

Figura III.27 Sistema integrado de comunicación basado en Ethernet

## **CAPÍTULO IV**

---

### **4. ETHERNET Y SU IMPLEMENTACIÓN EN LA INDUSTRIA**

#### **4.1. INTRODUCCIÓN**

Teniendo en cuenta que la red óptima para el control y gestión de la planta está cimentada en los sistemas de comunicaciones basados en Ethernet, los sistemas de automatización tienden a orientarse hacia la incorporación de éste estándar al área industrial.

Si bien es cierto el presente estudio se enfoca en el control y monitoreo de una red industrial didáctica vía radio, sin embargo dichas ondas de radio que emiten y

reciben datos, deben transformarse en señales que circulen dentro de una red, dentro de una plataforma; para que la información llegue hasta los equipos encargados de realizar el control y monitoreo de los procesos.

Dicha plataforma se ha implementado dentro de una red de área local, utilizando Ethernet como estándar de comunicaciones, lo cual indica que su utilización está logrando incorporarse en los sistemas de control de procesos de una manera exitosa y confiable.

Por lo tanto, en los siguientes apartados se profundizará un poco más sobre la tendencia de la industria en utilizar redes de áreas locales basadas en Ethernet para lograr la total integración de los diferentes niveles de automatización industrial.

#### **4.2. EL MODELO OSI**

Antes de estudiar Ethernet en sí, es importante conocer el modelo o la estructura sobre la que funciona, es decir el modelo por el cual se rige; nos referimos al modelo OSI.

El modelo de interconexión de sistemas abiertos (ISO/IEC 7498-1), también llamado OSI, es el modelo de red descriptivo, que fue creado por la Organización Internacional para la Estandarización (ISO) en el año 1984. Es un marco de referencia para la definición de arquitecturas en la interconexión de los sistemas de comunicaciones.

Fue desarrollado en 1984 por la Organización Internacional de Estándares (ISO), una federación global de organizaciones que representa aproximadamente a 130

países. El núcleo de este estándar es el modelo de referencia OSI, una normativa formada por siete capas que define las diferentes fases por las que deben pasar los datos para viajar de un dispositivo a otro sobre una red de comunicaciones.

Siguiendo el esquema de este modelo se crearon numerosos protocolos. El advenimiento de protocolos más flexibles donde las capas no están tan desmarcadas y la correspondencia con los niveles no era tan clara puso a este esquema en un segundo plano.

Sin embargo es muy usado en la enseñanza como una manera de mostrar cómo puede estructurarse una "pila" de protocolos de comunicaciones.

El modelo especifica el protocolo que debe ser usado en cada capa, y suele hablarse de modelo de referencia ya que es usado como una gran herramienta para la enseñanza de comunicación de redes.

Se trata de una normativa estandarizada útil debido a la existencia de muchas tecnologías, fabricantes y compañías dentro del mundo de las comunicaciones, y al estar en continua expansión, se tuvo que crear un método para que todos pudieran entenderse de algún modo, incluso cuando las tecnologías no coincidieran.

De este modo, no importa la localización geográfica o el lenguaje utilizado. Todo el mundo debe atenerse a unas normas mínimas para poder comunicarse entre sí.

Esto es sobre todo importante cuando hablamos de la red de redes, es decir, Internet.

Este modelo está dividido en siete capas:

## LA PILA OSI



*Fuente:* [http://www.google.com.ec/imgres?um=1&hl=en&rlz=1C1GTPM\\_enEC512EC](http://www.google.com.ec/imgres?um=1&hl=en&rlz=1C1GTPM_enEC512EC)

Figura IV.28 Niveles del modelo OSI

### 4.2.1. Descripción de los niveles del modelo de referencia OSI

#### 4.2.1.1. Capa Física

Es la que se encarga de las conexiones globales de la computadora hacia la red, tanto en lo que se refiere al medio físico como a la forma en la que se transmite la información.

Sus principales funciones se pueden resumir como:

- ✓ Definir el medio o medios físicos por los que va a viajar la comunicación: cable de pares trenzados (o no, como en RS232/EIA232), coaxial, guías de onda, aire, fibra óptica.
- ✓ Definir las características materiales (componentes y conectores mecánicos) y eléctricas (niveles de tensión) que se van a usar en la transmisión de los datos por los medios físicos.
- ✓ Definir las características funcionales de la interfaz (establecimiento, mantenimiento y liberación del enlace físico).
- ✓ Transmitir el flujo de bits a través del medio.
- ✓ Manejar las señales eléctricas del medio de transmisión, polos en un enchufe, etc.
- ✓ Garantizar la conexión (aunque no la fiabilidad de dicha conexión).

#### **4.2.1.2. Capa de enlace de datos**

Esta capa se ocupa del direccionamiento físico, de la topología de la red, del acceso al medio, de la detección de errores, de la distribución ordenada de tramas y del control del flujo.

Es uno de los aspectos más importantes a revisar en el momento de conectar dos ordenadores, ya que está entre la capa 1 y 3 como parte esencial para la creación de sus protocolos básicos (MAC, IP), para regular la forma de la conexión entre computadoras así determinando el paso de tramas (trama = unidad de medida de la información en esta capa, que no es más que la segmentación de los datos trasladándolos por medio de paquetes), verificando su integridad, y corrigiendo

errores, por lo cual es importante mantener una excelente adecuación al medio físico (los más usados son el cable UTP, par trenzado o de 8 hilos), con el medio de red que redirecciona las conexiones mediante un router.

Dadas estas situaciones cabe recalcar que el dispositivo que usa la capa de enlace es el Switch que se encarga de recibir los datos del router y enviar cada uno de estos a sus respectivos destinatarios (servidor -> computador cliente o algún otro dispositivo que reciba información como celulares, tabletas y diferentes dispositivos con acceso a la red, etc.), dada esta situación se determina como el medio que se encarga de la corrección de errores, manejo de tramas, protocolización de datos (se llaman protocolos a las reglas que debe seguir cualquier capa del modelo OSI ).

#### **4.2.1.3. Capa de red**

Se encarga de identificar el enrutamiento existente entre una o más redes. Las unidades de información se denominan paquetes, y se pueden clasificar en protocolos enrutables y protocolos de enrutamiento.

- ✓ Enrutables.- Viajan con los paquetes (IP, IPX, APPLETALK)
- ✓ Enrutamiento.- Permiten seleccionar las rutas (RIP, IGRP, EIGRP, OSPF, BGP)

El objetivo de la capa de red es hacer que los datos lleguen desde el origen al destino, aun cuando ambos no estén conectados directamente. Los dispositivos que facilitan tal tarea se denominan encaminadores, aunque es más frecuente encontrarlo con el nombre en inglés routers. Los routers trabajan en esta capa,

aunque pueden actuar como switch de nivel 2 en determinados casos, dependiendo de la función que se le asigne. Los firewalls actúan sobre esta capa principalmente, para descartar direcciones de máquinas.

En este nivel se realiza el direccionamiento lógico y la determinación de la ruta de los datos hasta su receptor final.

#### **4.2.1.4. Capa de transporte**

Capa encargada de efectuar el transporte de los datos (que se encuentran dentro del paquete) de la máquina origen a la de destino, independizándolo del tipo de red física que se esté utilizando. La PDU de la capa 4 se llama Segmento o Datagrama, dependiendo de si corresponde a TCP o UDP. Sus protocolos son TCP y UDP; el primero orientado a conexión y el otro sin conexión. Trabajan, por lo tanto, con puertos lógicos y junto con la capa red dan forma a los conocidos como Sockets IP: Puerto (191.16.200.54:80).

#### **4.2.1.5. Capa de sesión**

Esta capa es la que se encarga de mantener y controlar el enlace establecido entre dos computadores que están transmitiendo datos de cualquier índole. Por lo tanto, el servicio provisto por esta capa es la capacidad de asegurar que, dada una sesión establecida entre dos máquinas, la misma se pueda efectuar para las operaciones definidas de principio a fin, reanudándolas en caso de interrupción. En muchos casos, los servicios de la capa de sesión son parcial o totalmente prescindibles.

#### **4.2.1.6. Capa de presentación**

El objetivo es encargarse de la representación de la información, de manera que aunque distintos equipos puedan tener diferentes representaciones internas de caracteres los datos lleguen de manera reconocible.

Esta capa es la primera en trabajar más el contenido de la comunicación que el cómo se establece la misma. En ella se tratan aspectos tales como la semántica y la sintaxis de los datos transmitidos, ya que distintas computadoras pueden tener diferentes formas de manejarlas.

Esta capa también permite cifrar los datos y comprimirlos. Por lo tanto, podría decirse que esta capa actúa como un traductor.

#### **4.2.1.7. Capa de aplicación**

Ofrece a las aplicaciones la posibilidad de acceder a los servicios de las demás capas y define los protocolos que utilizan las aplicaciones para intercambiar datos, como correo electrónico (Post Office Protocol y SMTP), gestores de bases de datos y servidor de ficheros (FTP), por UDP pueden viajar (DNS y Routing Information Protocol). Hay tantos protocolos como aplicaciones distintas y puesto que continuamente se desarrollan nuevas aplicaciones el número de protocolos crece sin parar.

Cabe aclarar que el usuario normalmente no interactúa directamente con el nivel de aplicación. Suele interactuar con programas que a su vez interactúan con el nivel de aplicación pero ocultando la complejidad subyacente.

#### **4.2.2. Unidades de datos**

El intercambio de información entre dos capas OSI consiste en que cada capa en el sistema fuente le agrega información de control a los datos, y cada capa en el sistema de destino analiza y quita la información de control de los datos como sigue:

Si un ordenador (A) desea enviar datos a otro (B), en primer término los datos deben empaquetarse a través de un proceso denominado encapsulamiento, es decir, a medida que los datos se desplazan a través de las capas del modelo OSI, reciben encabezados, información final y otros tipos de información.

✓ **N-PDU (Unidad de datos de protocolo)**

Es la información intercambiada entre entidades pares, es decir, dos entidades pertenecientes a la misma capa pero en dos sistemas diferentes, utilizando una conexión (N-1).

Está compuesta por:

✓ *N-SDU (Unidad de datos del servicio)*

Son los datos que necesitan las entidades (N) para realizar funciones del servicio pedido por la entidad (N+1).

✓ *N-PCI (Información de control del protocolo)*

Información intercambiada entre entidades (N) utilizando una conexión (N-1) para coordinar su operación conjunta.

✓ **N-IDU (Unidad de datos de interfaz)**

Es la información transferida entre dos niveles adyacentes, es decir, dos capas contiguas.

Está compuesta por:

- ✓ N-ICI (Información de control del interfaz)

Información intercambiada entre una entidad (N+1) y una entidad (N) para coordinar su operación conjunta.

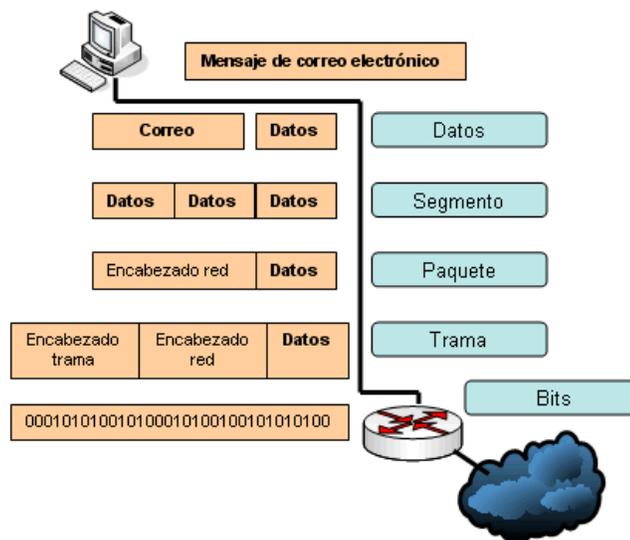
#### **4.2.3. Transmisión de los datos**

La capa de aplicación recibe el mensaje del usuario y le añade una cabecera constituyendo así la PDU de la capa de aplicación. La PDU se transfiere a la capa de aplicación del nodo destino, este elimina la cabecera y entrega el mensaje al usuario.

Para ello ha sido necesario todo este proceso:

- ✓ Ahora hay que entregar la PDU a la capa de presentación para ello hay que añadirle la correspondiente cabecera ICI y transformarla así en una IDU, la cual se transmite a dicha capa.
- ✓ La capa de presentación recibe la IDU, le quita la cabecera y extrae la información, es decir, la SDU, a esta le añade su propia cabecera (PCI) constituyendo así la PDU de la capa de presentación.
- ✓ Esta PDU es transferida a su vez a la capa de sesión mediante el mismo proceso, repitiéndose así para todas las capas.

- ✓ Al llegar al nivel físico se envían los datos que son recibidos por la capa física del receptor.
- ✓ Cada capa del receptor se ocupa de extraer la cabecera, que anteriormente había añadido su capa homóloga, interpretar la y entregar la PDU a la capa superior.
- ✓ Finalmente llegará a la capa de aplicación la cual entregará el mensaje al usuario.

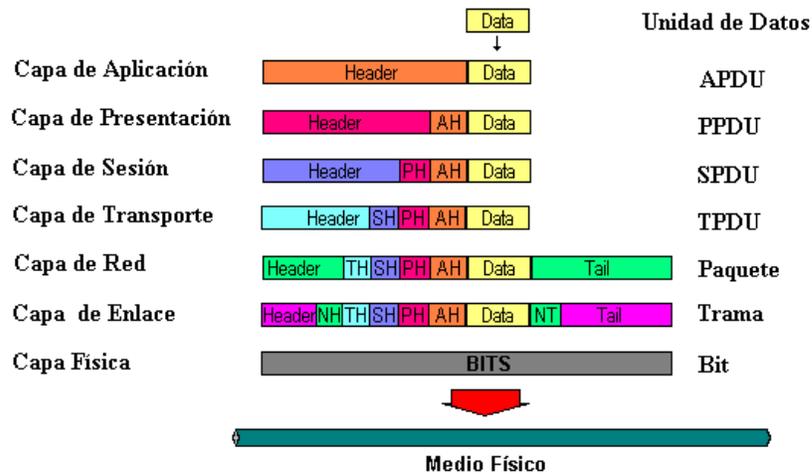


**Fuente:** [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:informacion\\_en\\_el\\_modelo\\_OSI](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:informacion_en_el_modelo_OSI)

Figura IV.29 Transferencia de datos en el modelo OSI

#### 4.2.4. Formato de los datos

Otros datos reciben una serie de nombres y formatos específicos en función de la capa en la que se encuentren, debido a como se describió anteriormente la adhesión de una serie de encabezados e información final. Los formatos de información son los que muestra el gráfico:



*Fuente:* <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:PDUs>

Figura IV.30 Formato de los datos en el modelo OSI

### 4.3. DESCRIPCIÓN GENERAL DE ETHERNET

Ethernet es un estándar de redes de área local para computadores con acceso al medio por contienda CSMA/CD (Acceso Múltiple por Detección de Portadora con Detección de Colisiones).

Ethernet define las características de cableado y señalización de nivel físico y los formatos de tramas de datos del nivel de enlace de datos del modelo OSI.

La Ethernet se tomó como base para la redacción del estándar internacional IEEE 802.3. Usualmente se toman Ethernet e IEEE 802.3 como sinónimos.

Para tener una visión global de éste estándar, es importante acotar que la mayor parte del tráfico en Internet se origina y termina en conexiones de Ethernet.

Desde su comienzo en la década de 1970, Ethernet ha evolucionado para satisfacer la creciente demanda de LAN de alta velocidad.

En el momento en que aparece un nuevo medio, como la fibra óptica, Ethernet se adapta para sacar ventaja de un ancho de banda superior y de un menor índice de errores que la fibra ofrece.

Ahora, el mismo protocolo que transportaba datos a 3 Mbps en 1973 transporta datos a 10 Gbps.

El éxito de Ethernet se debe a los siguientes factores:

- ✓ Sencillez y facilidad de mantenimiento
- ✓ Capacidad para incorporar nuevas tecnologías
- ✓ Confiabilidad
- ✓ Bajo costo de instalación y de actualización

Con la llegada de Gigabit Ethernet, lo que comenzó como una tecnología LAN ahora se extiende a distancias que hacen de Ethernet un estándar de red de área metropolitana (MAN) y red de área amplia (WAN).

La idea original de Ethernet nació del problema de permitir que dos o más host utilizaran el mismo medio y evitar que las señales interfirieran entre sí.

Se desarrolló un sistema llamado Alohanet para permitir que varias estaciones de las Islas de Hawai tuvieran acceso estructurado a la banda de radiofrecuencia compartida en la atmósfera.

Más tarde, este trabajo sentó las bases para el método de acceso a Ethernet conocido como CSMA/CD.

### 4.3.1. Estándares IEEE

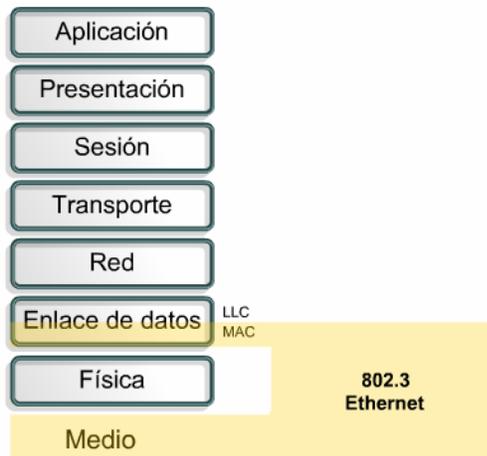
Estándar IEEE	Título y comentarios
802	Estándares para redes de área local y metropolitana
802.1	Puenteo y administración de LAN y MAN (incluyendo el protocolo Spanning Tree)
802.2	Control de enlace lógico
802.3	Método de acceso múltiple con detección de portadora y detección de colisiones (CSMA/CD)
802.3u	Fast Ethernet
802.3z	Gigabit Ethernet
802.4	Método de acceso de bus con transmisión de tokens
802.5	Método de acceso Token Ring
802.6	Método de acceso de bus dual de cola distribuida (DQDB, para las WAN)
802.7	Redes de área local de banda amplia

*Fuente:* [www.javvin.com/protocolEthernet.html](http://www.javvin.com/protocolEthernet.html)

Tabla IV.II Evolución del estándar para Ethernet según IEEE

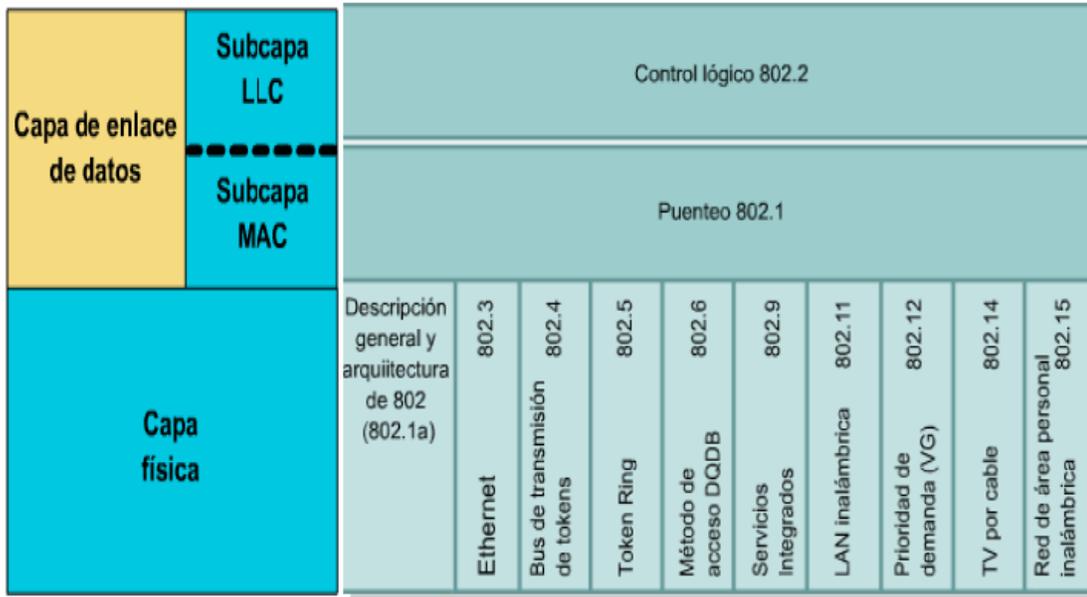
### 4.3.2. Ethernet y el Modelo OSI

Ethernet opera en dos áreas del modelo OSI, la mitad inferior de la capa de enlace de datos, conocida como subcapa MAC y la capa física.



*Fuente:* <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:PDUs>

Figura IV.31 Ethernet y el Modelo OSI



**Fuente:** <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:PDUs>

Figura IV.32 Detalle de Ethernet en el Modelo OSI

- ✓ Ethernet en la Capa 1 incluye las interfaces con los medios, señales, corrientes de bits que se transportan en los medios, componentes que transmiten la señal a los medios y las distintas topologías.
- ✓ La Capa 1 de Ethernet tiene un papel clave en la comunicación que se produce entre los dispositivos, pero cada una de estas funciones tiene limitaciones.
- ✓ La Capa 2 se ocupa de estas limitaciones.

#### 4.3.3. Estructura MAC

- ✓ Ethernet utiliza direcciones MAC que tienen 48 bits de largo y se expresan como doce dígitos hexadecimales.
- ✓ Los primeros seis dígitos hexadecimales, que IEEE administra, identifican al fabricante o al vendedor.

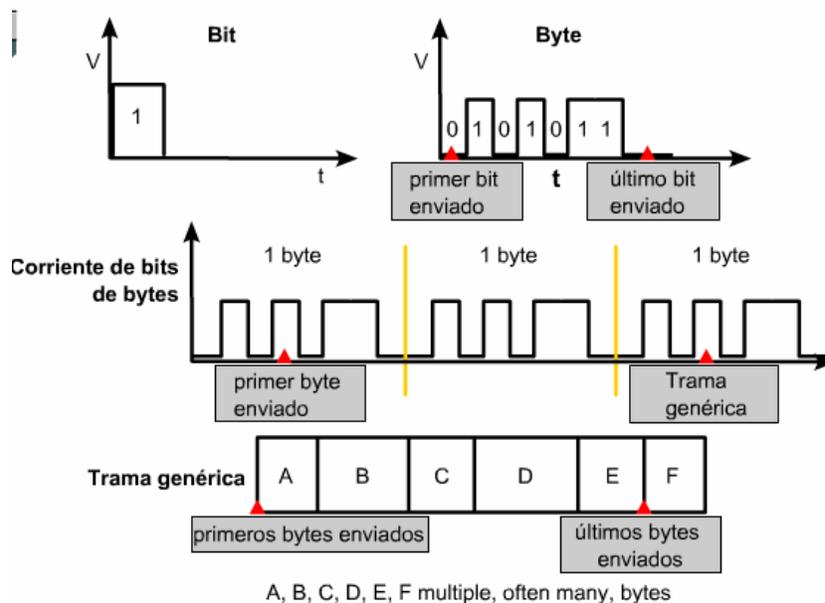
- ✓ Esta porción de la dirección de MAC se conoce como Identificador Exclusivo Organizacional (OUI).
- ✓ Los seis dígitos hexadecimales restantes representan el número de serie de la interfaz u otro valor administrado por el proveedor mismo del equipo.
- ✓ Las direcciones MAC a veces se denominan direcciones grabadas (BIA) ya que estas direcciones se graban en la memoria de sólo lectura (ROM) y se copian en la memoria de acceso aleatorio (RAM) cuando se inicializa la NIC.

# 00-40-F4-C3-ED-6C

*Fuente:* [http://commons.wikimedia.org/wiki/direcciones\\_MAC](http://commons.wikimedia.org/wiki/direcciones_MAC)

Figura IV.33 Ejemplo de una dirección MAC

#### 4.3.4. Tramas Ethernet



*Fuente:* [http://commons.wikimedia.org/wiki/direcciones\\_MAC](http://commons.wikimedia.org/wiki/direcciones_MAC)

Figura IV.34 Formato de tramas Ethernet con voltajes

Se podría utilizar un gráfico de voltaje en función de tiempo para visualizar los bits. Sin embargo, cuando se trabaja con grandes unidades de datos e información de control y direccionamiento, los gráficos de voltaje en función de tiempo pueden volverse excesivamente grandes y confusos.

Otro tipo de diagrama que se puede utilizar es el diagrama de formato de trama, que se basa en los gráficos de voltaje en función de tiempo.

Estos diagramas se leen de izquierda a derecha, como un gráfico de osciloscopio. Los diagramas de formato de trama muestran distintas agrupaciones de bits (campos), que ejecutan otras funciones.

En una trama genérica Ethernet, los nombres de los campos son los siguientes:

- ✓ Campo de inicio de trama
- ✓ Campo de dirección
- ✓ Campos de longitud/tipo
- ✓ Campo de datos
- ✓ Campo de secuencia de verificación de trama

Nombres de campos				
A	B	C	D	E
Campo de inicio de trama	Campo de dirección	Campo de tipo/longitud	Campo de datos	Campo FCS

**Fuente:** [http://commons.wikimedia.org/trama\\_Ethernet](http://commons.wikimedia.org/trama_Ethernet)

Figura IV.35 Trama genérica Ethernet

#### 4.3.5. Espacio entre tramas

El espacio mínimo entre dos tramas que no han sufrido una colisión recibe el nombre de espacio entre tramas.

Se mide desde el último bit del campo de la FCS de la primera trama hasta el primer bit del preámbulo de la segunda trama.

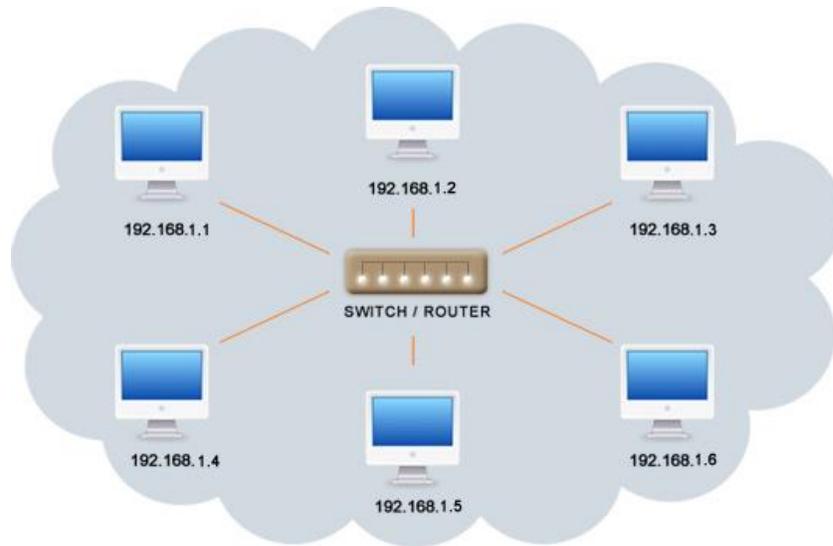
Velocidad	Espacio entre las tramas	Tiempo requerido
10 Mbps	96 tiempos de bit	9.6 $\mu$ s
100 Mbps	96 tiempos de bit	0.96 $\mu$ s
1 Gbps	96 tiempos de bit	0.096 $\mu$ s
10 Gbps	96 tiempos de bit	0.0096 $\mu$ s

*Fuente:* [http://commons.wikimedia.org/wiki/tramas\\_Ethernet](http://commons.wikimedia.org/wiki/tramas_Ethernet)

Figura IV.36 Espacio entre tramas Ethernet

#### 4.4. REDES DE ÁREA LOCAL

Una red de área local, red local o LAN (del inglés local area network) es la interconexión de una o varias computadoras y periféricos. Antiguamente su extensión estaba limitada físicamente a un edificio o a un entorno de 200 metros, que con repetidores podía llegar a la distancia de un campo de 1 kilómetro, sin embargo, hoy en día y gracias a la mejora de la potencia de redes inalámbricas y el aumento de la privatización de satélites, es común observar complejos de edificios separados a más distancia que mantienen una red de área local estable. Su aplicación más extendida es la interconexión de computadoras personales y estaciones de trabajo en oficinas, fábricas, y también en el sector industrial.



*Fuente:* [http://www.webopedia.com/TERM/L/local\\_area\\_network\\_LAN.html](http://www.webopedia.com/TERM/L/local_area_network_LAN.html)

Figura IV.37 Ejemplo de una red de área local

#### 4.4.1. Características importantes

- ✓ Tecnología broadcast (difusión) con el medio de transmisión compartido.
- ✓ Capacidad de transmisión comprendida entre 1 Mbps y 1 Gbps.
- ✓ Uso de un medio de comunicación privado.
- ✓ La simplicidad del medio de transmisión que utiliza (cable coaxial, cables telefónicos, fibra óptica y Wi-Fi)
- ✓ La facilidad con que se pueden efectuar cambios en el hardware y el software.
- ✓ Gran variedad y número de dispositivos conectados.
- ✓ Posibilidad de conexión con otras redes.
- ✓ Limitante de 100 m, puede llegar a más si se usan repetidores.
- ✓ Actualmente la repetición orbital abarca todo el planeta.

#### 4.4.2. Componentes

- ✓ **Servidor.**- El servidor es aquel o aquellas computadoras que van a compartir sus recursos hardware y software con los demás equipos de la red. Sus características son potencia de cálculo, importancia de la información que almacena y conexión con recursos que se desean compartir.
- ✓ **Estación de trabajo.**- Las computadoras que toman el papel de estaciones de trabajo aprovechan o tienen a su disposición los recursos que ofrece la red así como los servicios que proporcionan los Servidores a los cuales pueden acceder.
- ✓ **Gateways o pasarelas.**- Es un hardware y software que permite las comunicaciones entre la red local y grandes computadoras (mainframes). El gateway adapta los protocolos de comunicación del mainframe (X25, SNA, etc.) a los de la red, y viceversa.
- ✓ **Bridges o puentes.**- Es un hardware y software que permite que se conecten dos redes locales entre sí. Un puente interno es el que se instala en un servidor de la red, y un puente externo es el que se hace sobre una estación de trabajo de la misma red. Los puentes también pueden ser locales o remotos. Los puentes locales son los que conectan a redes de un mismo edificio, usando tanto conexiones internas como externas. Los puentes remotos conectan redes distintas entre sí, llevando a cabo la conexión a través de redes públicas, como la red telefónica, RDSI o red de conmutación de paquetes.
- ✓ **Tarjeta de red.**- También se denominan NIC (Network Interface Card). Básicamente realiza la función de intermediario entre la computadora y la red

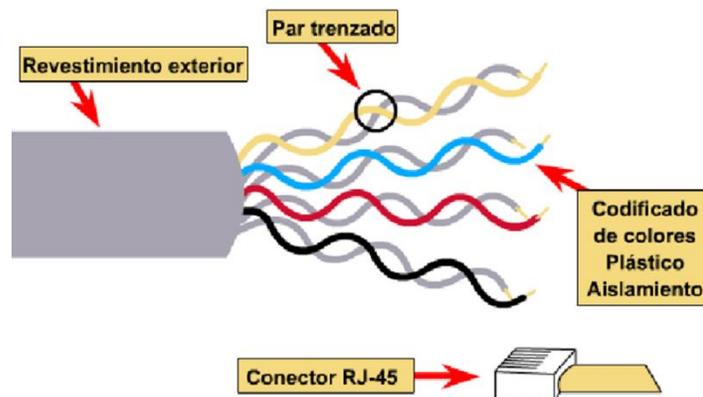
de comunicación. En ella se encuentran grabados los protocolos de comunicación de la red.

La comunicación con la computadora se realiza normalmente a través de las ranuras de expansión que éste dispone, ya sea ISA, PCI o PCMCIA. Aunque algunos equipos disponen de este adaptador integrado directamente en la placa base.

✓ **El medio.**- Constituido por el cableado y los conectores que enlazan los componentes de la red. Los medios físicos más utilizados son:

- ✓ Cable de par trenzado
- ✓ Par de cable
- ✓ Cable coaxial
- ✓ Fibra óptica

Para el presente estudio se ha tomado como medio físico el cable de par trenzado, el cual consta de los siguientes elementos:



**Fuente:** [http:// es.wikipedia.org/wiki/Cable\\_de\\_par\\_trenzado](http://es.wikipedia.org/wiki/Cable_de_par_trenzado)

Figura IV.38 Cable de par trenzado

#### 4.4.3. Estándares de conexión para los cables de par trenzado

RJ-45 es una interfaz física comúnmente usada para conectar redes de cableado estructurado. Posee ocho pines o conexiones eléctricas, que normalmente se usan como extremos de cables de par trenzado.

Es utilizada comúnmente con estándares como TIA/EIA-568-B, que define la disposición de los pines o wiring pinout. Una aplicación común es su uso en cables de red Ethernet, donde suelen usarse 8 pines (4 pares).



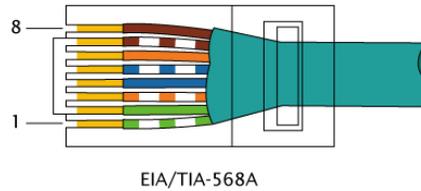
*Fuente:* [http://es.wikipedia.org/wiki/Cable\\_de\\_par\\_trenzado](http://es.wikipedia.org/wiki/Cable_de_par_trenzado)

Figura IV.39 Conector RJ-45

El cable directo de red sirve para conectar dispositivos desiguales, como un computador con un hub o switch. En este caso ambos extremos del cable deben tener la misma distribución. No existe diferencia alguna en la conectividad entre la distribución 568B y la distribución 568A siempre y cuando en ambos extremos se use la misma, en caso contrario hablamos de un cable cruzado.

El esquema más utilizado en la práctica es tener en ambos extremos la distribución 568B.

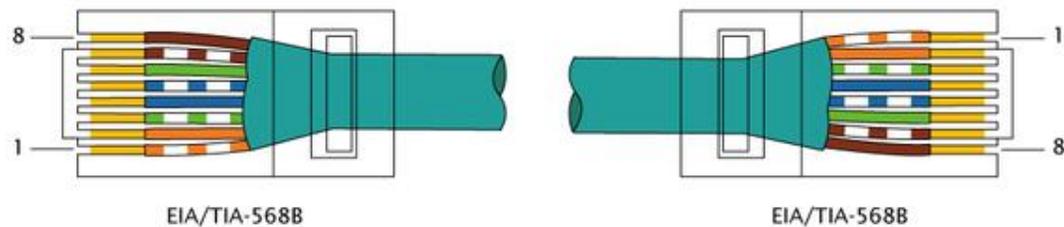
✓ Cable directo 568A



**Fuente:** [http://es.wikipedia.org/wiki/Cable\\_de\\_par\\_trenzado](http://es.wikipedia.org/wiki/Cable_de_par_trenzado)

Figura IV.40 Norma 568A

✓ Cable directo 568B



**Fuente:** [http://es.wikipedia.org/wiki/Cable\\_de\\_par\\_trenzado](http://es.wikipedia.org/wiki/Cable_de_par_trenzado)

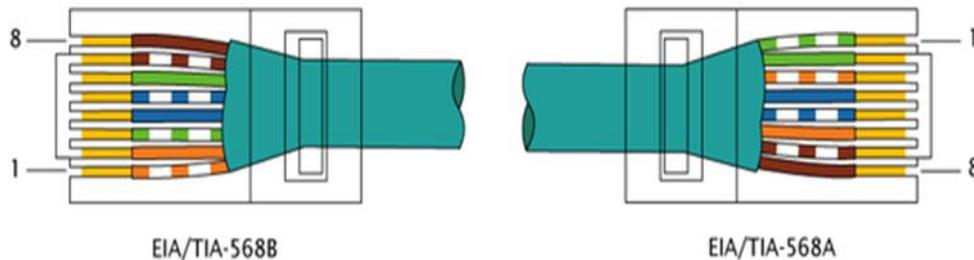
Figura IV.41 Norma 568B

✓ Cableado cruzado

Un cable cruzado es un cable que interconecta todas las señales de salida en un conector con las señales de entrada en el otro conector, y viceversa; permitiendo a dos dispositivos electrónicos conectarse entre sí con una comunicación full duplex. El término se refiere - comúnmente - al cable cruzado de Ethernet, pero otros cables pueden seguir el mismo principio. También permite transmisión confiable vía una conexión Ethernet.

Para crear un cable cruzado que funcione en 10/100baseT, un extremo del cable debe tener la distribución 568A y el otro 568B. Para crear un cable cruzado que funcione en 10/100/1000baseT, un extremo del cable debe tener

la distribución Gigabit Ethernet (variante A), igual que la 568B, y el otro Gigabit Ethernet (variante B1). Esto se realiza para que el TX (transmisión) de un equipo esté conectado con el RX (recepción) del otro y a la inversa; así el que "habla" (transmisión) es "escuchado" (recepción).



**Fuente:** [http://es.wikipedia.org/wiki/Cable\\_de\\_par\\_trenzado](http://es.wikipedia.org/wiki/Cable_de_par_trenzado)

Figura IV.42 Cable cruzado

Para que todos los cables funcionen en cualquier red, se sigue un estándar a la hora de hacer las conexiones. Los dos extremos del cable (UTP CATEGORIA 4 o 5) llevarán un conector RJ45 con los colores en el orden indicado en la figura. Existen dos maneras de unir el cable de red con su respectivo terminal RJ45, el crimpado o pochado se puede hacer de manera manual (crimpadora de tenaza) o al vacío sin aire mediante inyectado de manera industrial. La Categoría 5e / TIA-568B recomienda siempre utilizar latiguillo inyectado para tener valores ATT y NEXT fiables. Para usar con un HUB o SWITCH hay dos normas, la más usada es la B, en los dos casos los dos lados del cable son iguales:

✓ **Norma A**

- ✓ Blanco/verde
- ✓ Verde
- ✓ Blanco/Naranja

- ✓ Azul
- ✓ Blanco/Azul
- ✓ Naranja
- ✓ Blanco/Marrón
- ✓ Marrón
- ✓ **Norma B**
  - ✓ Blanco/Naranja
  - ✓ Naranja
  - ✓ Blanco/Verde
  - ✓ Azul
  - ✓ Blanco/Azul
  - ✓ Verde
  - ✓ Blanco/Marrón
  - ✓ Marrón

#### **4.4.4. Direcciones IP**

Una dirección IP es una etiqueta numérica que identifica, de manera lógica y jerárquica, a un interfaz de un dispositivo (habitualmente una computadora) dentro de una red que utilice el protocolo IP (Internet Protocol), que corresponde al nivel de red del Modelo OSI. Dicho número no se ha de confundir con la dirección MAC, que es un identificador de 48bits para identificar de forma única la tarjeta de red y no depende del protocolo de conexión utilizado ni de la red. La dirección IP puede cambiar muy a menudo por cambios en la red o porque el dispositivo encargado

dentro de la red de asignar las direcciones IP decida asignar otra IP (por ejemplo, con el protocolo DHCP). A esta forma de asignación de dirección IP se denomina también se ocupa para encontrar domicilios y toda la información necesaria dirección IP dinámica.

#### **4.4.4.1. Direcciones IPv4**

Las direcciones IPv4 se expresan por un número binario de 32 bits, permitiendo un espacio de direcciones de hasta 4.294.967.296 (2<sup>32</sup>) direcciones posibles. Las direcciones IP se pueden expresar como números de notación decimal: se dividen los 32 bits de la dirección en cuatro octetos.

El valor decimal de cada octeto está comprendido en el rango de 0 a 255.

El número binario de 8 bits más alto es 11111111 y esos bits, de derecha a izquierda, tienen valores decimales de 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64 y 128, lo que suma 255.

En la expresión de direcciones IPv4 en decimal se separa cada octeto por un carácter único ".".

Cada uno de estos octetos puede estar comprendido entre 0 y 255, salvo algunas excepciones. Los ceros iniciales, si los hubiera, se pueden obviar.

Ejemplo de representación de dirección IPv4: 10.128.001.255 o 10.128.1.255

En las primeras etapas del desarrollo del Protocolo de Internet,<sup>1</sup> los administradores de Internet interpretaban las direcciones IP en dos partes, los primeros 8 bits para

designar la dirección de red y el resto para individualizar la computadora dentro de la red.

En esta arquitectura hay tres clases de direcciones IP; clase A, clase B y clase C.

- ✓ En una red de clase A, se asigna el primer octeto para identificar la red, reservando los tres últimos octetos (24 bits) para que sean asignados a los hosts, de modo que la cantidad máxima de hosts es  $2^{24} - 2$  (se excluyen la dirección reservada para broadcast (últimos octetos en 255) y de red (últimos octetos en 0)), es decir, 16.777.214 hosts.
- ✓ En una red de clase B, se asignan los dos primeros octetos para identificar la red, reservando los dos octetos finales (16 bits) para que sean asignados a los hosts, de modo que la cantidad máxima de hosts es  $2^{16} - 2$ , o 65.534 hosts.
- ✓ En una red de clase C, se asignan los tres primeros octetos para identificar la red, reservando el octeto final (8 bits) para que sea asignado a los hosts, de modo que la cantidad máxima de hosts es  $2^8 - 2$ , ó 254 hosts.

La máscara de red permite distinguir los bits que identifican la red y los que identifican el host de una dirección IP.

Dada la dirección de clase A 10.2.1.2 sabemos que pertenece a la red 10.0.0.0 y el host al que se refiere es el 2.1.2 dentro de la misma. La máscara se forma poniendo a 1 los bits que identifican la red y a 0 los bits que identifican el host. De esta forma

una dirección de clase A tendrá como máscara 255.0.0.0, una de clase B 255.255.0.0 y una de clase C 255.255.255.0.

Los dispositivos de red realizan un AND entre la dirección IP y la máscara para obtener la dirección de red a la que pertenece el host identificado por la dirección IP dada. Por ejemplo un router necesita saber cuál es la red a la que pertenece la dirección IP del datagrama destino para poder consultar la tabla de encaminamiento y poder enviar el datagrama por la interfaz de salida. Para esto se necesita tener cables directos.

La máscara también puede ser representada de la siguiente forma 10.2.1.2/8 donde el /8 indica que los 8 bits más significativos de máscara están destinados a redes, es decir /8 = 255.0.0.0. Análogamente (/16 = 255.255.0.0) y (/24 = 255.255.255.0).

Clase	Rango	Nº de Redes	Nº de Host Por Red	Máscara de Red	Broadcast ID
A	1.0.0.0 - 127.255.255.255	126	16.777.214	255.0.0.0	x.255.255.255
B	128.0.0.0 - 191.255.255.255	16.384	65.534	255.255.0.0	x.x.255.255
C	192.0.0.0 - 223.255.255.255	2.097.152	254	255.255.255.0	x.x.x.255
(D)	224.0.0.0 - 239.255.255.255	histórico			
(E)	240.0.0.0 - 255.255.255.255	histórico			

**Fuente:** <http://www.monografias.com> › Computacion › Redes

Tabla IV.III Tipos de direcciones IPv4 con su máscara de red

#### 4.5. ETHERNET INDUSTRIAL

Ethernet Industrial es una red que cumple con los estándares internacionales (IEEE 802.3) válida para todos los campos en la automatización de la producción.

#### **4.5.1. Características de Ethernet Industrial**

- ✓ Procedimiento de acceso CSMA/CD según IEEE 802.3 (Ethernet).
- ✓ Velocidad de transmisión 10/100/1000 Mbit/s.
- ✓ Gran número de participantes.
- ✓ Desde hace más de 10 años es el estándar para redes de célula en el mundo.
- ✓ Diferentes medios de transmisión (eléctrico, óptico, inalámbrico).
- ✓ Componentes para estructurar y segmentar la red (repetidores/concentradores de estrella activos, puentes/switch, router).

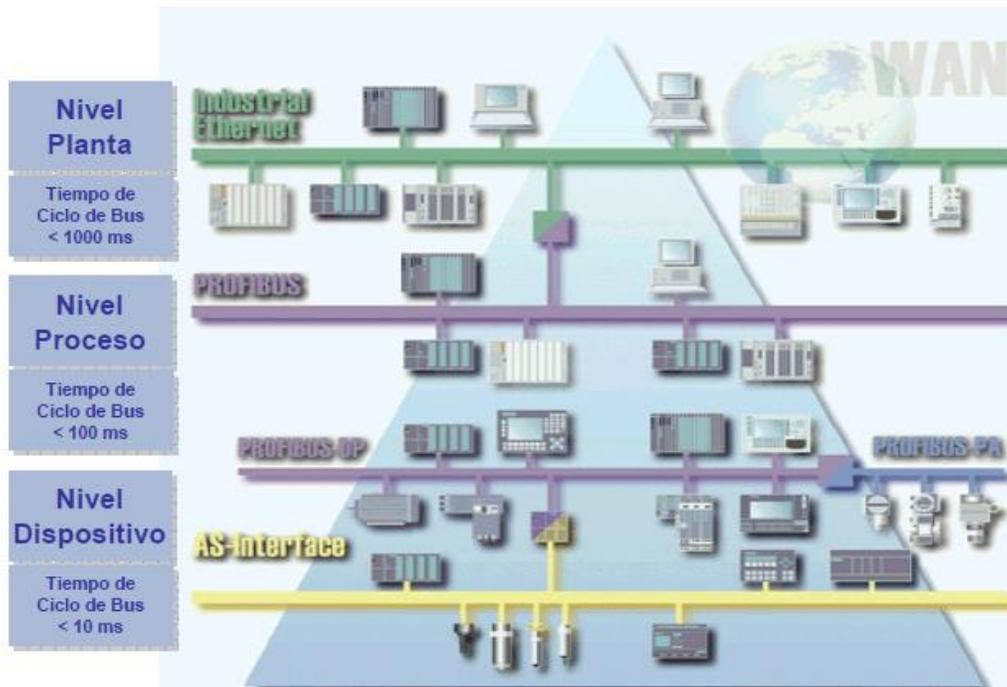
#### **4.5.2. Ventajas de Ethernet Industrial**

- ✓ Red de fábrica de gran potencia para el nivel de célula
- ✓ Altas prestaciones aún en el caso de existir muchos participantes y grandes distancias
- ✓ Amplia superficie de cobertura y alcanza grandes distancias mediante la combinación de las técnicas eléctrica y óptica
- ✓ Transferencia de datos segura
- ✓ Aún en el caso de la existencia de perturbaciones electromagnéticas mediante componentes idóneos para la industria
- ✓ Ahorro de costes
- ✓ Mediante una disminución de los costes de montaje y cableado
- ✓ Líder universal dentro de las redes industriales
- ✓ Ethernet Industrial ha mostrado su eficacia en miles de instalaciones
- ✓ Coexistencia entre protocolos/aplicaciones sobre Ethernet TCP/IP...

#### **4.5.3. Dónde se emplea Ethernet Industrial**

- ✓ *Grandes cantidades de datos.*- Intercambio de grandes cantidades de datos (en el entorno de Megabytes).
- ✓ *Grandes distancias.*- Posibilidad de grandes distancias entre dispositivos.
- ✓ *Múltiples tipos de dispositivos.*- Comunicación entre aparatos de ingeniería, ordenadores y dispositivos de control.
- ✓ *Múltiples tipos de comunicaciones.*- Permite una interconexión entre la oficina técnica y el mundo de la automatización.

#### 4.5.4. Localización de Ethernet Industrial



**Fuente:** [http://www.cisco.com/web/strategy/.../industrial\\_ethernet.pdf](http://www.cisco.com/web/strategy/.../industrial_ethernet.pdf)

Figura IV.43 Localización de Ethernet Industrial

#### 4.5.5. Problemas de implementar Ethernet en la industria

##### 4.5.5.1. Indeterminismo y solución a este inconveniente

Existe determinismo cuando un sistema se desarrolla estrictamente según el tiempo.

Trasladado a la técnica de la comunicación, esto significa que se puede determinar con exactitud el momento en el que un valor pasa de un dispositivo a otro.

El principal problema de Ethernet con capacidad de funcionamiento a tiempo real son las colisiones de telegramas.

Estas aparecen cuando 2 dispositivos quieren enviar al mismo tiempo. Los controladores de Ethernet detectan una colisión e interrumpen su transmisión. Siguiendo un protocolo con una parte aleatoria (CSMA/CD) intentan repetir el envío. Por ello, en el Ethernet estándar no es posible el determinismo.

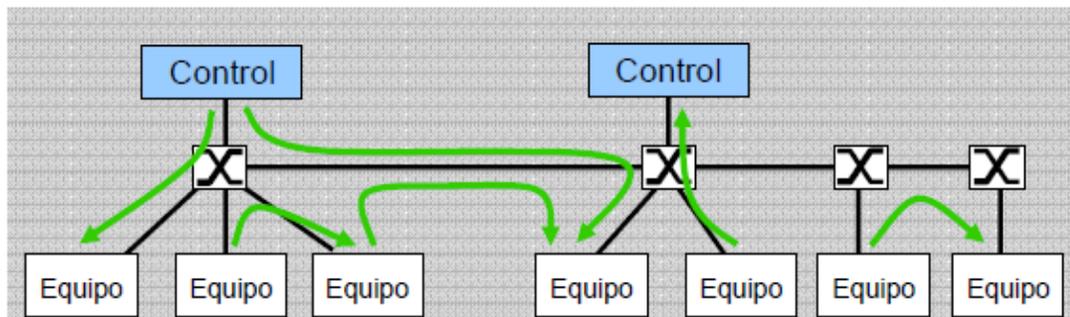
Esta característica se deriva de la naturaleza estocástica de su mecanismo de recuperar colisiones mediante el algoritmo BEB, (Binary Exponential Backoff). Presenta un comportamiento inadecuado para aplicaciones de control sometidas a tráfico moderado y pesado. Cuando la carga de la red aumenta sobre el 50 % se produce lo que se llama el efecto "trashing".

Es decir, a medida que aumenta la carga el rendimiento de la red disminuye (throughput), y los retrasos máximos inducidos aumentan de forma aleatoria según aumenta la carga. Como consecuencia de este efecto se presentan tasas elevadas de pérdidas de paquetes, inclusive llegando al extremo que el sistema puede fallar completamente. Un paso importante para lograr el comportamiento determinista de

las redes Ethernet es eliminar el tiempo aleatorio introducido por CSMA/CD en el arbitraje del bus.

Estos efectos que degradan la red pueden ser evitados al usar tecnología de switches de última generación (IGMP Snooping, 802.1 P, 802.1Q y transmisión full dúplex). Al usar redes conmutadas, el switch microsegmenta la red dividiendo el dominio de colisión en simples enlaces punto a punto entre los componentes de la red y las estaciones, cada nodo ve un dominio privado.

Por otro lado, si dos dispositivos deciden transmitir al mismo tiempo, será el switch quien almacena temporalmente uno de los paquetes para retransmitirlo después, evitando así la colisión.



**Fuente:** <http://commons.wikimedia.org/wiki/switching>

Figura IV.44 Switching. Solución al indeterminismo de Ethernet

De esta manera, las colisiones se eliminan y el algoritmo “backoff” ya no es necesario. Por lo tanto, en una red conectada enteramente mediante mecanismos de almacenamiento y retrasmisión los retardos medidos se minimizan, haciéndose casi independientes de la cantidad de tráfico manejado por la red y reduciéndose drásticamente el caso de cargas elevadas.

Entonces, la red deja de ser inestable ya que no se va a descartar ningún paquete en el nivel de red.

#### **4.5.6. Topologías utilizadas**

La topología de una red es la forma en que se conectan los nodos de una red para compartir información y recursos a través de un medio de transmisión. La topología de una red está orientada a las necesidades del equipo a ser conectado. Las topologías de una red la podemos clasificar en dos grandes grupos: topologías lógicas y físicas.

Una *topología lógica*, define como los elementos en una red están comunicados unos con otros y como la información es transmitida a través de la red. Por ejemplo: en una topología en broadcast, la información es distribuida hacia todos los nodos de la red en el tiempo que tarda la señal en cubrir la longitud entera del cable; en una topología en anillo, el mensaje es transmitido secuencialmente de nodo en nodo, en un orden predefinido como en un sistema punto a punto.

Una *topología física*, define el diseño del cableado para una red, especifica como los elementos de una red son conectados eléctricamente unos con otros sin especificar el tipo de dispositivo, los métodos de conectividad o las direcciones de dicha red.

Se clasifica principalmente en tres tipos: anillo, estrella y bus.

##### **4.5.6.1. Topología tipo bus**

Cuando se habla de una topología bus se debe tener claro si refiere a una topología física o lógica. Como una topología física, un bus se describe como una red en la cual cada nodo es conectado a un canal de comunicación simple (bus ó backbone).

Una arquitectura en bus es un sistema pasivo, es decir no existe regeneración de la señal. Los paquetes son enviados por broadcast a lo largo del bus y cada nodo obtiene el mensaje al mismo tiempo.

Estos paquetes son analizados por cada nodo para verificar su dirección de destino y comprobar si el paquete está previsto para el nodo específico.

Cuando la señal alcanza el final del bus, un terminador eléctrico absorbe la energía del paquete, imposibilitando la reflexión del paquete hacia el bus y con esto dejando libre el canal para que otro paquete sea enviado.

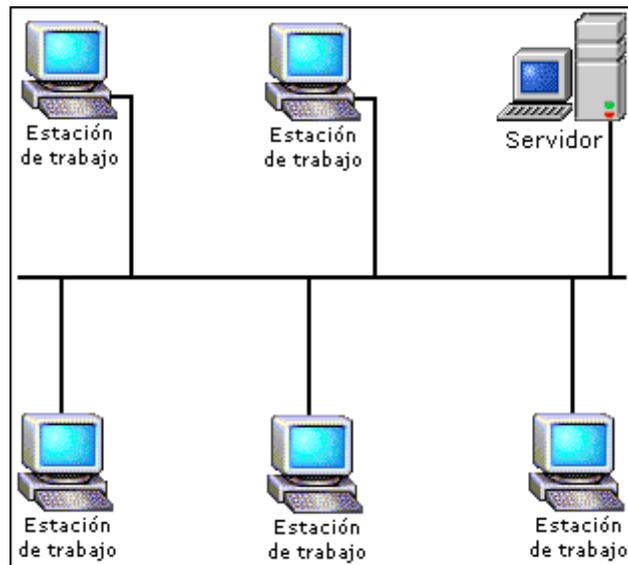
✓ ***Ventajas de la topología bus***

- ✓ Los buses son medios de transmisión pasivos, una falla de energización en un dispositivo afecta solo a ese dispositivos y los otros siguen funcionando.
- ✓ En comparación con otras topologías un bus utiliza menor cableado.
- ✓ Presenta una arquitectura simple y flexible.

✓ ***Desventajas de la topología bus***

- ✓ La tasa de transmisión se ha limitado a 10 Mbps y la disponibilidad del ancho de banda se ha reducido en un 30 % ó 40 % debido a las colisiones.

- ✓ No se permite transmisiones full-dúplex en el medio.
- ✓ El diagnóstico y solución de problemas se dificulta ya que la falla puede estar en cualquier parte del bus.
- ✓ No es un sistema seguro de transmisión debido a que no hay un reconocimiento automático de mensajes y estos son “vistos” por todos los nodos de la red.



**Fuente:** [http://commons.wikimedia.org/wiki/topologia\\_BUS](http://commons.wikimedia.org/wiki/topologia_BUS)

Figura III.45 Topología tipo Bus

#### 4.5.6.2. Topología tipo estrella

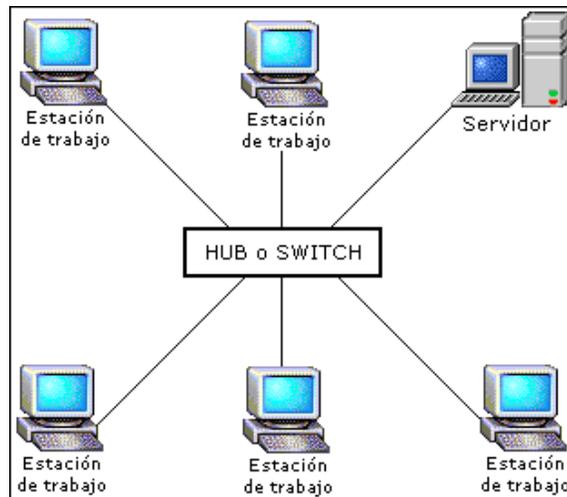
Una topología estrella es una topología física en la que múltiples nodos son conectados a través de un distribuidor central como un switch o un hub. La topología en estrella es aplicada en áreas donde la densidad de dispositivos es alta y la distancia entre los mismos no es muy grande, un ejemplo típico de esto son las celdas de producción.

✓ **Ventajas de una topología estrella**

- ✓ Fácil detección y aislamiento de fallas.
- ✓ Administración, evaluación y diagnóstico simple ya que presenta un único punto de falla crítico.
- ✓ Poco retraso en la transmisión ya que no permite una concatenación en cascada profunda.

✓ **Desventajas de una topología estrella**

- ✓ Si el elemento central (switch, hub) falla la red se cae.
- ✓ Requiere una ingente cantidad de cableado.



**Fuente:** [http://commons.wikimedia.org/wiki/topologia\\_estrella](http://commons.wikimedia.org/wiki/topologia_estrella)

Figura III.46 Topología tipo Estrella

### 4.5.6.3. Topología tipo árbol

La topología en árbol está conformada por conexiones en serie jerárquicas de topologías estrella combinadas en una sola red.

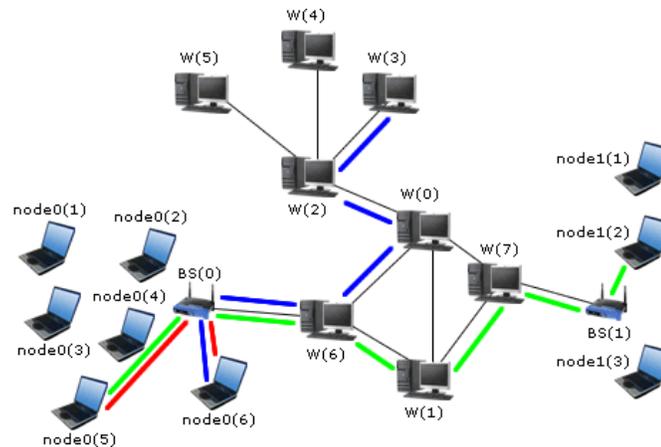
Este tipo de conexión es usada cuando una compleja instalación es dividida en regiones; en la práctica, esto suele consistir en la combinación de una serie de cables de fibra óptica y par trenzado, dependiendo de la demanda de los enlaces de transmisión.

✓ **Ventajas de una topología árbol**

- ✓ Transmisión escalable del ancho de banda. Las rutas de transmisión pueden ser dimensionadas como sean requeridas.
- ✓ Costos bajos de conexión por puerto cuando se usa un switch central con una alta densidad de dispositivos por puerto.
- ✓ Presenta una topología flexible ya que es fácil aumentar y remover nodos.

✓ **Desventajas de una topología árbol**

- ✓ Presenta retrasos cuando en la transmisión se usa implementaciones en cascada profunda.
- ✓ Se reduce la disponibilidad de la red cuando los puntos en estrella central fallan.
- ✓ Se dificulta la implementación de sistemas redundantes ya que esto implica doblar esfuerzos y recursos.
- ✓ Por lo general los nodos requieren enlaces de par trenzado, limitando la longitud del enlace a 100m sin la posterior inclusión de un dispositivo activo.



**Fuente:** [http:// http://abelperaza.tripod.com/arbol.htm](http://abelperaza.tripod.com/arbol.htm)

Figura III.47 Topología tipo Árbol

#### 4.5.6.4. Topología tipo anillo

La topología en anillo es una estructura lógica y física.

Como una topología lógica, se caracteriza por el hecho que los paquetes de mensajes son transmitidos secuencialmente de nodo a nodo en un orden predefinido, como pasa en un sistema punto a punto.

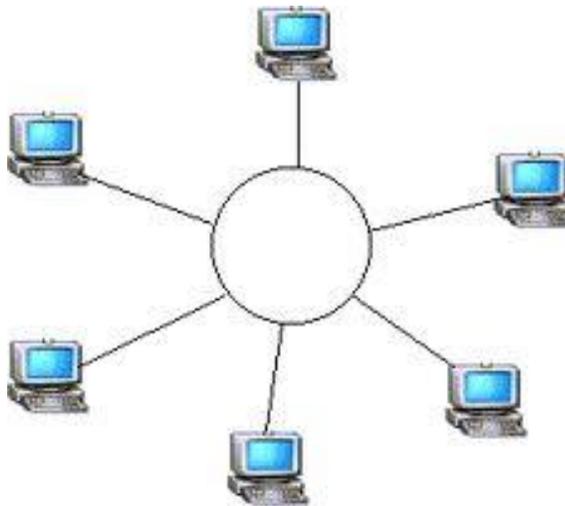
En este tipo de topología, cada nodo actúa como un repetidor.

Cada nodo chequea si la dirección de destino del paquete coincide con la suya y en caso de serlo envía un acuse de recibo al nodo que envió el paquete. Como una topología física, un anillo describe una red en la cual cada nodo es conectado exactamente a otros dos nodos.

##### ✓ **Ventajas de una topología en anillo**

- ✓ Cada nodo es capaz de regenerar la señal.
- ✓ Reduce los requerimientos de cableado y por lo tanto costos.

- ✓ No precisa de cableado central o elementos centrales de red, permitiendo a unidades y subprocesos proporcionar su propia red.
- ✓ Permite establecer una comunicación redundante al formar un anillo doble.
- ✓ **Desventajas de una topología en anillo**
  - ✓ Si un nodo falla, toda la red se cae.
  - ✓ El diagnóstico de problemas es difícil ya que se dificulta el aislamiento de fallas al ser la comunicación en un solo sentido.
  - ✓ Los retrasos de los componentes activos de la red en cascada son acumulativos, lo que podría afectar el rendimiento de la red. En especial esto repercute en el desempeño de los componentes de planta, que necesitan respuestas en tiempo real.



**Fuente:** [http:// http://olyrengifo.ve.tripod.com/mipagina/id9.html](http://http://olyrengifo.ve.tripod.com/mipagina/id9.html)

Figura III.48 Topología tipo Anillo

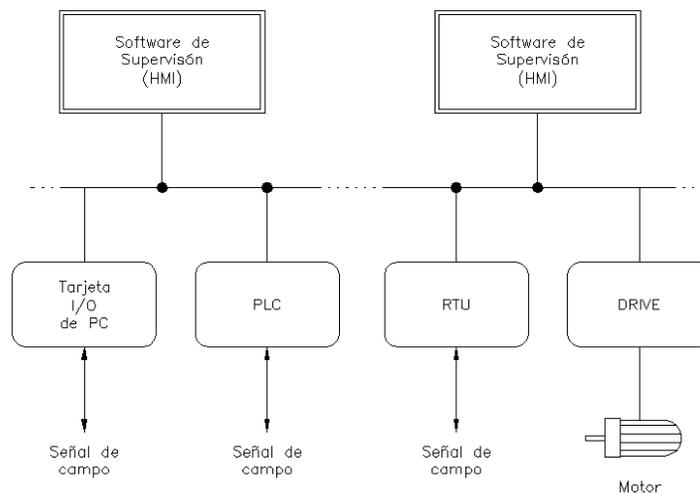
#### 4.6. INTERFAZ HOMBRE-MÁQUINA

La sigla HMI es la abreviación en ingles de Interfaz Hombre Maquina. Los sistemas HMI podemos pensarlos como una “ventana” de un proceso.

Esta ventana puede estar en dispositivos especiales como paneles de operador o en una computadora.

Los sistemas HMI en computadoras se los conoce también como software HMI o de monitoreo y control de supervisión.

Las señales del procesos son conducidas al HMI por medio de dispositivos como tarjetas de entrada/salida en la computadora, PLC's (Controladores lógicos programables), RTU (Unidades remotas de I/O) o DRIVE's (Variadores de velocidad de motores). Todos estos dispositivos deben tener una comunicación que entienda el HMI.



**Fuente:** <http://es.wikipedia.org/wiki/SCADA>

Figura III.49 Esquema de un HMI

#### **4.6.1. Tipos de HMI**

- ✓ Desarrollos a medida. Se desarrollan en un entorno de programación gráfica como VC++, Visual Basic, Delphi, etc.
- ✓ Paquetes enlatados HMI. Son paquetes de software que contemplan la mayoría de las funciones estándares de los sistemas SCADA. Ejemplos son FIX, WinCC, Wonderware, etc.

#### **4.6.2. Funciones de un HMI**

- ✓ *Monitoreo.*- Es la habilidad de obtener y mostrar datos de la planta en tiempo real. Estos datos se pueden mostrar como números, texto o graficas que permitan una lectura más fácil de interpretar.
- ✓ *Supervisión.*- Esta función permite junto con el monitoreo la posibilidad de ajustar las condiciones de trabajo del proceso directamente desde la computadora.
- ✓ *Alarmas.*- Es la capacidad de reconocer eventos excepcionales dentro del proceso y reportarlo estos eventos. Las alarmas son reportadas basadas en límites de control preestablecidos.
- ✓ *Control.*- Es la capacidad de aplicar algoritmos que ajustan los valores del proceso y así mantener estos valores dentro de ciertos límites. Control va más allá del control de supervisión removiendo la necesidad de la interacción humana. Sin embargo la aplicación de esta función desde un software corriendo en una PC puede quedar limitada por la confiabilidad que quiera obtenerse del sistema.

- ✓ *Históricos.*- Es la capacidad de muestrear y almacenar en archivos, datos del proceso a una determinada frecuencia. Este almacenamiento de datos es una poderosa herramienta para la optimización y corrección de procesos.

#### **4.6.3. Tareas de un Software de Supervisión y Control**

- ✓ Permitir una comunicación con dispositivos de campo.
- ✓ Actualizar una base de datos “dinámica” con las variables del proceso.
- ✓ Visualizar las variables mediante pantallas con objetos animados (mímicos).
- ✓ Permitir que el operador pueda enviar señales al proceso, mediante botones, controles ON/OFF, ajustes continuos con el mouse o teclado.
- ✓ Supervisar niveles de alarma y alertar/actuar en caso de que las variables excedan los límites normales.
- ✓ Almacenar los valores de las variables para análisis estadístico y/o control.
- ✓ Controlar en forma limitada ciertas variables de proceso.

#### **4.6.4. Tipos de Software de Supervisión y Control para PC**

- ✓ Lenguajes de programación visual como Visual C++ o Visual Basic. Se utilizan para desarrollar software HMI a medida del usuario. Una vez generado el software el usuario no tiene posibilidad de re-programarlo.
- ✓ Paquetes de desarrollo que están orientados a tareas HMI. Pueden ser utilizados para desarrollar un HMI a medida del usuario y/o para ejecutar un HMI desarrollado para el usuario. El usuario podrá re-programarlo si tiene la llave (software) como para hacerlo.
- ✓ Ejemplos son FIX Dynamics, Wonderware, PCIM, Factory Link, WinCC

#### **4.6.5. Paquetes especiales para procesos**

- ✓ Incorporan protocolos para comunicarse con los dispositivos de campo más conocidos. Drivers, OPC.
- ✓ Tienen herramientas para crear bases de datos dinámicas.
- ✓ Permiten crear y animar pantallas en forma sencilla.
- ✓ Incluyen gran cantidad de librería de objetos para representar dispositivos de uso en la industria como: motores, tanques, indicadores, interruptores, etc.



**Fuente:** <http://www.buenastareas.com/ensayos/Hmi-Sistema-Scada/1217265.html>

Figura III.50 Ejemplo de un HMI

#### 4.7. OPC

El OPC viene de las siglas en inglés “Ole for Process Control”.

Es un estándar de comunicación en el campo del control y supervisión de procesos industriales, basado en una tecnología Microsoft, que ofrece un interface común para comunicación que permite que componentes de software individual

interaccionen y compartan datos. La comunicación OPC se realiza a través de una arquitectura Cliente-servidor. OPC funciona en la capa 7 del modelo OSI.

El servidor OPC es la fuente de datos (como un dispositivo hardware a nivel de planta) y cualquier aplicación basada en OPC puede acceder a dicho servidor para leer/escribir cualquier variable que ofrezca el servidor. Es una solución abierta y flexible al clásico problema de los drivers propietarios. Prácticamente todos los mayores fabricantes de sistemas de control, instrumentación y de procesos han incluido OPC en sus productos.

OPC es una interfaz de programación de aplicaciones estándar para el intercambio de datos que puede simplificar el desarrollo de Drivers de I/O (Dispositivos de entrada y salida u/o Banco de Datos) y mejorar el rendimiento de los sistemas de interfaz.

Con OPC el usuario decide libremente que componente de hardware es el mejor para una determinada aplicación dado que no habrá discusiones sobre el desarrollo de Drivers. Cada fabricante de Software y Hardware solo tendrá que implementar una interfaz, no siendo necesario ya un Driver para cada sistema hardware producido por fabricantes diferentes.

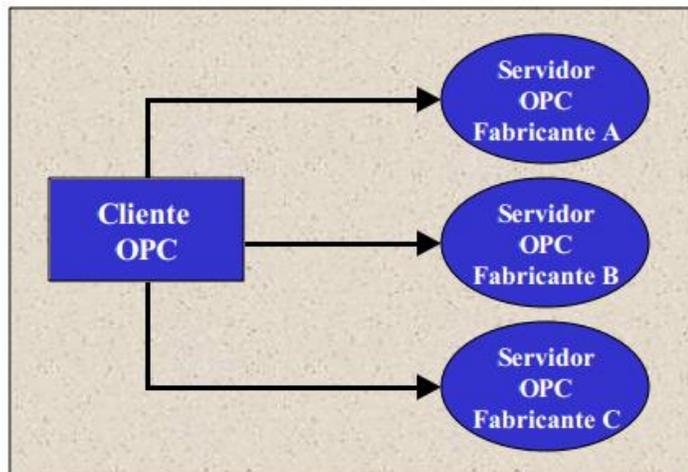
#### **4.7.1. Beneficios de OPC**

OPC se diseñó para permitir aplicaciones donde el cliente acceda a datos Piso-Planta de una manera consistente. Con aceptación por parte de los principales fabricantes, OPC proporcionará beneficios tales como:

- ✓ Los fabricantes de Hardware sólo tienen que desarrollar e integrar componentes al software para que los clientes (o usuarios, entiéndase por quien realiza la aplicación) los puedan utilizar en sus aplicaciones.
- ✓ Los diseñadores de Software no tendrán que volver a reescribir sus Drivers (Upgrade) debido a cambios de las características de su Hardware.
- ✓ Los Clientes tendrán más opciones de desarrollar sus sistemas de Piso-Planta, haciendo uso de la integración de una gama más amplia de sistemas de Hardware de diversos fabricantes.

#### 4.7.2. Servidor OPC

Un Cliente OPC puede conectarse, por medio de una red a Servidores OPC proporcionados por uno o más fabricantes. De esta forma no existe restricción por cuanto a tener un Software Cliente para un Software Servidor, lo que es un problema de interoperabilidad que hoy en día se aprecia con sistemas del tipo propietario.



*Fuente:* <http://www.opcconnect.com/freecli.php>

Figura III.51 OPC Cliente

#### 4.8. ESCRITORIO REMOTO

Un escritorio remoto es una tecnología que permite a un usuario trabajar en una computadora a través de su escritorio gráfico desde otro dispositivo terminal ubicado en otro sitio u cualquier otro punto.

Cerca de la década de los noventa, las interfaces de usuario sufren revolución a favor de las interfaces gráficas. Los escritorios gráficos. Dos escritorios gráficos muy populares son los creados para Apple Macintosh y MS-DOS (Microsoft Windows). Nótese que estos escritorios gráficos solamente podían ser utilizados directamente en la computadora, por tanto, aún no son escritorios remotos.

Sin embargo, hoy en día hay múltiples programas que permiten el control de un ordenador a través de escritorio remoto. Un ejemplo se ilustra en la Figura III.52



*Fuente: [http:// www.teamviewer.com/](http://www.teamviewer.com/)*

Figura III.52 Escritorio remoto a través de Internet

## **CAPÍTULO V**

---

### **5. SISTEMAS DE COMUNICACIONES INALÁMBRICOS**

#### **5.1. INTRODUCCIÓN**

Una de las tecnologías más prometedoras y discutidas en esta década es la de poder comunicar computadoras mediante tecnología inalámbrica.

Las Redes Inalámbricas facilitan la operación en lugares donde la computadora o un dispositivo de control industrial no pueden permanecer en un solo lugar, como en almacenes o en oficinas que se encuentren en varios pisos. Pero la realidad es que esta tecnología está todavía en auge y se deben de resolver varios obstáculos

técnicos y de regulación antes de que las redes inalámbricas sean utilizadas de una manera general en los sistemas de cómputo de la actualidad.

No se espera que las redes inalámbricas lleguen a remplazar a las redes cableadas, ya que estas ofrecen velocidades de transmisión mayores que las logradas con la tecnología inalámbrica. Mientras que las redes inalámbricas actuales ofrecen velocidades de 2 Mbps, las redes cableadas ofrecen velocidades de 10 Mbps y se espera que alcancen velocidades de hasta 100 Mbps.

Los sistemas de Cable de Fibra Óptica logran velocidades aún mayores, y pensando futuristamente se espera que las redes inalámbricas alcancen velocidades de solo 10 Mbps.

Sin embargo se pueden mezclar las redes cableadas y las inalámbricas, y de esta manera generar una "Red Híbrida" y poder resolver los últimos metros hacia la estación. Se puede considerar que el sistema cableado sea la parte principal y la inalámbrica le proporcione movilidad adicional al equipo y el operador se pueda desplazar con facilidad dentro de un almacén o una oficina.

Una muy buena opción que existe en redes de larga distancia son las denominadas:

Red Pública De Conmutación De Paquetes Por Radio. Estas redes no tienen problemas de pérdida de señal debido a que su arquitectura está diseñada para soportar paquetes de datos en lugar de comunicaciones de voz. Las redes privadas de conmutación de paquetes utilizan la misma tecnología que las públicas, pero bajo

bandas de radio frecuencias restringidas por la propia organización de sus sistemas de cómputo.

Actualmente las transmisiones inalámbricas constituyen una eficaz y poderosa herramienta que permite la transferencia de voz, datos y video, sin la necesidad de utilizar cables para establecer la conexión.

Esta transferencia de información es lograda a través de la emisión de ondas de radio, permitiendo así tener dos grandes ventajas las cuales son la movilidad y flexibilidad del sistema en general.

## **5.2. Definiciones importantes**

### ✓ **Fuente**

Este dispositivo es quien genera los datos por transmitir, por ejemplo, teléfonos o computadoras personales.

### ✓ **Destino**

Es el dispositivo que recibe los datos enviados por el receptor según sea su necesidad.

### ✓ **Información**

Es un conjunto organizado de datos procesados, que constituyen un mensaje que cambia el estado de conocimiento del sujeto o sistema que recibe dicho mensaje.

Desde el punto de vista de la teoría general de sistemas cualquier señal o input capaz de cambiar el estado de un sistema constituye un pedazo de información.

✓ **Emisor**

Es uno de los conceptos de la comunicación, de la teoría de la comunicación y del proceso de información. Técnicamente, el emisor es aquel objeto que codifica el mensaje y lo transmite por medio de un canal o medio hasta un receptor, perceptor y/u observador. En sentido más estricto, el emisor es aquella fuente que genera mensajes de interés o que reproduce una base de datos de la manera más fiel posible sea en el espacio o en tiempo.

✓ **Receptor**

Dispositivo electrónico que permite a una señal satelital en particular ser separado de todas las demás señales recibidas por una estación terrestre y convertir el formato de la señal a formato de voz, dato o video.

✓ **Medio De Comunicación**

Constituye el canal que permite la transmisión de información entre dos terminales en un sistema de transmisión. Las transmisiones se realizan habitualmente empleando ondas electromagnéticas que se propagan a través del canal. A veces el canal es un medio físico y otras veces no, ya que las ondas electromagnéticas son susceptibles de ser transmitidas por el vacío.

✓ **Antena**

Dispositivo para enviar y recibir ondas de radio. Conjunto de conductores debidamente asociados, que se emplea tanto para la recepción como para la

transmisión de ondas electromagnéticas, que comprenden los rayos gamma, los rayos X, la luz visible y las ondas de radio.

✓ ***Velocidad De Transmisión***

Es la velocidad expresada en bits por segundo (bps) a la que se pueden transmitir los datos entre el emisor y receptor

✓ ***Ancho De Banda***

Estará limitada por el medio de transmisión y el propio transmisor, se mide en ciclos por segundo o Hz.

✓ ***Tasa De Errores***

Se considera que ha habido un error cuando se recibe un 1 habiendo enviado un 0 o viceversa.

✓ ***Interferencia***

Energía que tiende a interferir con la recepción de la señal deseada, esta puede ser causada por varios motivos como tormentas eléctricas, señales ajenas a la que se está transmitiendo, etc.

✓ ***Canal***

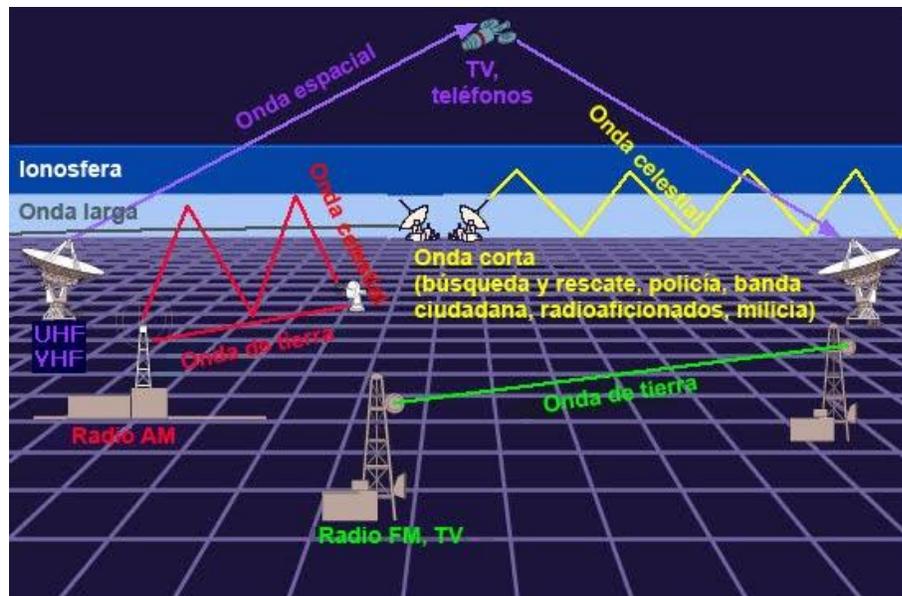
Banda de frecuencia en la cual una señal específica es transmitida.

### **5.3. FACTORES QUE INFLUYEN EN UN SISTEMA INALÁMBRICO**

### 5.3.1. La atmósfera

En el vacío las ondas de radio se mueven relativamente libres de influencias; en general un frente de onda lo hará en línea recta sin sufrir otra alteración que la disminución de su intensidad con la distancia de la fuente. Las estaciones de radio terrestres están sumergidas en un mar de gases donde hay mucha actividad de distinto tipo que varía con la geografía, la altura, la presión, la temperatura, la carga eléctrica, etc.

Todos estos factores perturban el movimiento de las ondas de radio modificando su intensidad, dirección, polarización y su integridad. Quien se adentre en el conocimiento de las distintas formas en que se propagan las ondas de radio, de inmediato advertirá que la atmósfera juega un rol preponderante.



Fuente: [http://es.wikipedia.org/wiki/Bandas\\_de\\_frecuencia](http://es.wikipedia.org/wiki/Bandas_de_frecuencia)

Figura V.53 Propagación de las ondas en la atmósfera

### 5.3.2. Desvanecimiento

Cuando se reciben ondas de radio de un mismo punto, se encuentra que la intensidad de las mismas varía notablemente según la hora del día, la época del año, etc., según se vio, pero es común percibir una variación mucho más rápida en la intensidad que puede producirse desde muy lentamente (minutos) hasta bastante rápidos (décimas de segundo). Estas variaciones más o menos rápidas se conocen como "desvanecimientos" y obedecen a diferentes causas, tales como:

- ✓ Que varíen las condiciones físicas del medio por el cual viajan las señales (variaciones de densidad de la atmósfera, del contenido de vapor, de iones, etc.)
- ✓ Que lleguen al receptor distintas "copias" de la señal recorriendo múltiples caminos. Las diferentes copias arriban ligeramente desfasadas haciendo que se sumen o se resten sus amplitudes (diferencias de fase). Como estos caminos están continuamente variando el efecto de atenuación o refuerzo varía con el tiempo.
- ✓ Que se produzcan reflexiones en objetos que están en movimiento provocando el efecto anterior (aviones, automóviles, etc.).
- ✓ Que el transmisor y o el receptor estén en movimiento y los caminos de la señal estén variando con el tiempo.
- ✓ Que se atenúen algunas frecuencias mientras que otras inmediatamente cercanas no deformando las señales (desvanecimiento selectivo).

### **5.3.3. Pérdidas en la trayectoria por el espacio libre**

Las pérdidas en la trayectoria por el espacio libre LP, se definen como las pérdidas que ocurren cuando una onda electromagnética es transmitida al vacío.

Pero en realidad no existe pérdida de energía al transmitir las ondas electromagnéticas, el efecto que ocurre realmente es una dispersión de la señal según se aleja del transmisor. Por eso es mejor llamar a este fenómeno pérdidas por dispersión.

### **5.3.4. Efectos atmosféricos**

La lluvia es un fenómeno capaz de afectar a las comunicaciones por ondas de radio debido a que esta actúa como una cortina entre el transmisor y receptor. Esto sucede tanto en el enlace emitido como en el enlace recibido.

Siempre que una señal atraviesa una zona de lluvia se genera un problema de atenuación, esto es debido a la absorción de energía de las ondas electromagnéticas por parte de las gotas de lluvia, la cual puede reducir considerablemente la potencia de la señal.

Las gotas de lluvia pueden llegar a convertirse en hielo o nieve, la atenuación debido a este fenómeno se llama atenuación por hidrometeoros y aumenta con la frecuencia.

### **5.3.5. Radiación solar**

La radiación solar, es un gran problema en las transmisiones vía radio, esto se debe a que el sol es un gran productor de ondas de radio, las cuales producen ruido en el enlace. Hay distintas formas en que el sol afecta a las comunicaciones de radio.

#### **5.3.6. Interferencia terrestre**

La interferencia terrestre ocurre gracias a otras antenas que transmiten sobre la tierra. Pero si se eleva en ángulo de las antenas de las estaciones terrestres el riesgo de interferencia terrestre será menor.

#### **5.3.7. Difracción**

La difracción es un fenómeno característico de las ondas consistente en el curvado y esparcido de las ondas cuando encuentran un obstáculo o al atravesar una rendija. La difracción ocurre en todo tipo de ondas, desde ondas sonoras, ondas en la superficie de un fluido y ondas electromagnéticas como la luz y las ondas de radio.

#### **5.3.8. Ruido**

En cualquier dato transmitido, la señal recibida consistirá en la señal transmitida modificada debido a las distorsiones introducidas por el sistema de comunicación y a las señales no deseadas que se insertarán entre algún punto entre el emisor y el receptor. A estas últimas señales no deseadas se les denomina ruido, es decir, el ruido es toda aquella señal que se inserta entre el receptor y el emisor y que no es deseada. El ruido es el factor de mayor importancia cuando se limitan las prestaciones del sistema de transmisión.

## 5.4. TIPOS DE COMUNICACIONES INALÁMBRICAS

### 5.4.1. Según el medio de transmisión

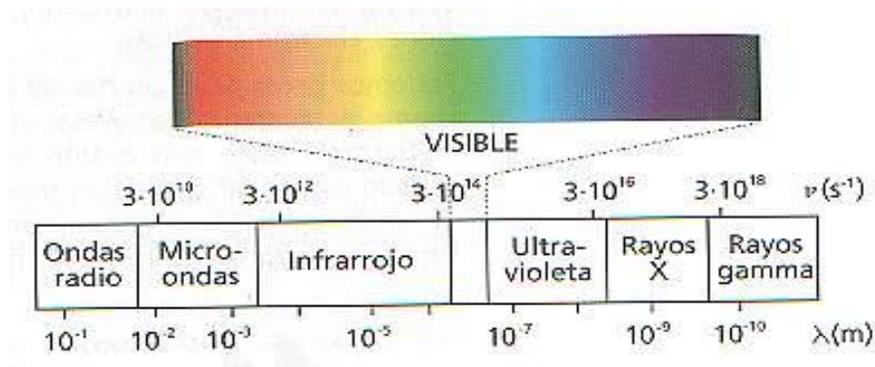
Según el rango de frecuencias utilizado para transmitir, el medio de transmisión pueden ser las ondas de radio, las microondas terrestres o por satélite, y los infrarrojos.

Dependiendo del medio, la red inalámbrica tendrá unas características u otras.

- ✓ **Ondas de radio.**- Las ondas electromagnéticas son omnidireccionales, así que no son necesarias las antenas parabólicas. La transmisión no es sensible a las atenuaciones producidas por la lluvia ya que se opera en frecuencias no demasiado elevadas.
- ✓ **Microondas terrestres.**- Se utilizan antenas parabólicas con un diámetro aproximado de unos tres metros. Tienen una cobertura de kilómetros, pero con el inconveniente de que el emisor y el receptor deben estar perfectamente alineados. Por eso, se acostumbran a utilizar en enlaces punto a punto en distancias cortas. En este caso, la atenuación producida por la lluvia es más importante ya que se opera a una frecuencia más elevada.
- ✓ **Microondas por satélite.**- Se hacen enlaces entre dos o más estaciones terrestres que se denominan estaciones base. El satélite recibe la señal (denominada señal ascendente) en una banda de frecuencia, la amplifica y la retransmite en otra banda (señal descendente). Cada satélite opera en unas bandas concretas. Las fronteras frecuenciales de las microondas, tanto

terrestres como por satélite, con los infrarrojos y las ondas de radio de alta frecuencia se mezclan bastante, así que pueden haber interferencias con las comunicaciones en determinadas frecuencias.

- ✓ **Infrarrojos.**- Se enlazan transmisores y receptores que modulan la luz infrarroja no coherente. Deben estar alineados directamente o con una reflexión en una superficie. No pueden atravesar las paredes.



**Fuente:** [http://es.wikipedia.org/wiki/Bandas\\_de\\_frecuencia](http://es.wikipedia.org/wiki/Bandas_de_frecuencia)

Figura V.54 Tipos de comunicaciones inalámbricas según la frecuencia

## 5.4.2. Según el rango de frecuencias

### 5.4.2.1. Transmisión por Radio

Cuando Heinrich Hertz descubrió las ondas electromagnéticas en 1887, sentó los fundamentos para el desarrollo de la comunicación vía radio. Casi todos los equipos envían o reciben señales vía radio y funcionan en un rango de frecuencia perfectamente definido.

Se denomina comunicación vía radio a toda aquella que emplea un medio de transmisión inalámbrico, bien sea la atmósfera (radio enlace terrenal), bien sea el

espacio libre (radio enlace espacial). Este vehículo portador de la información es una onda electromagnética (EM).

#### **5.4.2.1.1. Modos de propagación de las ondas radio eléctricas**

Existen cuatro formas distintas de propagación de las ondas radioeléctricas:

***Propagación directa.***- Son las ondas que viajan desde una antena transmisora a otra la antena receptora. También denomina onda espacial, o directa. Además, este tipo de onda espacial puede sufrir en su camino reflexiones y/o refracciones debidas a las variaciones de las características físicas de la atmósfera. Las transmisiones a frecuencias superiores a 30 MHz, por ejemplo: radiodifusión comercial en FM, televisión en UHF y VHF, etc. se sirven de ella.

***Propagación por reflexión.***- Se entiende por reflexión el cambio en la dirección de propagación de un fenómeno ondulatorio, como las ondas radioeléctricas, cuando inciden sobre una superficie reflectante. En ocasiones, a la antena receptora le llega una señal radioeléctrica reflejada por un obstáculo, por ejemplo, un edificio de gran altura. Este tipo de propagación no es muy deseable, ya que a la antena receptora pueden llegarle, además de la señal directa, varias señales reflejadas procedentes de uno o varios puntos, con lo cual llegan al receptor dos o más señales iguales y desfasadas en el tiempo, puesto que las trayectorias de las reflejadas son más largas, produciendo las conocidas y molestas "imágenes fantasma" o dobles imágenes.

**Propagación por refracción.**- Es el cambio en la dirección de la propagación de un movimiento ondulatorio, como las señales radioeléctricas, debido al paso de la onda desde un medio a otro de distinto índice de refracción.

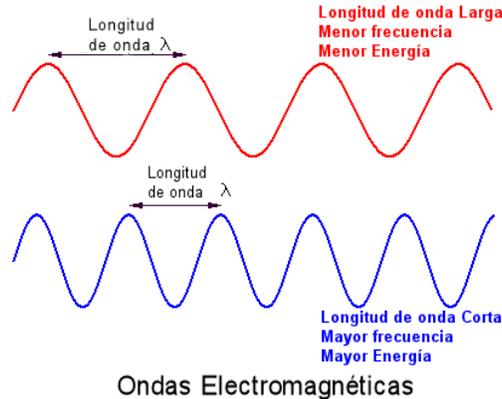
Un ejemplo de este tipo de propagación es la es la onda ionosférica, que provoca una curvatura en el haz de energía EM. La causa de esta curvatura es la ionización de la parte superior de la atmósfera por las radiaciones solares. Esta ionización supone una variación progresiva del índice de refracción de la alta atmósfera, de forma que la curva los rayos al igual que un rayo de luz cambia de dirección al entrar en el agua.

La región que sufre este fenómeno se denomina Ionosfera. Se encuentra a unos 80 Km sobre la superficie terrestre, aunque tiene ciertas variaciones de altura a lo largo del día y del año.

Esta onda es la empleada en comunicaciones de radio a gran distancia en frecuencias inferiores a 30 MHz.

**Propagación por difracción.**- Es el fenómeno característico de las propiedades ondulatorias de la materia, por la cual un obstáculo que se opone a la propagación libre de las ondas se presenta como una fuente secundaria que emite ondas derivadas en todas las direcciones. Gracias a este fenómeno las ondas rodean al obstáculo y consiguen salvarlo. Las ondas de superficie son las que se aprovechan este fenómeno. Es la propagación de las ondas radioeléctricas de baja frecuencia que se transmiten pegadas al suelo siguiendo el contorno de la superficie terrestre

alcanzando grandes distancias. Son las típicas señales de radiodifusión comercial en onda media, generada en grandes antenas, mástiles radiantes, que transmiten altas potencias.



**Fuente:** [http://teleformacion.edu.aytolacoruna.es/ondasEM/ondasEleMag\\_indice.htm](http://teleformacion.edu.aytolacoruna.es/ondasEM/ondasEleMag_indice.htm)

Figura V.55 Esquema de una onda electromagnética

#### 5.4.2.2. Transmisión por Microondas

Una red por microondas es un tipo de red inalámbrica que utiliza microondas como medio de transmisión. El protocolo más frecuente es el IEEE 802.11b y transmite a 2.4 GHz, alcanzando velocidades de 11 Mbps (Megabits por segundo). Otras redes utilizan el rango de 5,4 a 5,7 GHz para el protocolo IEEE 802.11.

#### 5.4.2.3. Transmisión por Infrarrojos

Los infrarrojos son ondas electromagnéticas que se propagan en línea recta, siendo susceptibles de ser interrumpidos por cuerpos opacos. Su uso no precisa de licencia administrativa y no se ven afectados por interferencias radioeléctricas externas, pudiéndose alcanzar distancias de hasta 200 metros entre cada emisor y receptor.

Las redes de luz infrarroja están limitadas por el espacio y casi generalmente la utilizan redes en las que las estaciones se encuentran en un solo cuarto o piso, algunas compañías que tienen sus oficinas en varios edificios realizan la comunicación colocando los receptores / emisores en las ventanas de los edificios.

#### **5.4.2.4. Transmisión por Bluetooth**

Bluetooth es una especificación industrial para Redes Inalámbricas de Área Personal (WPANs) que posibilita la transmisión de voz y datos entre diferentes dispositivos mediante un enlace por radiofrecuencia en la banda ISM de los 2,4 GHz. Los principales objetivos que se pretenden conseguir con esta norma son:

- ✓ Facilitar las comunicaciones entre equipos móviles y fijos.
- ✓ Eliminar cables y conectores entre éstos.
- ✓ Ofrecer la posibilidad de crear pequeñas redes inalámbricas y facilitar la sincronización de datos entre equipos personales.

Los dispositivos que con mayor frecuencia utilizan esta tecnología pertenecen a sectores de las telecomunicaciones y la informática personal, como PDA, teléfonos móviles, computadoras portátiles, ordenadores personales, impresoras o cámaras digitales. Este protocolo de comunicaciones diseñado especialmente para dispositivos de bajo consumo, con una cobertura baja y basada en transceptores de bajo costo.

Gracias a este protocolo, los dispositivos que lo implementan pueden comunicarse entre ellos cuando se encuentran dentro de su alcance. Las comunicaciones se

realizan por radiofrecuencia de forma que los dispositivos no tienen que estar alineados y pueden incluso estar en habitaciones separadas si la potencia de transmisión lo permite.

## **5.5. VENTAJAS DE LAS COMUNICACIONES INALÁMBRICAS**

Las principales ventajas que ofrecen las redes inalámbricas frente a las redes cableadas son las siguientes:

### **✓ Movilidad**

La libertad de movimientos es uno de los beneficios más evidentes las redes inalámbricas. Un ordenador o cualquier otro dispositivo (por ejemplo, una PDA o una webcam) pueden situarse en cualquier punto dentro del área de cobertura de la red sin tener que depender de que si es posible o no hacer llegar un cable hasta este sitio. Ya no es necesario estar atado a un cable para navegar en Internet, imprimir un documento o acceder a los recursos

### **✓ Desplazamiento**

Con una computadora portátil o PDA no solo se puede acceder a Internet o a cualquier otro recurso de la red local desde cualquier parte de la oficina o de la casa, sino que nos podemos desplazar sin perder la comunicación. Esto no solo da cierta comodidad, sino que facilita el trabajo en determinadas tareas, como, por ejemplo, la de aquellos empleados cuyo trabajo les lleva a moverse por todo el edificio.

### **✓ Flexibilidad**

Las redes inalámbricas no solo nos permiten estar conectados mientras nos desplazamos por una computadora portátil, sino que también nos permite colocar una computadora de sobremesa en cualquier lugar sin tener que hacer el más mínimo cambio de configuración de la red. A veces extender una red cableada no es una tarea fácil ni barata. En muchas ocasiones acabamos colocando peligrosos cables por el suelo para evitar tener que hacer la obra de poner enchufes de red más cercanos. Las redes inalámbricas evitan todos estos problemas

✓ **Ahorro de costos**

Diseñar o instalar una red cableada puede llegar a alcanzar un alto coste, no solamente económico, sino en tiempo y molestias. En entornos domésticos y en determinados entornos empresariales donde no se dispone de una red cableada porque su instalación presenta problemas, la instalación de una red inalámbrica permite ahorrar costes al permitir compartir recursos: acceso a Internet, impresoras, etc.

✓ **Escalabilidad**

Se le llama escalabilidad a la facilidad de expandir la red después de su instalación inicial. Conectar una nueva computadora cuando se dispone de una red inalámbrica es algo tan sencillo como instalarle una tarjeta y listo. Con las redes cableadas esto mismo requiere instalar un nuevo cableado o lo que es peor, esperar hasta que el nuevo cableado quede instalado.

## 5.6. DESVENTAJAS DE LAS COMUNICACIONES INALÁMBRICAS

Evidentemente, como todo en la vida, no todo son ventajas, las redes inalámbricas también tiene unos puntos negativos en su comparativa con las redes de cable. Los principales inconvenientes de las redes inalámbricas son los siguientes:

### ✓ **Menor ancho de banda**

Las redes de cable actuales trabajan a 100 Mbps, mientras que las redes inalámbricas Wi-Fi lo hacen a 11 Mbps. Es cierto que existen estándares que alcanzan los 54 Mbps y soluciones propietarias que llegan a 100 Mbps, pero estos estándares están en los comienzos de su comercialización y tiene un precio superior al de los actuales equipos WiFi.

### ✓ **Mayor inversión inicial**

Para la mayoría de las configuraciones de la red local, el costo de los equipos de red inalámbricos es superior al de los equipos de red cableada.

### ✓ **Seguridad**

Las redes inalámbricas tienen la particularidad de no necesitar un medio físico para funcionar. Esto fundamentalmente es una ventaja, pero se convierte en una desventaja cuando se piensa que cualquier persona con una computadora portátil solo necesita estar dentro del área de cobertura de la red para poder intentar acceder a ella.

Como el área de cobertura no está definida por paredes o por ningún otro medio físico, a los posibles intrusos no les hace falta estar dentro de un edificio o estar conectado a un cable. Además, el sistema de seguridad que incorporan las redes Wi-Fi no es de lo más fiables. A pesar de esto también es cierto que ofrece una seguridad válida para la inmensa mayoría de las aplicaciones y que ya hay disponible un nuevo sistema de seguridad (WPA) que hace a Wi-Fi mucho más confiable.

#### ✓ **Interferencias**

Las redes inalámbricas funcionan utilizando el medio radio electrónico en la banda de 2,4 GHz. Esta banda de frecuencias no requiere de licencia administrativa para ser utilizada por lo que muchos equipos del mercado, como teléfonos inalámbricos, microondas, etc., utilizan esta misma banda de frecuencias. Además, todas las redes Wi-Fi funcionan en la misma banda de frecuencias incluida la de los vecinos.

### **5.7. SISTEMAS DE COMUNICACIÓN VÍA RADIO**

Existen una serie de casos claros en los que la transmisión de datos vía radio es la única manera de resolver un problema de comunicación a un coste aceptable:

- ✓ Cuando la distancia entre los equipos a comunicar es muy grande, en especial si se trata de varios equipos muy separados entre sí. Si se utilizaran cables en estos casos, en especial si es necesario realizar nuevas canalizaciones.

- ✓ Cuando entre los equipos existen barreras físicas imposibles o muy difíciles de salvar. La presencia de carreteras, vías de tren, corrientes de agua, el hecho de tener que atravesar terrenos que no son de nuestra propiedad o cualquier otra barrera que haga muy complicado el tendido de cables nos lleva directamente a la utilización de la radio.
- ✓ Cuando uno o varios de los equipos a comunicar están en movimiento. El hecho de que uno de los dispositivos se mueva dificulta enormemente la conexión por cable, hasta el punto de no ser posible si la zona de movimiento es muy amplia, o son varios los equipos que no están en reposo.
- ✓ Cuando la instalación de cable supone la parada total o parcial de la instalación. En ocasiones no es fácil instalar un nuevo cable sin parar la producción ya sea total o parcialmente.

#### **5.8. WIFI. ESTÁNDAR IEEE 802.11**

Una red wireless o sin cables, usa ondas de radio, al igual que lo hacen los teléfonos móviles y otros elementos de comunicación similares.

De hecho, la comunicación a través de una de estas redes es muy parecida a una comunicación de radio bidireccional. Lo que ocurre más o menos, es que un adaptador wireless del ordenador traduce los datos en señales de radio y los transmite usando una antena. Por otro lado, un router wireless recibe la señal y la decodifica y envía la información a Internet usando una conexión física de cable.

El proceso trabaja también en el sentido inverso, donde el router recibe la información de Internet, transformándola en una señal de radio y enviándola al

adaptador del ordenador. El tipo de radio utilizado en la comunicación Wifi es similar al utilizado en los walkie-talkies, móviles y otros dispositivos. Pueden transmitir y recibir ondas de radio, y pueden convertir unos y ceros en este tipo de ondas y al revés. Sin embargo, la radio WiFi tiene unas notables diferencias con respecto a otras radios.

Pueden transmitir a frecuencias de 2.4 GHz o de 5 GHz. Esta frecuencia es considerablemente más alta que la frecuencia utilizada en los teléfonos móviles o algunos televisores.

Esta diferencia de frecuencias permite a la señal transportar más datos. Los estándares que utiliza están en la familia de protocolos 802.11, los cuales vienen en varios formatos:

- ✓ El protocolo 802.11a transmite a 5 GHz y puede mover hasta 54 megabits de datos por segundo. Utiliza también OFDM, el cual es una técnica de codificación más eficiente que parte la señal de radio en varias señales diferentes antes de que llegue al receptor. Esto reduce bastante las interferencias.
- ✓ El protocolo 802.11b es el estándar más lento y más barato de todos. Por algún tiempo, el coste que tenía lo hizo bastante popular, pero ahora se está volviendo menos común al ir reduciéndose el precio en protocolos más rápidos. El protocolo 802.11b transmite a 2.4 GHz y maneja hasta 11 megabits de datos por segundo, utilizando codificación CCK.

- ✓ El protocolo 802.11g transmite también a 2.4 GHz, pero es mucho más rápido. Puede manejar hasta 54 megabits de datos por segundo, y es más rápido porque usa la misma codificación OFDM que el protocolo 802.11a.
- ✓ El protocolo 802.11n es el más nuevo que actualmente está disponible. Este estándar mejora significativamente la velocidad y uso. Para poner un ejemplo, aunque 802.11g teóricamente mueve hasta 54 Mbps, realmente solo mueve hasta 24 Mbps debido a la congestión de red. Sin embargo, 802.11n puede alcanzar velocidades de hasta 140 Mbps.

Wifi puede transmitir en cualquiera de estas tres bandas. También pueden saltar rápidamente entre las diferentes bandas. Los saltos de frecuencia ayuda a reducir interferencias y permite que múltiples dispositivos usar la misma conexión wireless simultáneamente. Los dispositivos utilizados para conectarse a Internet por Wifi, tienen algún tipo de adaptador wireless para hacerlo, y por tanto pueden usar un solo router para conectarse a Internet. Esta conexión es virtualmente invisible y suele ser bastante fiable. Sin embargo, los usuarios pueden experimentar interferencias o pérdidas de conexión.



**Fuente:** [http://en.wikipedia.org/wiki/IEEE\\_802.11n-2009](http://en.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11n-2009)

Figura V.56 Red Wifi. Aplicación del estándar IEEE 802.11

### **5.8.1. Topología de Red en 802.11**

El estándar IEEE 802.11 define el concepto de Conjunto Básico de Servicio (BSS, Basic Service Set) que consiste en dos o más nodos inalámbricos o estaciones que se reconocen una a la otra y pueden transmitir información entre ellos.

Un BSS puede intercambiar información de dos modos diferentes:

- ✓ Cada nodo se comunica con el otro en forma directa y sin ninguna coordinación. Este modo es comúnmente llamado Ad-Hoc o IBSS (Independent Basic Service Set). Este modo solo permite la transmisión entre los nodos inalámbricos y no resuelve el problema de extender una LAN cableada.
- ✓ Existe un elemento llamado comúnmente AP (Access Point) que coordina la transmisión entre los nodos inalámbricos. Este modo es llamado modo Infraestructura y permite vincular la red inalámbrica con la red cableada ya que el AP actúa como bridge entre las dos redes. La existencia de varios AP conectados a un sistema de distribución (DS: Distribution System), que puede ser una LAN cableada es lo que denominamos EBSS (Extended Basic Service Set). La tecnología 802.11 permite el roaming entre los distintos AP.

## **CAPÍTULO VI**

---

### **6. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE COMUNICACIONES**

#### **6.1. INTRODUCCIÓN**

En este capítulo detallaremos el diseño e implementación del sistema de comunicación vía radio para el control y monitoreo de una red industrial, especificando las diferentes partes que la conforman, desarrollando paso a paso la programación de la red.

#### **6.2. DISEÑO DE LA RED**

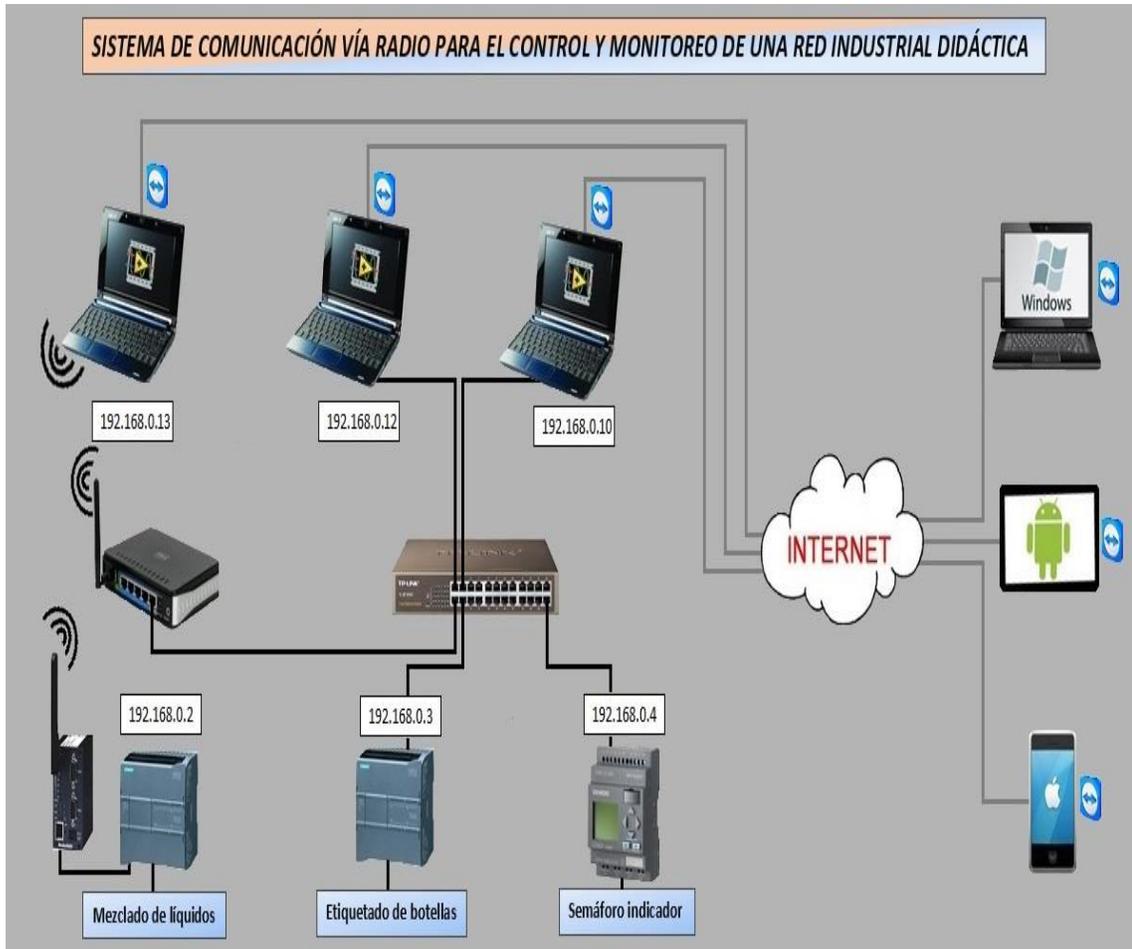
La red se ha implementado utilizando dos módulos didácticos y una baliza indicadora pertenecientes al laboratorio de Redes Industriales de la ESPOCH.

- ✓ El primer módulo simula el proceso de etiquetado y tapado de botellas, el cual consta de una banda transportadora y cuatro pistones neumáticos. Las botellas circularán a través de la banda transportadora hasta ser detectadas por un sensor, en ese instante un pistón neumático simulará un proceso de etiquetado. Posteriormente la botella seguirá su curso hasta que sea detectada por otro sensor el cual accionará otro pistón que simulará otro proceso de tapado en la botella, para posteriormente seguir su curso. Como elemento de control este módulo tiene un PLC Siemens S7 1200.
- ✓ El segundo módulo simula el proceso de mezcla y dosificación de tres líquidos, cada uno contenido en un tanque diferente. Tres válvulas se abrirán para dejar que cada líquido pase al tanque de mezcla. Dicha mezcla es calentada y posteriormente expulsada. Como elemento de control este módulo también posee un PLC Siemens s7 1200.
- ✓ El tercer elemento de la red es una baliza indicadora de tres luces: verde, amarillo y rojo; la cual indicará el estado del módulo de etiquetado de botellas. Como elemento de control, esta baliza posee un LOGO OBA7 de Siemens.

La interconexión de autómatas se lo realiza a través de una red Ethernet.

El control vía radio consta de una antena Wifi conectada en el PLC del módulo de mezclado y se puede acceder a ella a través de un Punto de Acceso desde las computadoras del HMI, la cual a través de las ondas de radio se comunicará con todo el sistema.

Además, utilizando una conexión vía Internet se ha implementado una aplicación de escritorio remoto para controlar la red vía Internet.



*Fuente: Rodrigo S. Freire E., José A. Tonato S. (Autores)*

Figura VI.57 Topología de la red implementada

### 6.2.1. Direcciones IP de la red

La red implementada estará bajo el estándar Ethernet; y para establecer conectividad se ha de seleccionar un tipo de red.

La red Ethernet será de tipo C con el siguiente rango de direcciones:

- ✓ Direcciones IP: 192.168.0.1 - 192.168.0.254

- ✓ Máscara de red para todos los dispositivos: 255.255.255.0

La dirección IP de los PLC's es de suma importancia porque será la forma a la que accedan a la red, por lo tanto es lo primero que describiremos.

En base a esto, los PLC's se los ha configurado con las siguientes direcciones IP:

- ✓ PLC del módulo de mezclado: 192.168.0.2
- ✓ PLC del módulo de etiquetado: 192.168.0.3
- ✓ LOGO OBA7: 192.168.0.4
- ✓ Antena Wifi: 192.168.0.20
- ✓ Resto de computadores: 192.168.0.x (Conforme se añadan PCs a la red).

### **6.3. PROGRAMACIÓN DE LOS PLC'S.**

Para poner en marcha la operatividad de nuestro sistema se debe desarrollar la programación de los PLC's, así como los controles secuenciales y en paralelo que realizan el control en tiempo real, la manipulación de señales analógicas, digitales y operaciones de regulación.

#### **6.3.1. Funcionamiento del proceso de mezclado de líquidos**

Este módulo mezclará tres líquidos diferentes, contenidos cada uno en un tanque diferente, la mezcla de éstos será calentada por cierto tiempo hasta conseguir la temperatura seleccionada en un panel y por último la mezcla calentada será expulsada con la ayuda de una bomba neumática.

La secuencia de programación se muestra a continuación:

1. Dar el pulso de inicio.
2. Las tres válvulas neumáticas se accionan y dan paso a la dosificación de los diferentes líquidos a mezclar.
3. Permanecerán activadas hasta cuando el sensor de nivel se active.
4. El motor mezclador se activará en paralelo en conjunto con la niquelina que calentará la mezcla.
5. La termocupla, sensor de temperatura, emitirá una señal constantemente al módulo de linealización de termocuplas, el cual se activará cuándo llegue a la temperatura programada.
6. Al activarse el módulo de termocupla, pasará un tiempo para activar la válvula de paso, para el desfogue en paralelo con la bomba neumática quien succionará el fluido dosificado.
7. La expulsión finalizará cuando el sensor de nivel se desactive.
8. Espera un tiempo determinado hasta que la termocupla vuelva a su estado ambiente.
9. Automáticamente el proceso empezará en el paso 2.
10. Si el nivel de los tanques uno y dos se encuentran en bajo, el sistema se desactivará emitiendo una señal de nivel hasta cuando, se llene de líquido para continuar con el proceso nuevamente.

El pulsador de paro pausará el sistema hasta reanudarlo con el botón de inicio. El módulo estará desactivado con el botón de emergencia, el cual al ser activado bloqueará todo el proceso, hasta cuando se lo desactive.



*Fuente: Rodrigo S. Freire E., José A. Tonato S. (Autores)*

Figura VI.58 Módulo de dosificación y mezclado de líquidos

### 6.3.2. Funcionamiento del proceso de etiquetado y tapado de botellas

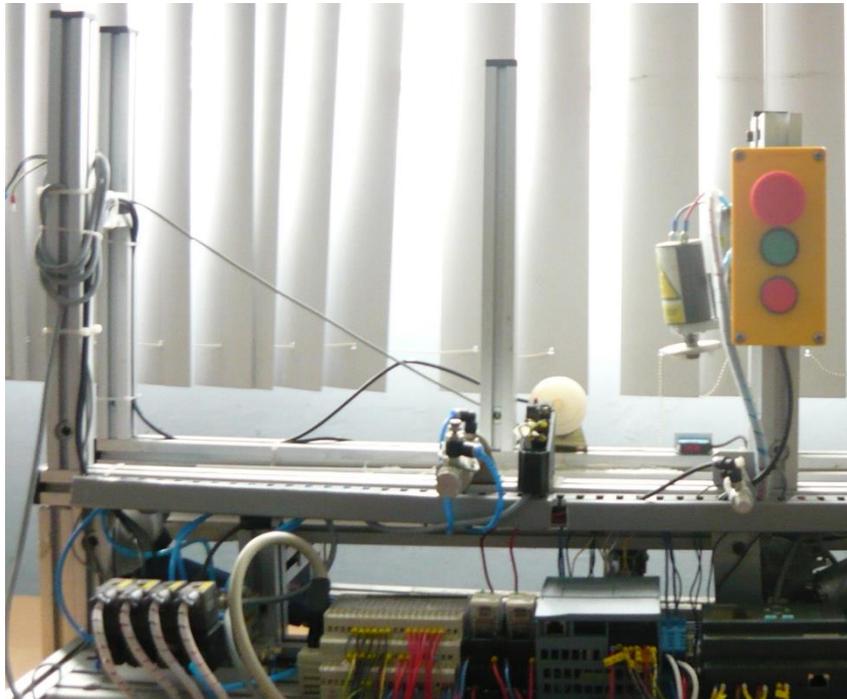
Este módulo consta de una banda transportadora, la cual permite la movilización de las botellas. Un pistón simula el etiquetado en la parte lateral de la botella y otro pistón simula el tapado de la botella con la ayuda de un motor.

La secuencia para este módulo es la siguiente:

1. Dar el pulso de inicio.
2. La banda transportadora se pondrá en marcha.
3. Los actuadores neumáticos se encontraran retraídos, hasta cuando el sensor óptico réflex detecte el paso de una botella.
4. El pistón actuador A saldrá impidiendo el paso de las botellas anteriores mientras, la botella posterior es etiquetada y detenida por el actuador B.

5. El paso 4 se realizará por el lapso de 3 segundos.
6. La botella continuará en marcha, hasta ser detectada por el sensor óptico réflex 2.
7. El pistón actuador C saldrá impidiendo el paso de las botellas.
8. En paralelo al paso 7, el pistón actuador D saldrá en conjunto con el motor de la selladora, dicho motor se activará para tapar la botella.

El proceso se detendrá al pulsar el botón de paro, excepto la banda transportadora quien continuará funcionando, para eliminar las botellas pero sin completar el proceso. El sistema se inhabilitará completamente al accionar el botón de emergencia, deteniendo todo el sistema hasta cuando se desactive dicho botón.



*Fuente: Rodrigo S. Freire E., José A. Tonato S. (Autores)*

Figura VI.59 Módulo de etiquetado y tapado de botellas

### 6.3.3. Funcionamiento de la baliza indicadora

Esta baliza, por ser solo indicadora de lo que sucede con el módulo de etiquetado, no tendrá secuencia, sino que sólo activará sus luces de la siguiente forma:

1. La luz verde se encenderá siempre y cuando el proceso esté activo y en ejecución
2. La luz amarilla se encenderá cuando la banda transportadora sea detenida por el usuario.
3. La luz roja se encenderá cuando se active el botón de emergencia y todo el proceso se detenga.



**Fuente:** Rodrigo S. Freire E., José A. Tonato S. (Autores)

Figura VI.60 Baliza indicadora de tres luces

### 6.3.4. Descripción de las variables de entrada y salida

Los módulos descritos anteriormente tendrán sensores, tanto magnéticos como ópticos. Además tendrán actuadores como válvulas o motores que necesitan ser accionados conforme a lo programado en el PLC correspondiente.

Dichos sensores y actuadores son digitales, por lo tanto debemos conectar la entrada y/o salida a cada uno de los bornes del PLC. A cada una de estas señales que ingresarán o saldrán del PLC se las llama variables, ya que cada una de ellas tendrá un nombre y una dirección dentro del autómata.

Tanto as entradas como las salidas deben estar correctamente identificadas en cada uno de los PLC's para poder realizar la conexión física en los módulos de prueba, para la transmisión de datos. En cada proceso es importante identificar la asignación de memorias, que nos servirá para la asignación de las direcciones de las entradas y salidas.

#### 6.3.4.1. Variables del módulo de mezclado de líquidos

E/S	DIRECCIÓN FÍSICA	TAG	DESCRIPCIÓN
Entrada	I0.0	Inicio	Pulsador inicio del proceso
Entrada	I0.1	Paro	Pulsador paro del proceso
Entrada	I0.2	Emergencia	Pulsador Emergencia del proceso
Entrada	I0.3	SN 1	Sensor digital nivel de líquido de tanque 1

Entrada	I0.4	Nivel	Sensor digital de nivel de líquido tanque de mezcla
Entrada	I0.5	Termocupla	Módulo de liberalización de termocupla
Salida	Q0.0	Bomba Neumática	Bomba para succión de líquidos al terminar la mezcla
Salida	Q0.1	Válvula	Válvula de apertura para desfogue de líquido
Salida	Q0.2	Tanque 1	Válvula neumática de apertura paso de líquido para tanque 1
Salida	Q0.3	Motor Mezcla	Motor DC mezcla de diferentes líquidos
Salida	Q0.4	Niquelina	Relé para calentador de agua
Salida	Q0.5	Tanque 3	Electroválvula de apertura de líquido para tanque 3
Salida	Q0.6	Tanque 2	Válvula neumática de apertura paso de líquido para tanque 2
Salida	Q0.7	Verde	Luz piloto indicador de proceso en curso
Salida	Q0.8	Rojo	Luz piloto indicador de paro o pausa del proceso

**Fuente:** Rodrigo S. Freire E., José A. Tonato S. (Autores)

Tabla VI.IV Asignación de las variables de Entradas/Salidas módulo de mezclado

**6.3.4.2. Variables del módulo de etiquetado y tapado de botellas**

<b>E/S</b>	<b>DIRECCIÓN FÍSICA</b>	<b>TAG</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Entrada	I0.0	Inicio	Inicia secuencia de programa
Entrada	I0.1	Paro	Pulsador de paro del proceso
Entrada	I0.2	Emergencia	Pulsador de emergencia del proceso
Entrada	I0.3	Sensor A1	Sensor del pistón A
Entrada	I0.4	Sensor B1	Sensor del pistón B
Entrada	I0.5	Sensor C1	Sensor del pistón C
Entrada	I0.6	Réflex R1	Sensor 1 detección de objetos
Entrada	I0.7	Réflex R2	Sensor 2 detección de objetos
Salida	Q0.0	Actuador Neumático A	Pistón neumático separador de botellas
Salida	Q0.1	Actuador Neumático B	Pistón neumático etiquetador de botellas
Salida	Q0.2	Actuador Neumático C	Pistón neumático sujeción de botellas
Salida	Q0.3	Actuador Neumático D	Pistón neumático sellado de botellas
Salida	Q0.4	Pulir	Motor de sellado

Salida	Q0.5	Banda	Banda transportadora
--------	------	-------	----------------------

*Fuente: Rodrigo S. Freire E., José A. Tonato S. (Autores)*

Tabla VI.V Asignación de las variables de Entradas/Salida en el módulo de etiquetado

#### 6.3.4.3. Variables de la baliza indicadora

E/S	DIRECCIÓN FÍSICA	TAG	DESCRIPCIÓN
Salida	Q1	Rojo	Enciende la luz roja
Salida	Q2	Amarillo	Enciende la luz amarilla
Salida	Q3	Verde	Enciende la luz verde

*Fuente: Rodrigo S. Freire E., José A. Tonato S. (Autores)*

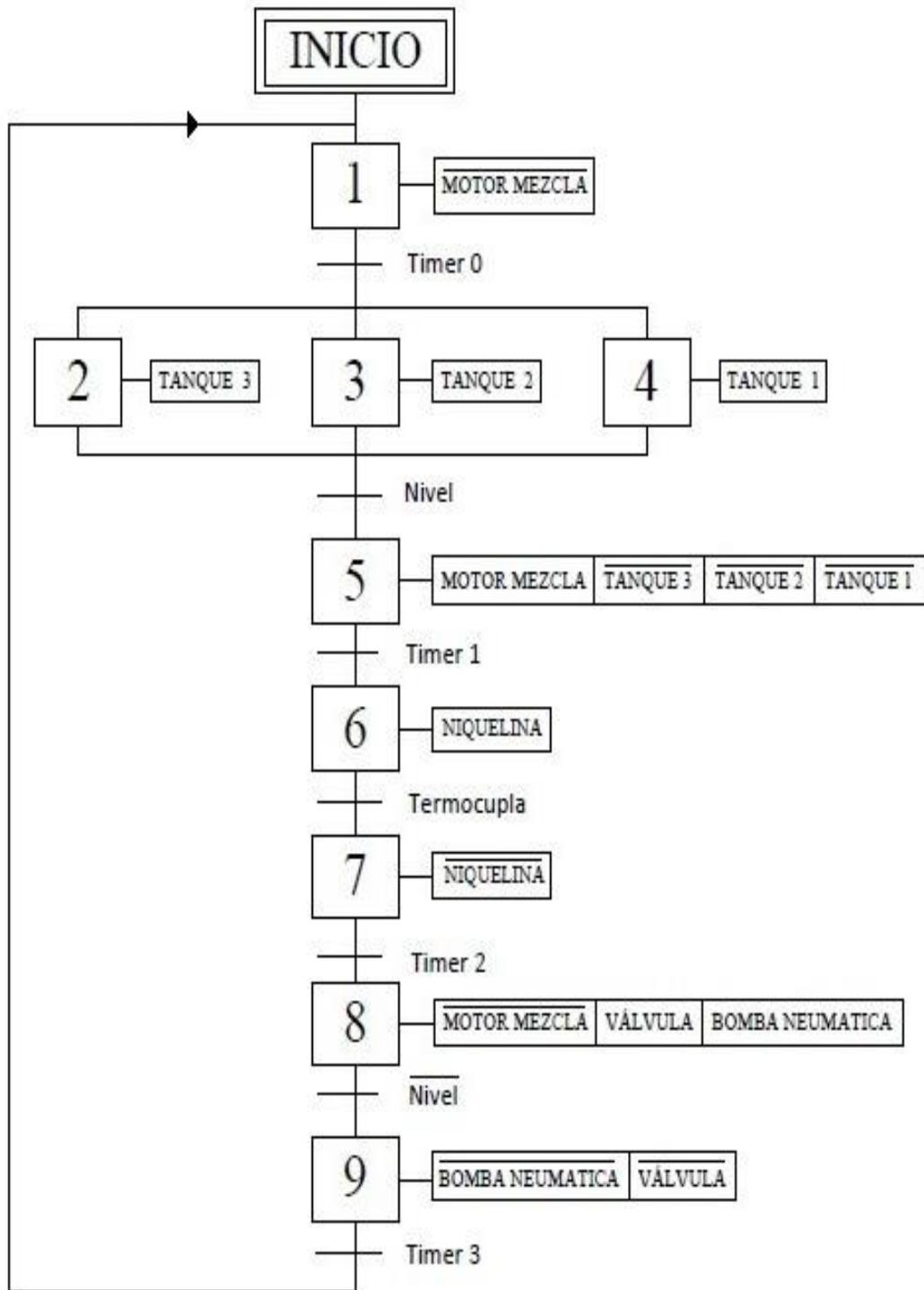
Tabla VI.VI Asignación de las variables de Entradas/Salida en LOGO OBA7

#### 6.3.5. Lineamiento del Grafcet

##### 6.3.5.1. Secuencia del Grafcet de los proceso modulares.

El método de programación Grafcet, tal como lo habíamos descrito en el Capítulo II, es una técnica que permite programar un autómeta cuando el proceso a realizar es de forma secuencial, repetitiva y pasa de un estado a otro. Es por este motivo que se ha programado el grafcet, primero sacando un esquema de cada proceso, sacando las ecuaciones y finalmente llevarlo al autómeta.

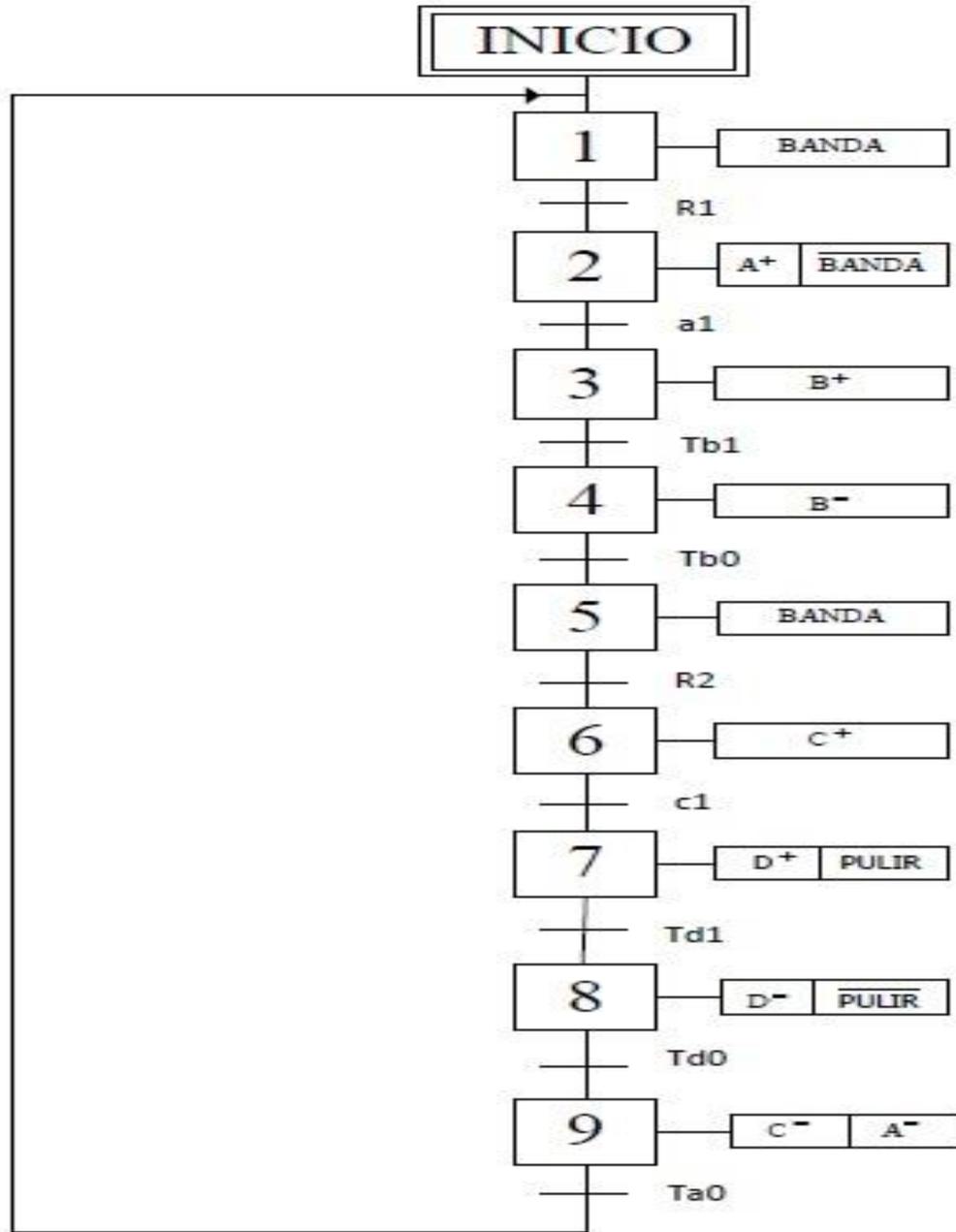
En la presente secuencia del grafcet tenemos la descripción, que permitirá ver el nivel operativo de la automatización del proceso de dosificación y mezclado.



**Fuente:** Rodrigo S. Freire E., José A. Tonato S. (Autores)

Figura VI.61 Graficet del proceso de mezclado

En la presente secuencia del graficet tenemos la descripción, que permitirá ver el nivel operativo de la automatización del proceso de etiquetado y sellado.



**Fuente:** Rodrigo S. Freire E., José A. Tonato S. (Autores)

Figura VI.62 Graficet del proceso de etiquetado

### 6.3.5.2. Determinación de las ecuaciones del grafcet

Mediante la secuencia del grafcet se determina las ecuaciones a desarrollarse del Proceso de Dosificación y mezclado de líquidos.

ETAPA	TAGS	ECUACIÓN
1	M1=	INICIO + M9TIMER 3 + M1 $\overline{M2} \overline{M3} \overline{M4}$
2	M2=	M1TIMER 0 + M2 $\overline{M5}$
3	M3=	M1TIMER 0 + M3 $\overline{M5}$
4	M4=	M1TIMER 0 + M4 $\overline{M5}$
5	M5=	M2 NIVEL + M3 NIVEL + M4 NIVEL + M5 $\overline{M6}$
6	M6=	M5 TIMER 1 + M6 $\overline{M7}$
7	M7=	M6 TERMOCUPLAS + M7 $\overline{M8}$
8	M8=	M7 TIMER 2 + M8 $\overline{M9}$
9	M9=	M8 $\overline{NIVEL}$ + M9 $\overline{M1}$
	M1=	Rest(M10)
	M2=	Set(M15)
	M3=	Set(M16)
	M4=	Set(M14)
	M5=	Set(M10), Rest(M15), Rest(M16), Rest(M14)
	M6=	Set(M11)
	M7=	Rest(M11)
	M8=	Rest(M10), Set(M13), Set(M12)
	M9=	Rest(M12), Rest(M13)
10	M10=	MOTOR MEZCLA
11	M11=	NIQUELINA

12	M12=	BOMBA NEUMATICA
13	M13=	VÁLVULA
14	M14=	TANQUE 1
15	M15=	TANQUE 3
16	M16=	TANQUE 2
21	M21=	ROJO
27	M27=	VERDE

*Fuente: Rodrigo S. Freire E., José A. Tonato S. (Autores)*

Tabla VI.VII Ecuación del grafct del proceso de mezclado

Mediante la secuencia del grafct se determina las ecuaciones a desarrollarse del proceso de etiquetación y sellado de botellas

ETAPA	TAGS	ECUACIÓN
1	M1=	INICIO + M9Ta0+ M1 $\overline{M2}$
2	M2=	M1R1 + M2 $\overline{M3}$
3	M3=	M2a1 + M3 $\overline{M4}$
4	M4=	M1Tb1 + M4 $\overline{M5}$
5	M5=	M4 Tb0 + M5 $\overline{M6}$
6	M6=	M5 R2 + M6 $\overline{M7}$
7	M7=	M6C1 + M7 $\overline{M8}$
8	M8=	M7 Td1 + M8 $\overline{M9}$
9	M9=	M8Td0 + M9 $\overline{M1}$
	M1=	Set(M10)
	M2=	Set(M11), Rest(M10)
	M3=	Set(M12)
	M4=	Rest(M12)
	M5=	Set(M10)

	M6=	Set(M13)
	M7=	Set(M14), Set(M15)
	M8=	Res(M14), Res(M15)
	M9=	Res(M13), Res(M11)
10	M10=	Banda Transportadora
11	M11=	Pistón A
12	M12=	Pistón B
13	M13=	Pistón C
14	M14=	Pistón D
15	M15=	Pulir

*Fuente: Rodrigo S. Freire E., José A. Tonato S. (Autores)*

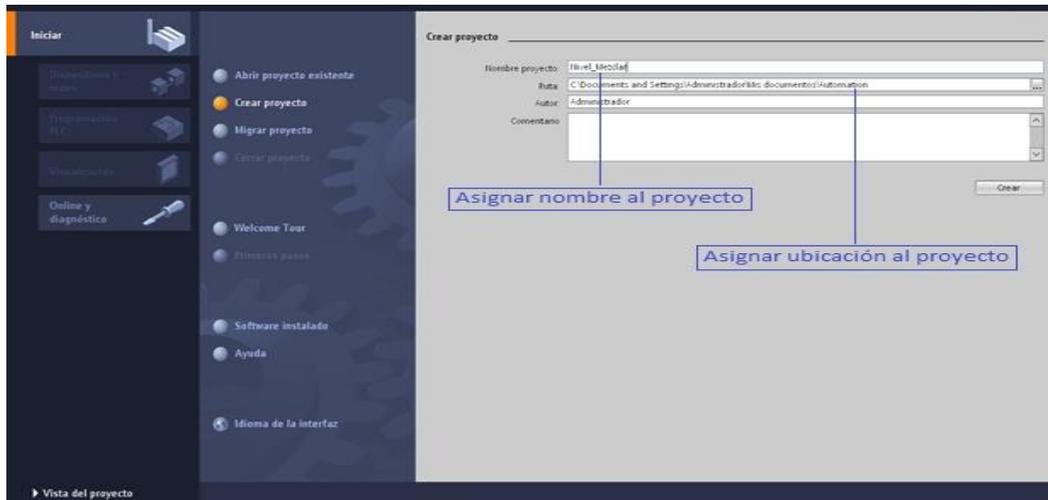
Tabla VI.VIII Ecuación del graficet del proceso de etiquetado y tapado

### **6.3.6. Programación en el STEP 7-Basic TIA Portal V11**

El software que hemos utilizado para la programación de las secuencias de los procesos realizados en los autómatas es el STEP 7-Basic TIA Portal V11. Propiedad de Siemens al cual pertenece nuestro PLC.

Las ventajas de Totally Integrated Automation se manifiestan en el diseño y en la ingeniería, pero también en el montaje y la puesta en marcha, así como en el funcionamiento y el mantenimiento.

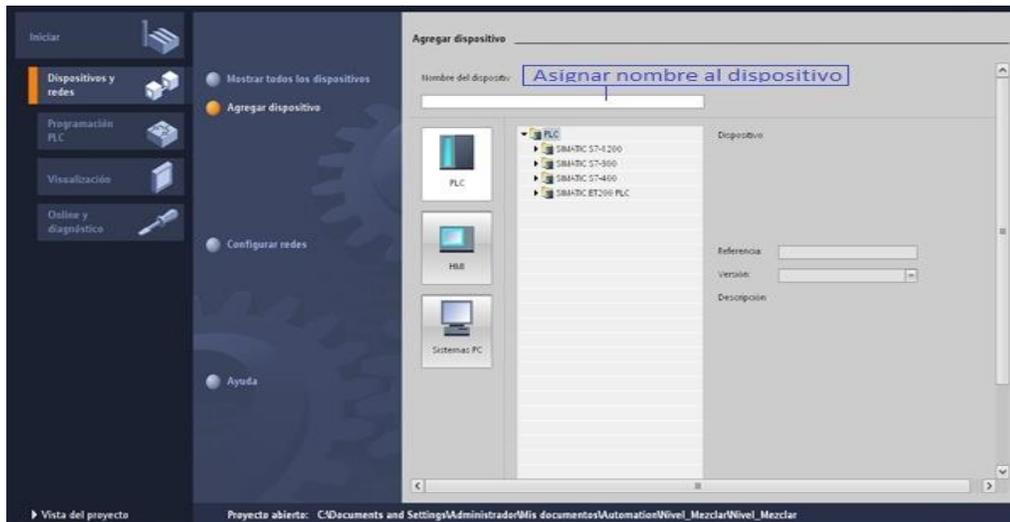
1. Creamos un proyecto al cual le damos un nombre.



**Fuente:** Rodrigo S. Freire E., José A. Tonato S. (Autores)

Figura VI.63 Asignación de nombre y dirección al programa

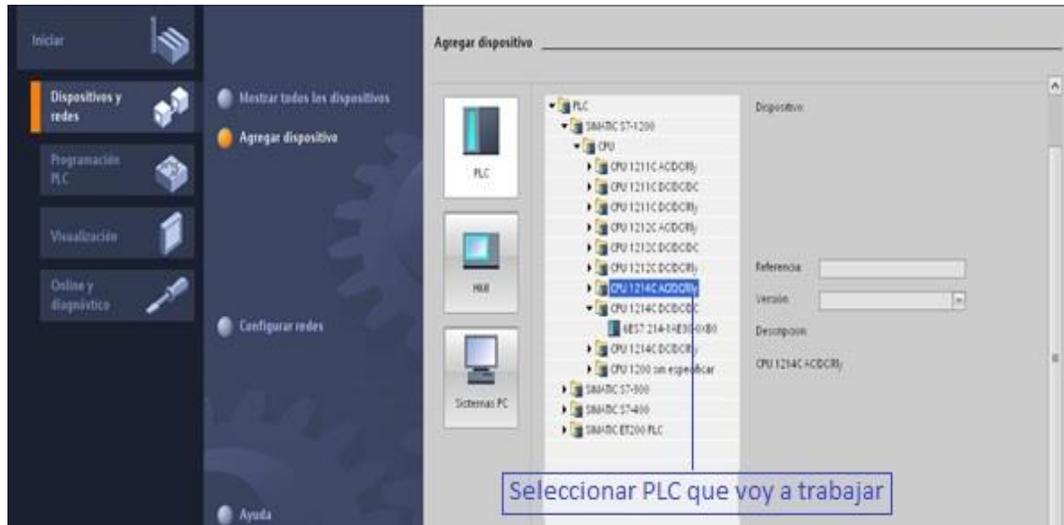
2. Acto seguido asignamos un nombre al dispositivo.



**Fuente:** Rodrigo S. Freire E., José A. Tonato S. (Autores)

Figura VI.64 Asignación del nombre al dispositivo

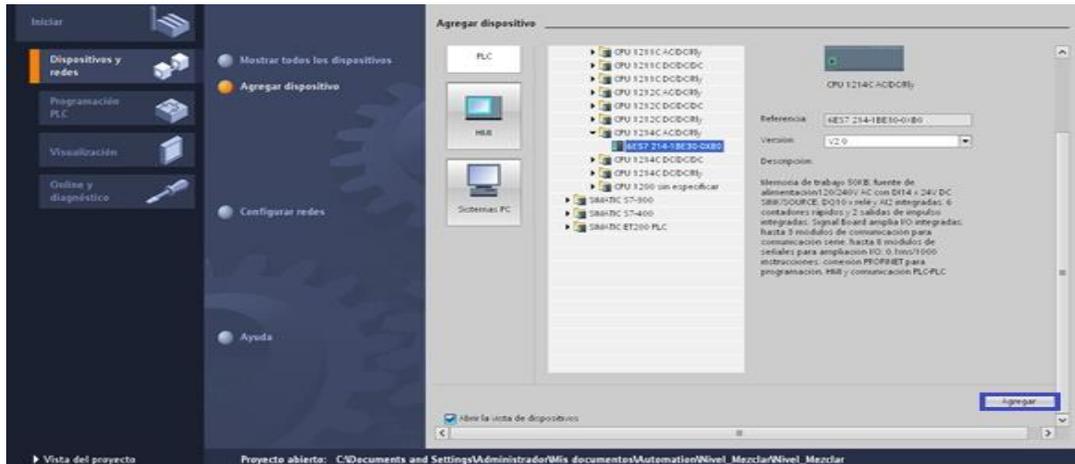
3. Seleccionamos el tipo de autómata a trabajar en Simatic S7 1200 en la parte de CPU, de acuerdo al PLC que utilizemos.



**Fuente:** Rodrigo S. Freire E., José A. Tonato S. (Autores)

Figura VI.65 Selección del CPU del PLC a utilizar

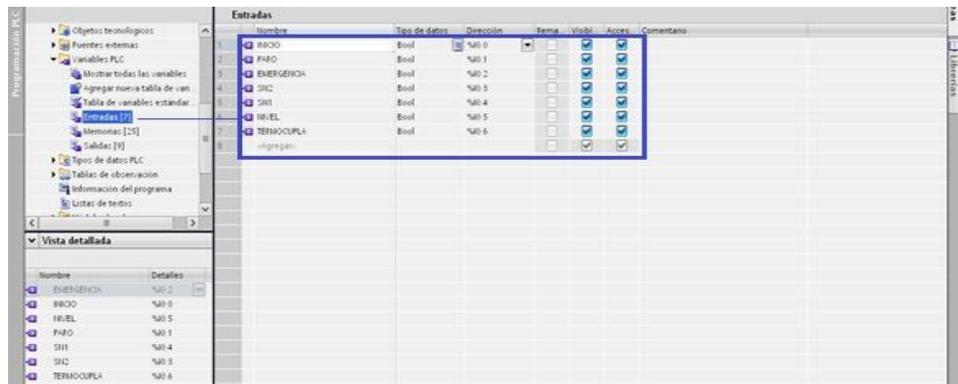
4. Después de seleccionar nuestro autómatas, agregamos el dispositivo.



**Fuente:** Rodrigo S. Freire E., José A. Tonato S. (Autores)

Figura VI.66 Agregamos el controlador del CPU seleccionado

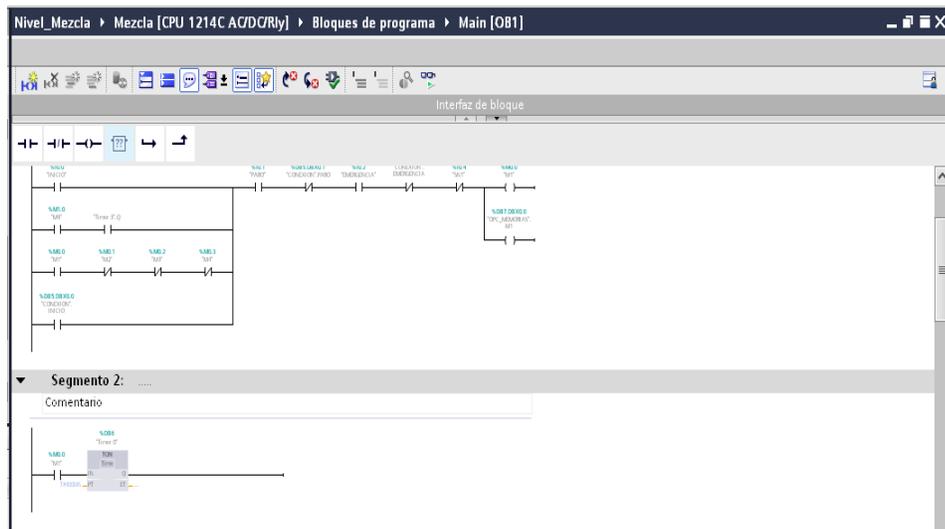
5. En la parte de variables del PLC procedemos a crear nuestras variables de programa.



**Fuente:** Rodrigo S. Freire E., José A. Tonato S. (Autores)

Figura VI.67 Ingreso de variables de programa

- Una vez creada todas nuestras variables procedemos a generar el graficet el cual contendrá la secuencia del proceso. Esto hacemos para los PLC's de los dos módulos.



**Fuente:** Rodrigo S. Freire E., José A. Tonato S. (Autores)

Figura VI.68 Programación del PLC

En el TIA Portal se debe crear una base de datos BD, la misma que contendrá las variables de entrada, salida y memorias del PLC, creamos una base de datos para que en el programa principal MAIN sean utilizadas de acuerdo a nuestro propósito

general, ya que ésta base de datos (DB) será exportada al NI OPC Servers 2012 de National Instruments, que posteriormente servirá para la comunicación entre el HMI(Interfaz Humano Máquina) de LabVIEW 2012 y el PLC físico, mediante el cual controlaremos la red desde LabVIEW.

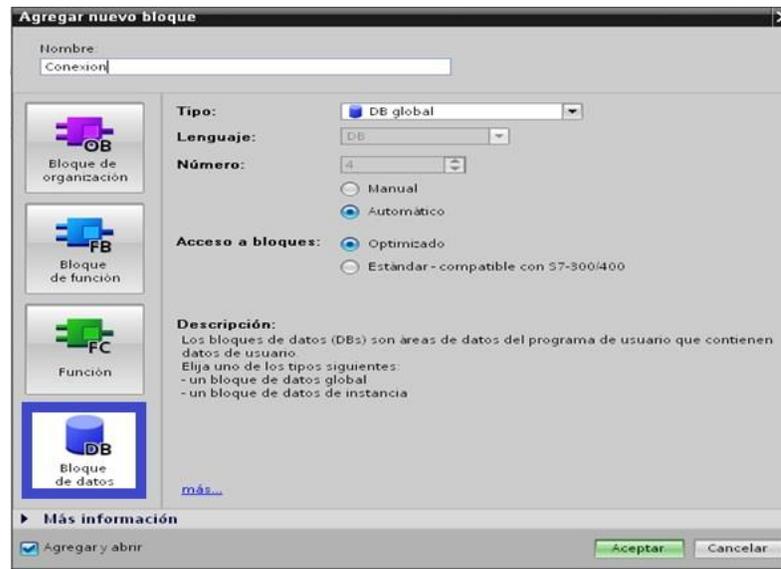
Para crear un bloque de datos, proceda del siguiente modo:

1. Haga doble clic en el comando "Agregar nuevo bloque". Se abre el cuadro de diálogo "Agregar nuevo bloque".
2. Haga clic en el botón "Bloque de datos (DB)".
3. Seleccione el tipo *bloque de datos*. Existen las posibilidades siguientes:  
Para crear un bloque de datos global, seleccione la entrada de la lista "DB global". Para crear un bloque de datos instancia, seleccione de la lista el bloque de función al que desea asignar el bloque de datos instancia. En la lista sólo aparecen bloques de función que se han creado con anterioridad para la CPU.
4. Introduzca un nombre para el bloque de datos.
5. Introduzca las propiedades del nuevo bloque de datos

Elija si desea asignar el número de bloque de manera manual o automática.

Seleccione el tipo de acceso a bloques, en el cual seleccionamos "compatible con S7 300 y S7 400".

6. Active la casilla de verificación "Agregar y abrir" si el bloque debe abrirse inmediatamente después de crearse.
7. Confirme las entradas realizadas con "Aceptar".



**Fuente:** Rodrigo S. Freire E., José A. Tonato S. (Autores)

Figura VI.69 Creación del bloque de datos de los PLC

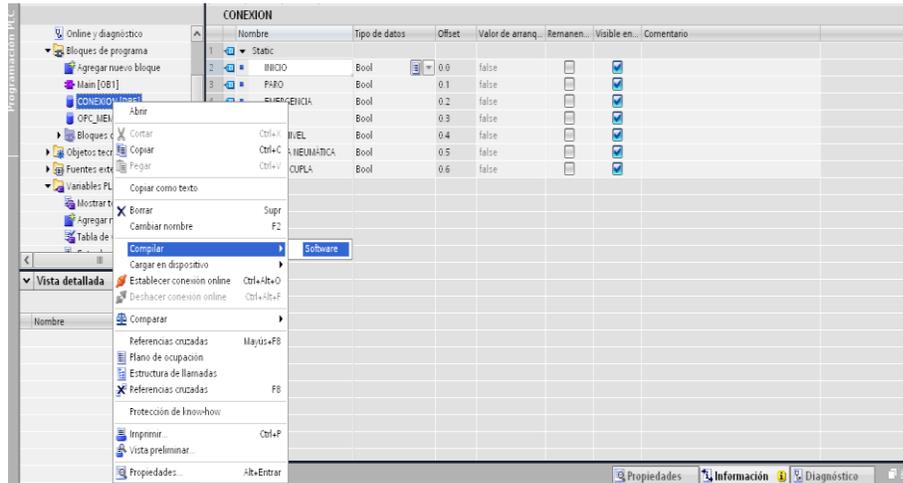
Debemos crear todas las variables globales que vamos a utilizar, mediante las cuales controlaremos nuestros procesos por medio del HMI,



**Fuente:** Rodrigo S. Freire E., José A. Tonato S. (Autores)

Figura VI.70 Creación de variables del bloque de datos

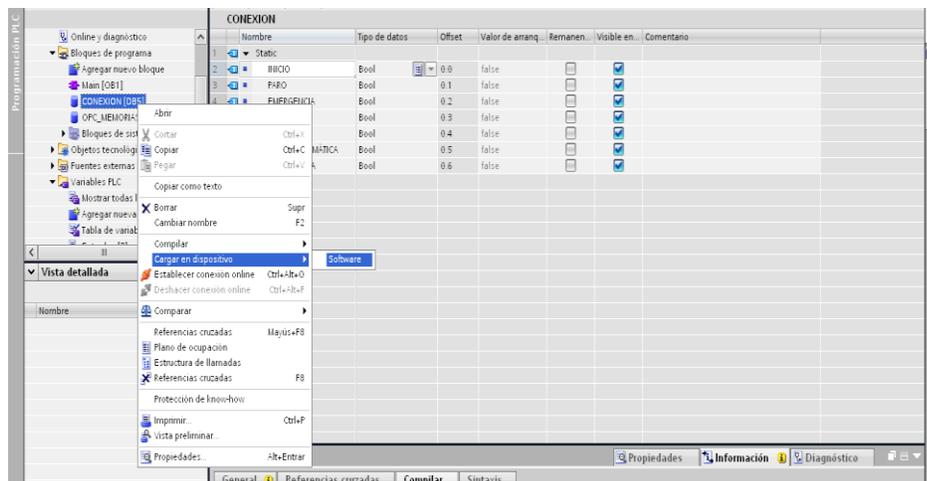
Nos ubicamos en el nombre de bloque de datos. Damos click derecho en la opción compilar software realizamos este proceso para obtener las direcciones de las variables globales.



**Fuente:** Rodrigo S. Freire E., José A. Tonato S. (Autores)

Figura VI.71 Compilación del bloque de datos

Como siguiente paso debemos cargar en dispositivo y software

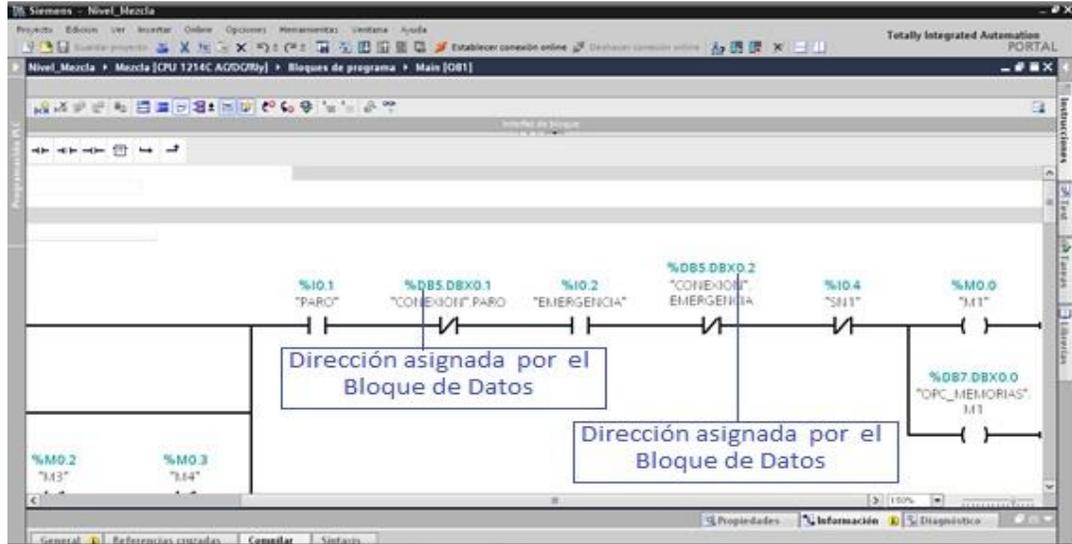


**Fuente:** Rodrigo S. Freire E., José A. Tonato S. (Autores)

Figura VI.72 Cargar bloque de datos en el PLC

No debemos olvidar la dirección física de cada tag creado para cuando creamos los tags en el OPC Server.

Ejemplo: %DB5.DBX0.2 que en este caso corresponde al botón Emergencia



*Fuente: Rodrigo S. Freire E., José A. Tonato S. (Autores)*

Figura VI.73 Inserción de las variables del bloque de datos en el programa

## 6.4. COMUNICACIÓN NI-OPC SERVER CON LOS AUTÓMATAS

### 6.4.1. Configuración en el NI OPC Servers de National Instruments

En esta sección se mostrará cómo configurar el NI OPC Server para comunicarse con los PLC's programados en el TIA Portal. No es necesario que el PLC tenga un programa corriendo, pero es conveniente hacerlo para confirmar la lectura de las señales.

Es importante denotar que necesitaremos crear un canal diferente para cada PLC utilizado. En nuestro caso hemos utilizado tres autómatas, por lo tanto, tendremos tres canales.

1. Abrir el programa NI OPC Servers.
2. Abrir un nuevo proyecto usando el botón New Project ubicado en la parte superior izquierda. Aceptar cerrar y desconectar clientes activos en caso que fuera necesario.



**Fuente:** Rodrigo S. Freire E., José A. Tonato S. (Autores)

Figura VI.74 Creación de un nuevo canal en OPC Server.

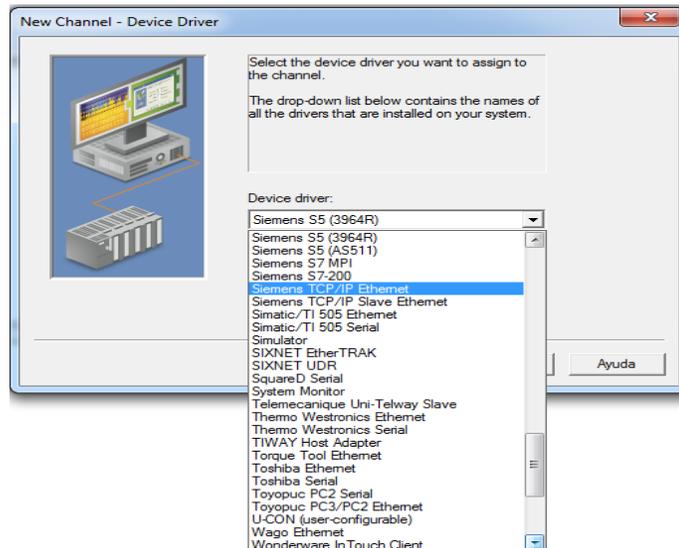
3. Añadir un canal haciendo click en la figura del conector “Add a channel” en la parte izquierda superior de la pantalla. Un canal es una forma de comunicación del computador con el hardware, especificando además qué tipo de PLC se utilizará.
4. Agregar un nombre al canal, según sea de nuestra preferencia.
5. Presionar el botón Siguiente.



**Fuente:** Rodrigo S. Freire E., José A. Tonato S. (Autores)

Figura VI.75 Dar un nombre al canal creado

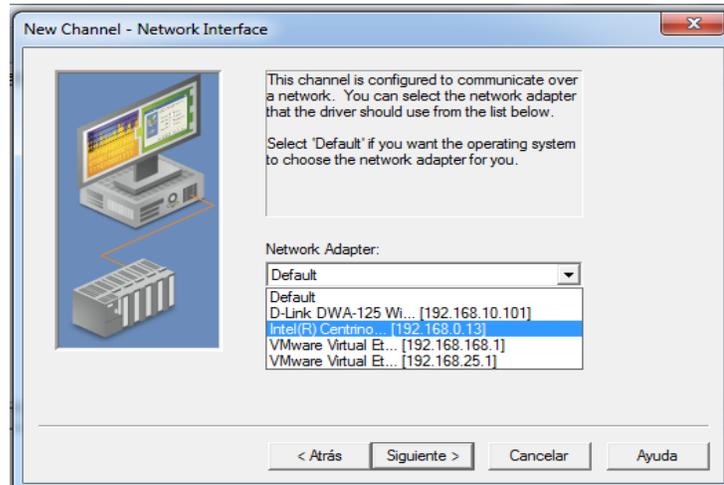
6. De la lista desplegable, seleccionar Siemens TCP/IP Ethernet. Habilitar el diagnóstico para depurar errores. Presionar el botón Siguiete.



**Fuente:** Rodrigo S. Freire E., José A. Tonato S. (Autores)

Figura VI.76 Seleccionamos la marca del autómeta

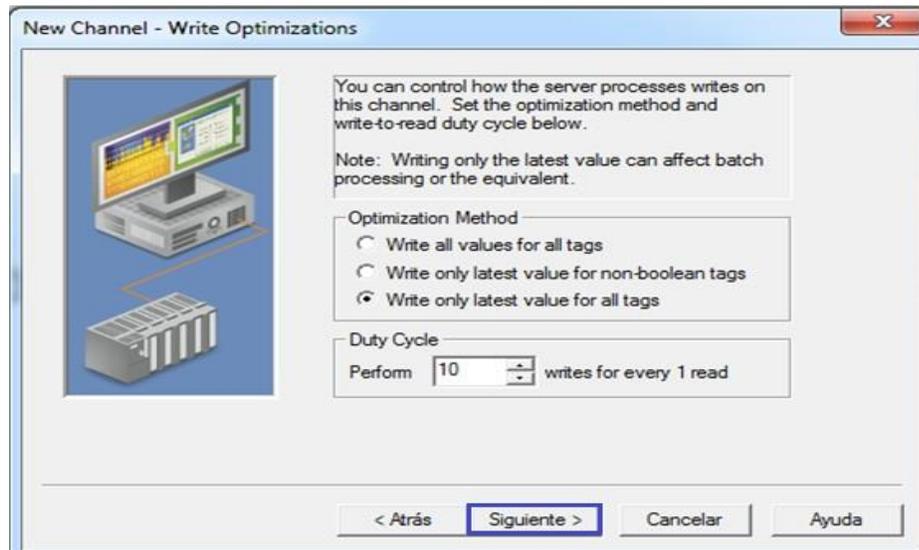
7. Seleccionar la tarjeta de red a través de la cual nos comunicaremos con el autómeta.



*Fuente: Rodrigo S. Freire E., José A. Tonato S. (Autores)*

Figura VI.77 Seleccionar tarjeta de red del ordenador

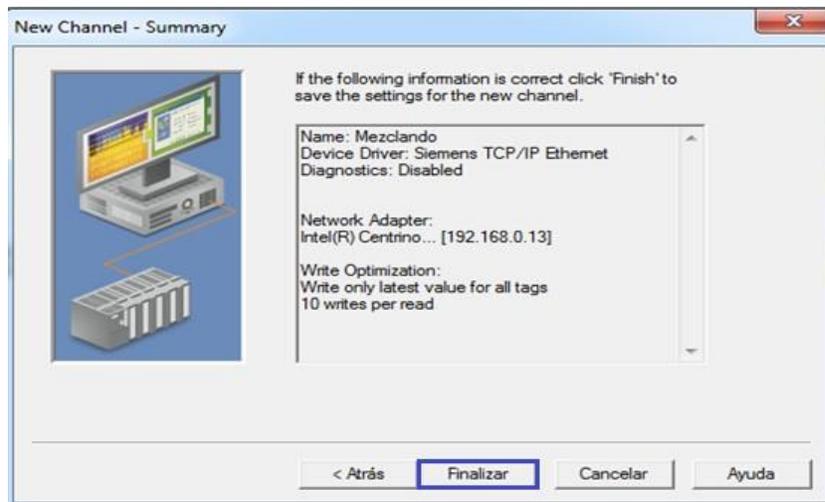
8. En la ventana de Write Optimizations dejar los parámetros predeterminados. Presionar el botón Siguiente.



*Fuente: Rodrigo S. Freire E., José A. Tonato S. (Autores)*

Figura VI.78 Creación de variables del bloque de datos

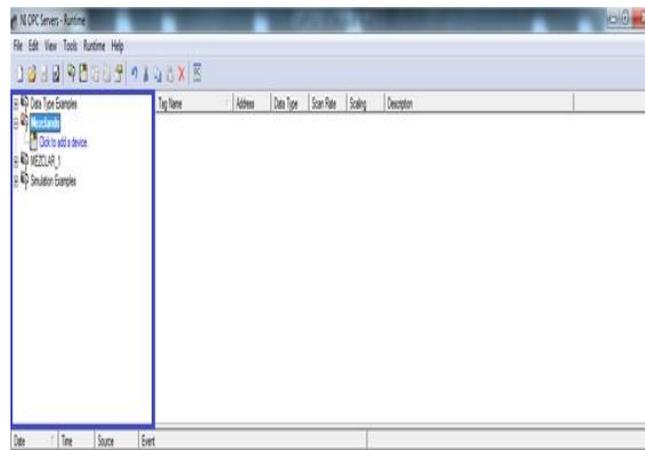
9. Aparecerá la pantalla que resume la configuración del canal.



**Fuente:** Rodrigo S. Freire E., José A. Tonato S. (Autores)

Figura VI.79 Resumen del canal creado

10. Finalizar la configuración.
11. Puesto que en un canal de comunicaciones se pueden conectar varios equipos, a continuación es necesario agregar un dispositivo. Presionar Click en “Add a device” en la parte izquierda superior de la pantalla.



**Fuente:** Rodrigo S. Freire E., José A. Tonato S. (Autores)

Figura VI.80 Crear un dispositivo dentro del canal creado

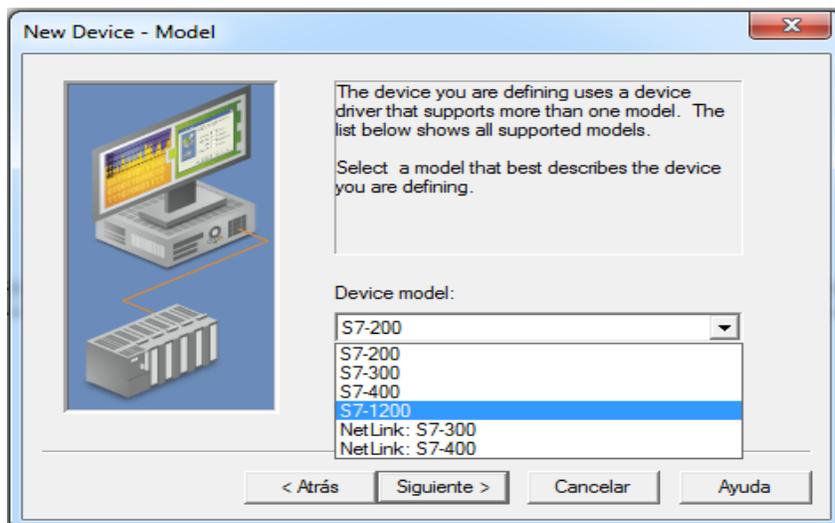
12. Dar un nombre al nuevo dispositivo.



**Fuente:** Rodrigo S. Freire E., José A. Tonato S. (Autores)

Figura VI.81 Asignación de nombre al dispositivo a trabajar

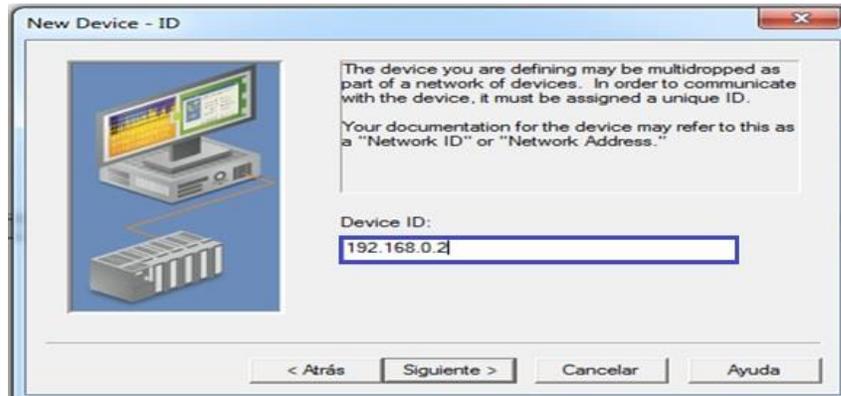
13. Seleccionar el modelo del PLC que en nuestro caso es el S7-1200 o S7 200 en el caso del Logo OBA7.



**Fuente:** Rodrigo S. Freire E., José A. Tonato S. (Autores)

Figura VI.82 Selección del modelo del autómeta

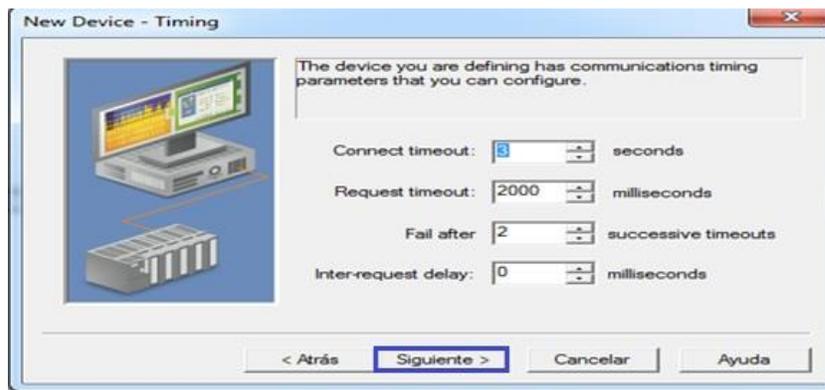
14. Agregar la dirección IP física del PLC Siemens S7-1200. Para el PLC Siemens del módulo de mezclado **192.168.0.2** y para el PLC del módulo de etiquetado **192.168.0.3**.



**Fuente:** Rodrigo S. Freire E., José A. Tonato S. (Autores)

Figura VI.83 Asignación de la dirección IP al PLC

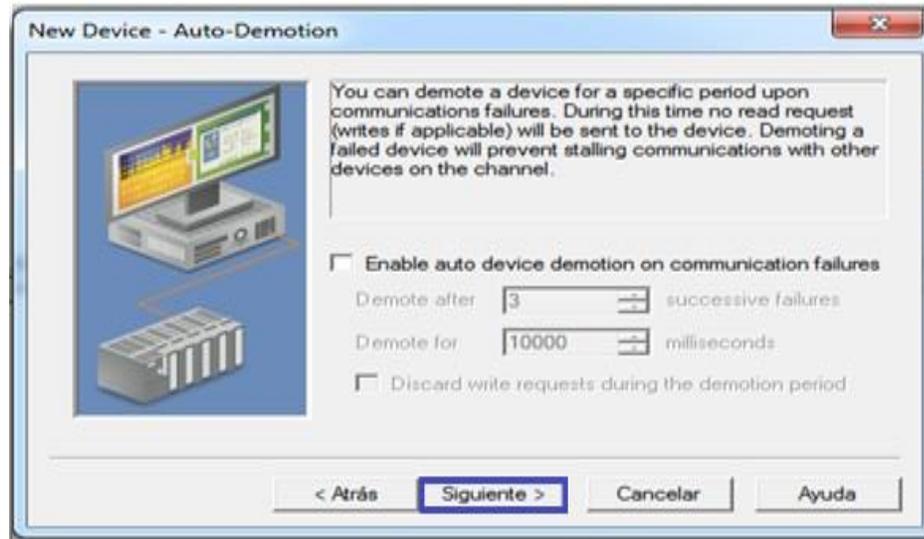
15. Configurar los parámetros de tiempo de comunicación. Request time out es el tiempo que espera el driver sin comunicación antes de emitir una falla, no la tasa a la que el driver se comunica con el PLC (llamada pollrate). Se pueden dejar los valores predeterminados. Presionar el botón Siguiete.



**Fuente:** Rodrigo S. Freire E., José A. Tonato S. (Autores)

Figura VI.84 Asignación del tiempo fuera

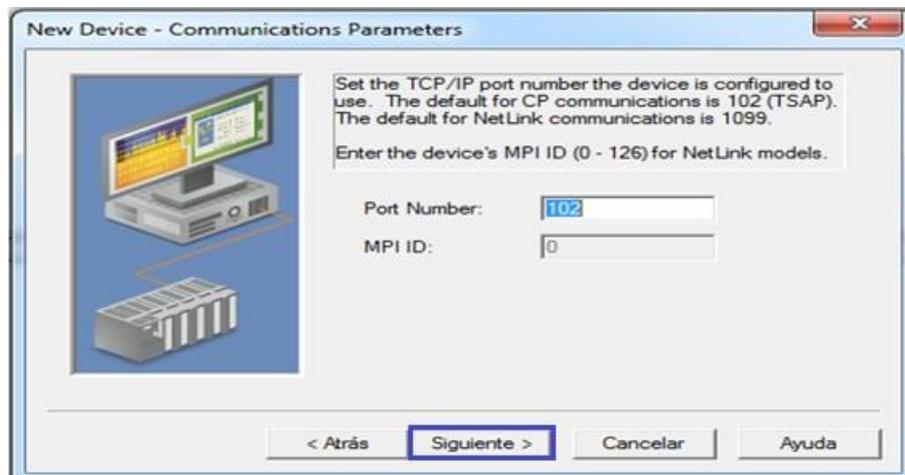
16. Se puede activar la opción Auto Demotion para que el driver pueda intentar reconectar el dispositivo en caso de una pérdida de comunicación. Presionar el botón Siguiente.



**Fuente:** Rodrigo S. Freire E., José A. Tonato S. (Autores)

Figura VI.85 Activación o desactivación del Auto-Demotion

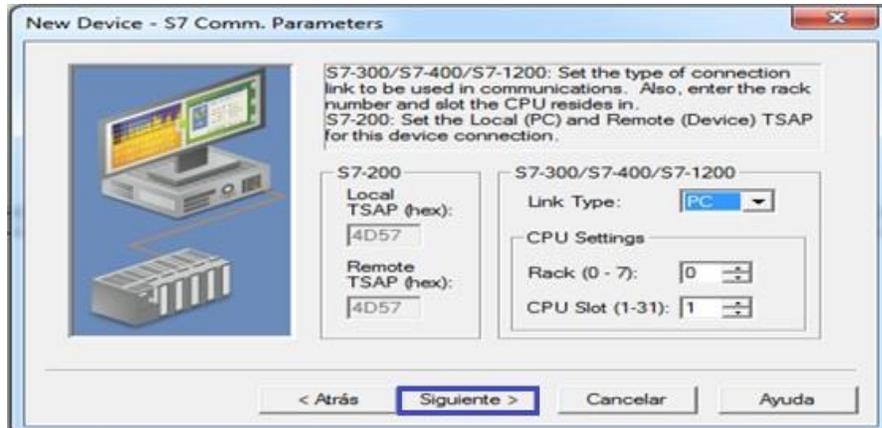
17. Selección del número de puerto a utilizar en TCP/IP Ethernet.



**Fuente:** Rodrigo S. Freire E., José A. Tonato S. (Autores)

Figura VI.86 Selección del puerto de comunicaciones

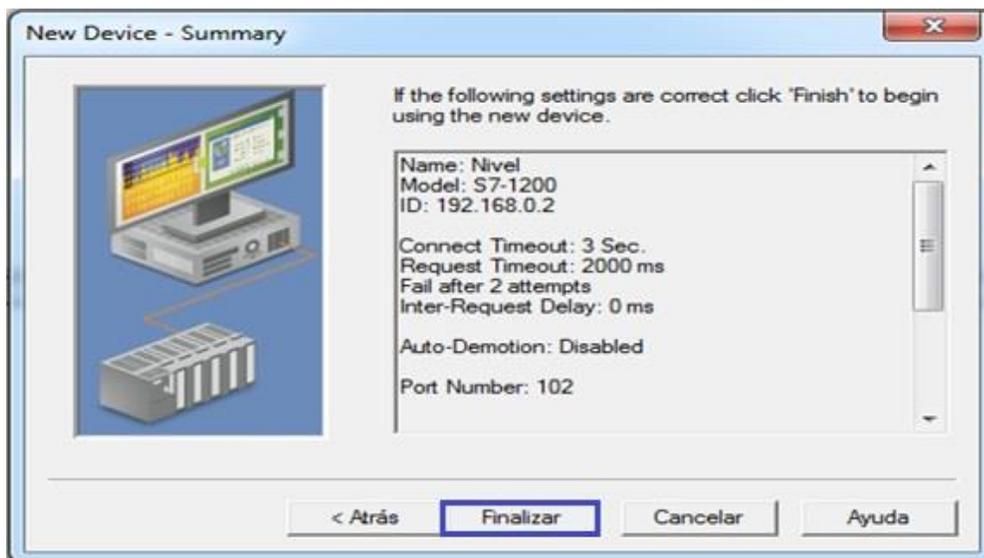
18. Parámetros del nuevo dispositivo que permite establecer el tipo de vínculo de conexión que se utiliza en comunicación.



**Fuente:** Rodrigo S. Freire E., José A. Tonato S. (Autores)

Figura VI.87 Parámetros finales de configuración

19. La pantalla “Summary” resume la configuración del dispositivo. Presionar el botón Finalizar para terminar la configuración.



**Fuente:** Rodrigo S. Freire E., José A. Tonato S. (Autores)

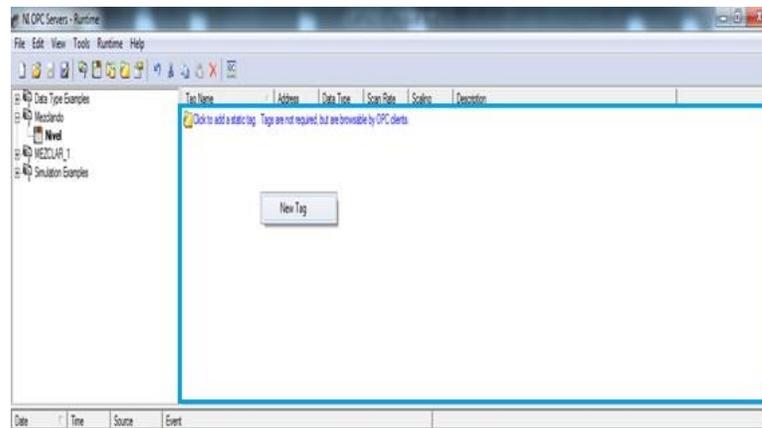
Figura VI.88 Finalización del proceso para agregar un dispositivo

#### 6.4.2. Añadir los tags del PLC en el OPC Server.

En este punto debe estar configurada la comunicación del PLC Siemens S7-1200 con el computador mediante OPC, es decir que desde un cliente OPC se podría monitorear las entradas, salidas, y parámetros del sistema del PLC.

Sin embargo es conveniente agregar una etiqueta estática (Static Tag) tanto para probar la comunicación como para que sea accedida posteriormente desde el cliente OPC.

1. Debemos ubicar el cursor del mouse al lado derecho en añadir una etiqueta estática, dando un clic derecho en el enlace “Add a static tag”; nos aparecerá una ventana para agregar un nuevo tag o etiqueta.



**Fuente:** Rodrigo S. Freire E., José A. Tonato S. (Autores)

Figura VI.89 Creación de un tag en el OPC Servers

2. Debemos configurar las propiedades de la etiqueta: Darle un nombre acorde a la función que cumpla dicho botón. En Address debemos escribir

la dirección de memoria asignada en el bloque de datos del PLC dentro de TIA PORTAL.

Por defecto el Data Type será Boolean, ya que trabajaremos con variables digitales. Presionar aceptar una vez configurada la etiqueta.

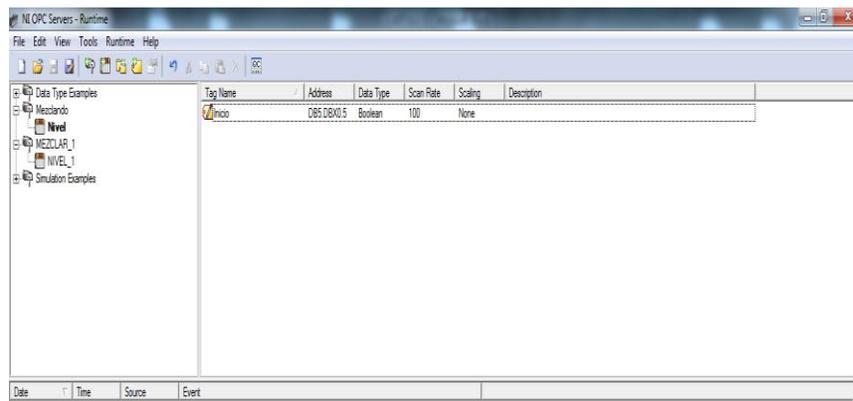
En Cliente access debemos elegir la opción Read/Write, Read o solo Write de acuerdo a nuestra necesidad.



**Fuente:** Rodrigo S. Freire E., José A. Tonato S. (Autores)

Figura VI.90 Asignar nombre y dirección al Tag creado

3. La etiqueta se habrá agregado al proyecto.

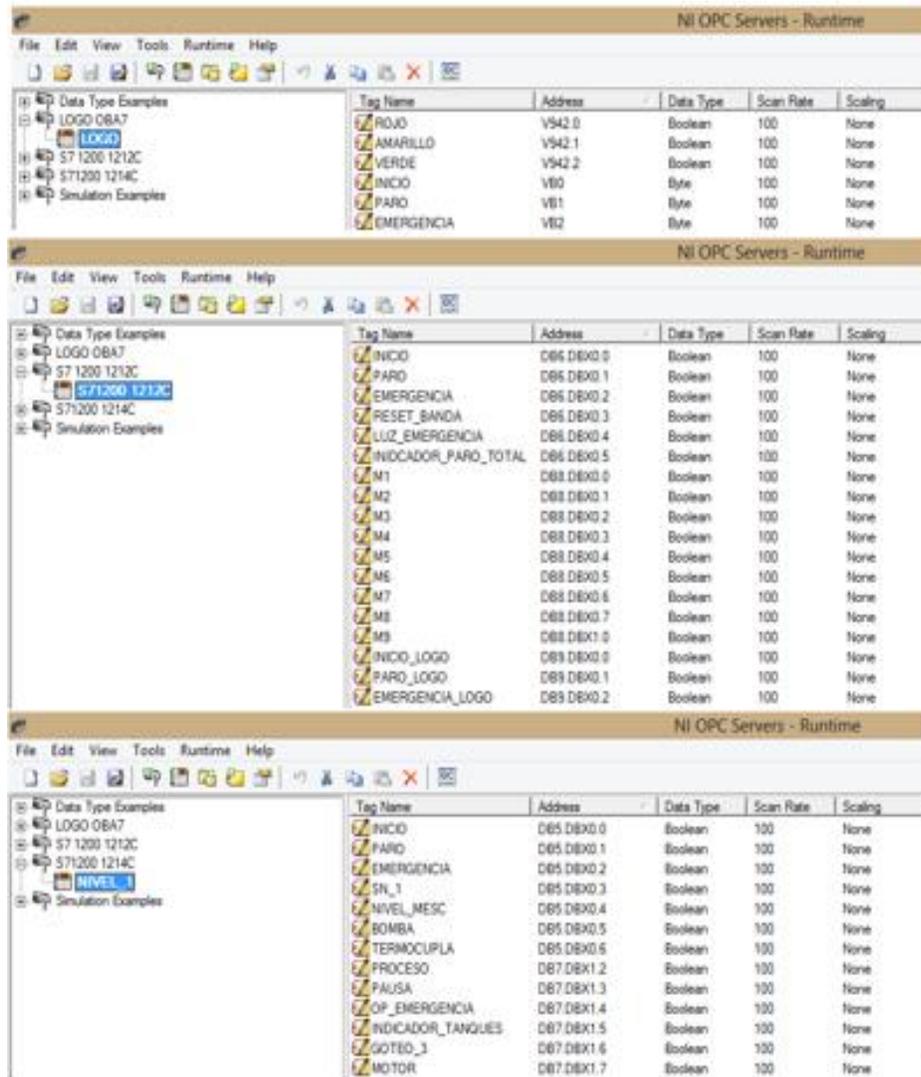


**Fuente:** Rodrigo S. Freire E., José A. Tonato S. (Autores)

Figura VI.91 Visualización del Tag creado

4. Podemos en este bloque visualizar todas las etiquetas creadas.

Siguiendo los pasos descritos anteriormente se ha creado 3 canales, cada uno con sus dispositivos: Dos PLC's y un LOGO OBA7. Cabe destacar que lo más importante es dar los nombres a los tags de la misma forma que están en los bloques de datos, para que el OPC pueda leer la dirección desde el PLC.



**Fuente:** Rodrigo S. Freire E., José A. Tonato S. (Autores)

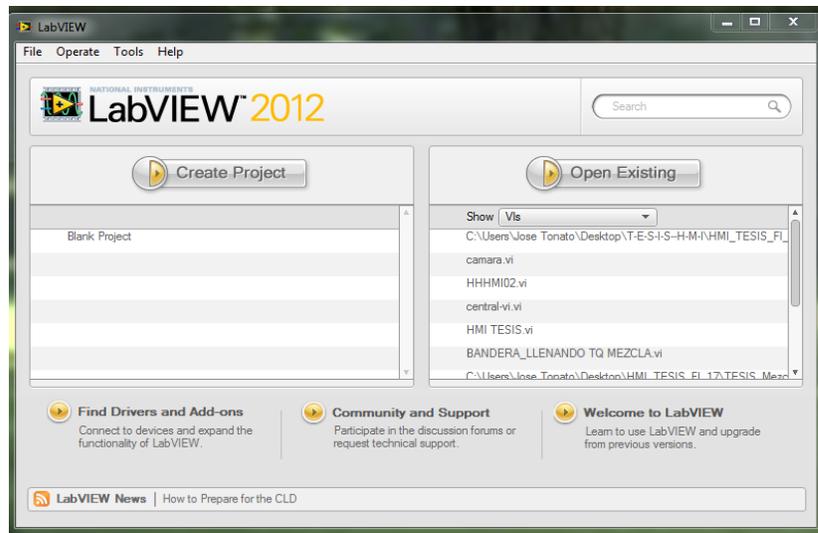
Figura VI.92 Tags creados con sus respectivos canales y dispositivos para el control de la red industrial didáctica.

## 6.5. DESCRIPCIÓN DEL HMI

Para el desarrollo del HMI se ha elegido el software **LabVIEW 2012**, de **National Instruments**. Específicamente **LabVIEW 2012** está diseñado para ingenieros y científicos que necesitan conectar a señales del mundo real.

LabVIEW 2012 es el último entorno de software de desarrollo de sistemas que es diferente a las herramientas de programación basadas en texto.

Acelera el desarrollo de su sistema a través de programación gráfica intuitiva e integración incomparable de hardware.



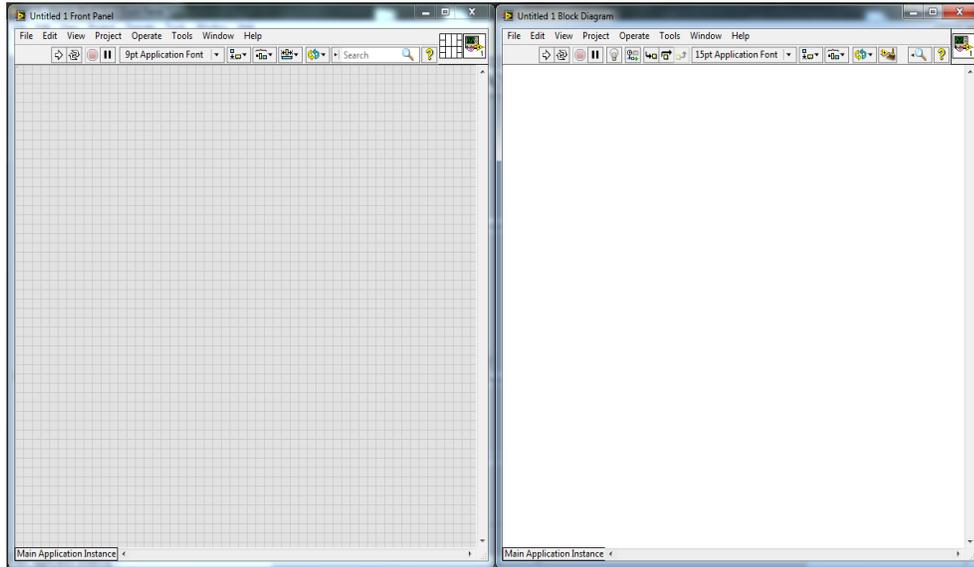
*Fuente: Rodrigo S. Freire E., José A. Tonato S. (Autores)*

Figura VI.93 Pantalla de LabVIEW 2012

La innovación y el descubrimiento. Gráfica de NI enfoque de diseño de sistemas de ingeniería proporciona un software integrado y una plataforma de hardware que acelera el desarrollo de cualquier sistema de medición y control que necesita.

A continuación se describirá los pasos para hacer el HMI.

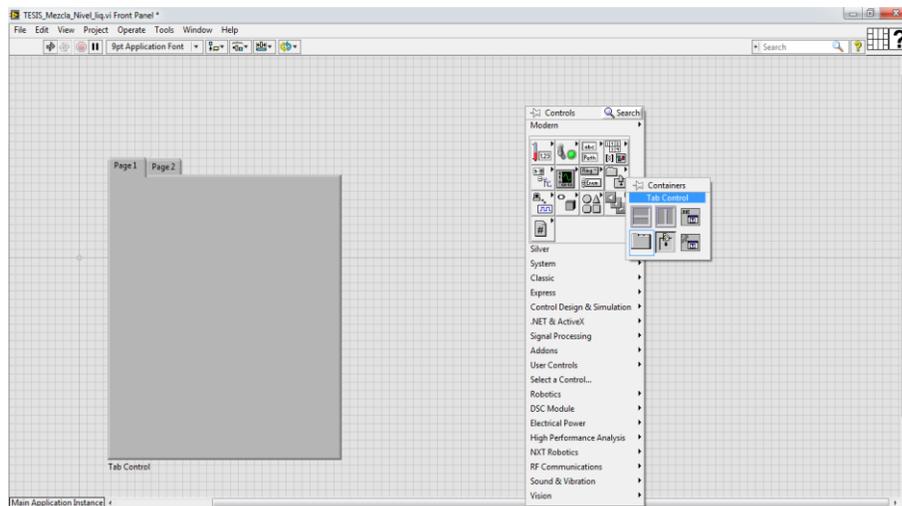
1. Debemos abrir un VI y darle un nombre al proyecto.



**Fuente:** Rodrigo S. Freire E., José A. Tonato S. (Autores)

Figura VI.94 Paneles frontal y de funciones

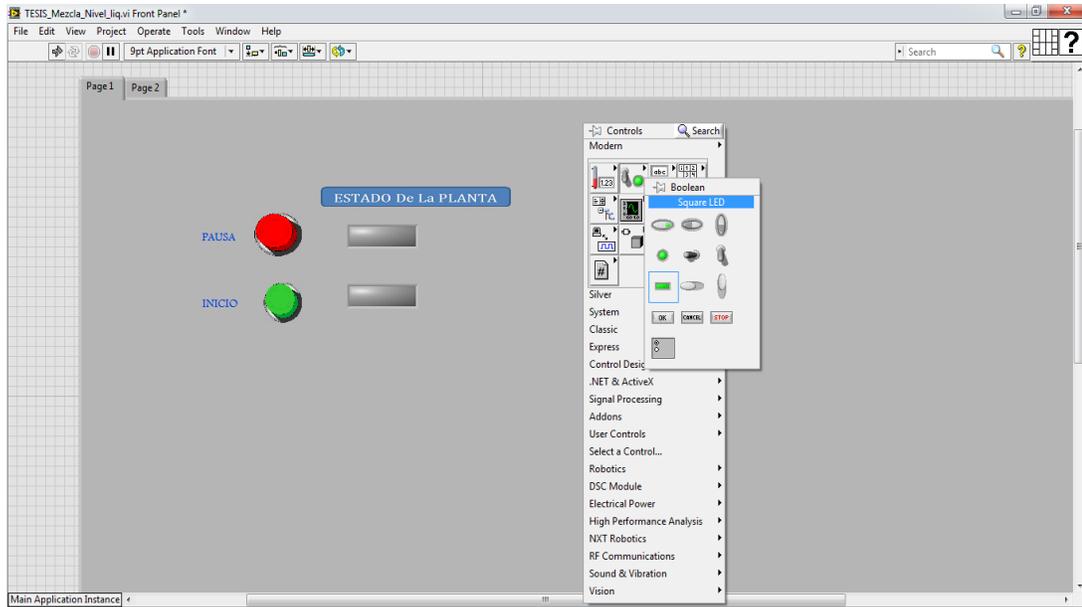
2. Para visualizar desde un mismo VI los dos procesos de mezclado de líquido y etiquetado de botellas, creamos un Tab Control.



**Fuente:** Rodrigo S. Freire E., José A. Tonato S. (Autores)

Figura VI.95 Asignación del Tab Control en el panel frontal

3. Debemos colocar todos los botones de control que nuestro sistema requiera para el control y monitoreo de la red.



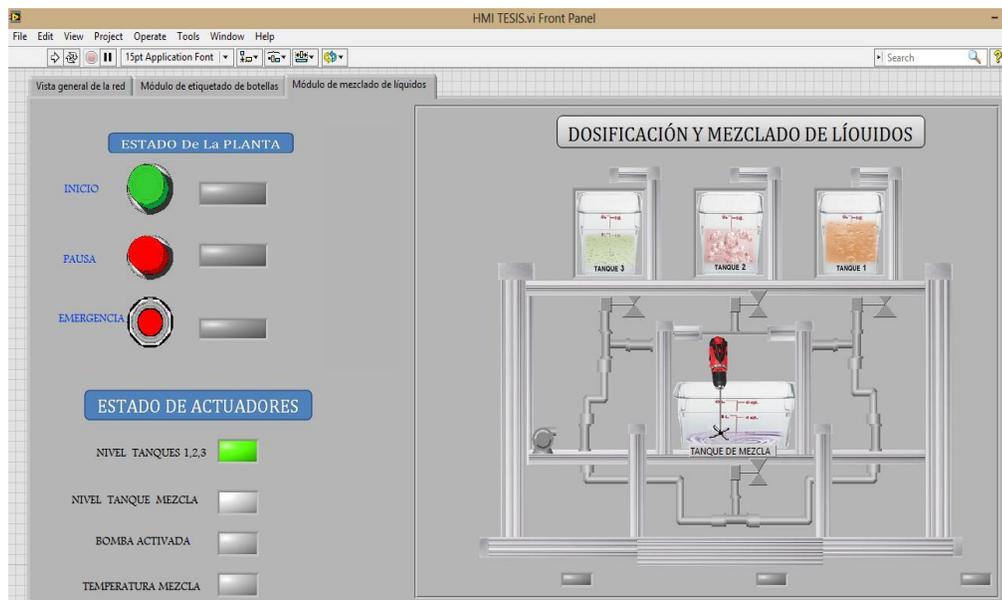
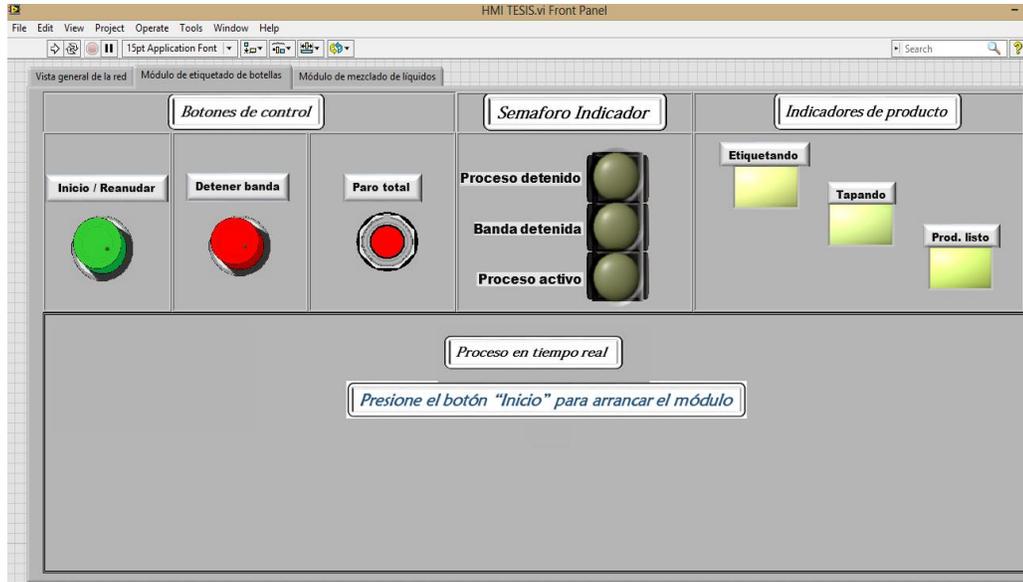
**Fuente:** Rodrigo S. Freire E., José A. Tonato S. (Autores)

Figura VI.96 Creación de botones de acuerdo a las necesidades del proyecto

4. De esta forma, gracias a los conocimientos adquiridos, se va construyendo el HMI de los procesos, teniendo en cuenta aspectos importantes como:

- ✓ Que el HMI sea amigable con el usuario y fácil de entender.
- ✓ Que el HMI tenga lo estrictamente necesario para que el usuario pueda controlar y monitorear completamente el sistema.
- ✓ Que la estructura del HMI sea lo más fiel posible a lo que el proceso está realizando.
- ✓ Que se tome en cuenta siempre que datos son los más importantes al momento de controlar y monitorear los procesos, ya que un proceso

puede tener muchas variables pero hay que seleccionar las más importantes.

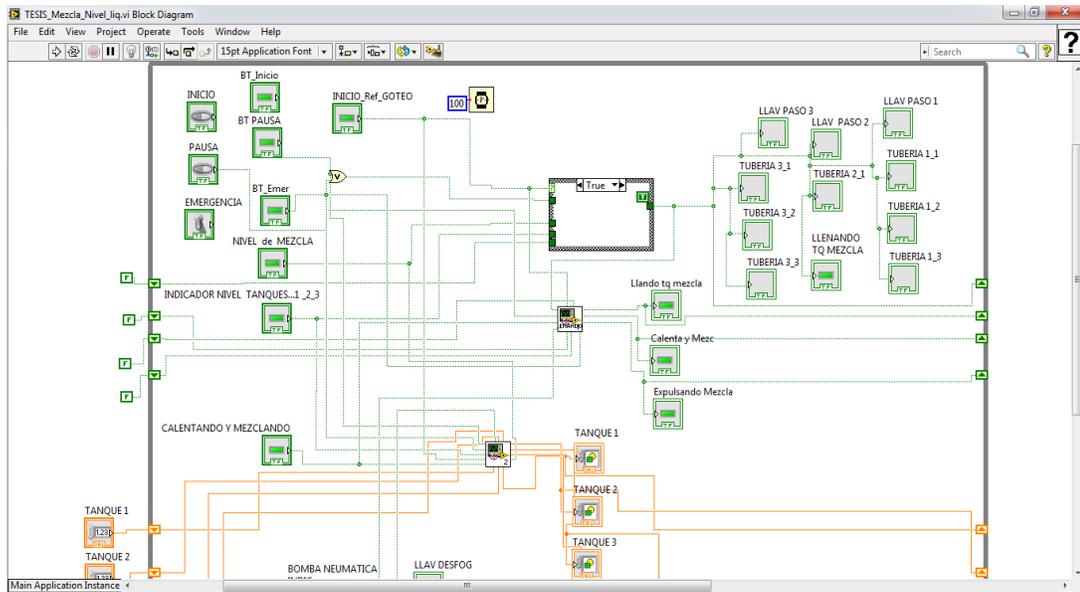


**Fuente:** Rodrigo S. Freire E., José A. Tonato S. (Autores)

Figura VI.97 Pantallas HMI de los procesos en el panel frontal

5. La parte anterior corresponde a la pantalla gráfica del HMI que se la programa en el *panel frontal*; sin embargo hay que realizar las conexiones internas entre los diferentes tags creados.

Para ello se programa el *panel de funciones*.



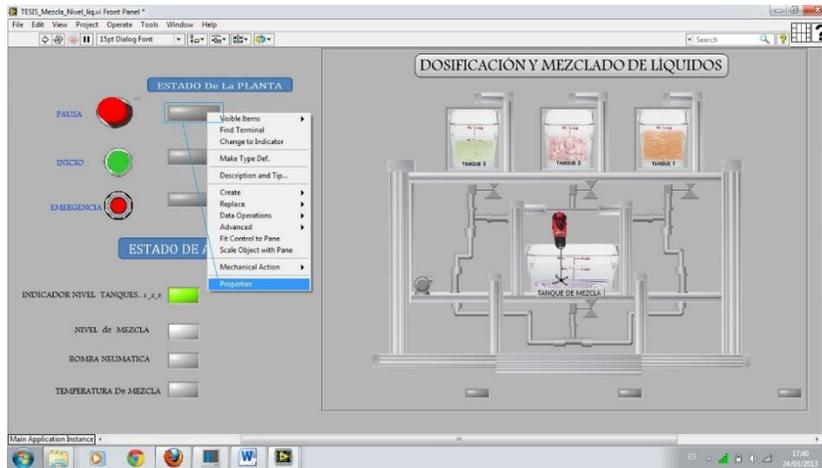
*Fuente: Rodrigo S. Freire E., José A. Tonato S. (Autores)*

Figura VI.98 Programación del panel de funciones

### 6.5.1. Conexión de los tags creados en el HMI con el OPC Server

Una vez que se tenga creado nuestro HMI procedemos a establecer la conexión de los tags con el OPC Server.

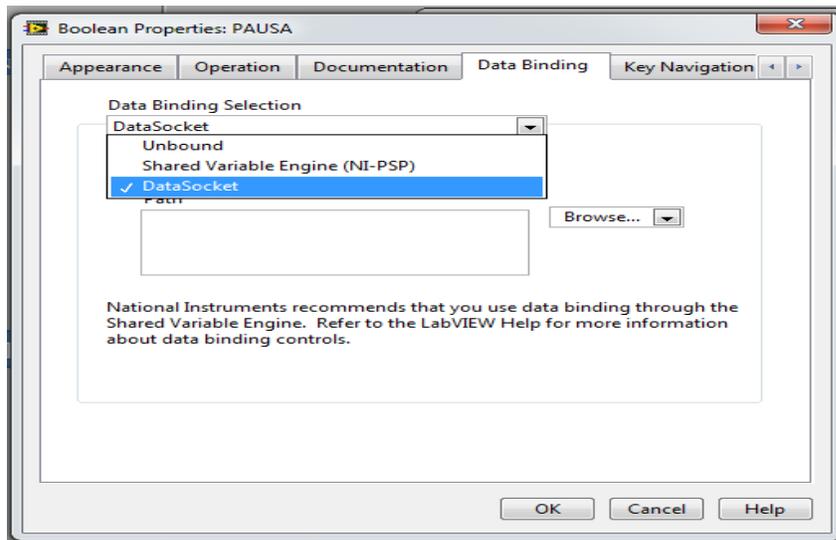
- ✓ Damos click derecho sobre el botón que deseemos que realice una iteración, ingresamos a propiedades.



**Fuente:** Rodrigo S. Freire E., José A. Tonato S. (Autores)

Figura VI.99 Propiedades de un tag

✓ Ingresamos a Data Binding, seleccionamos DataSocket

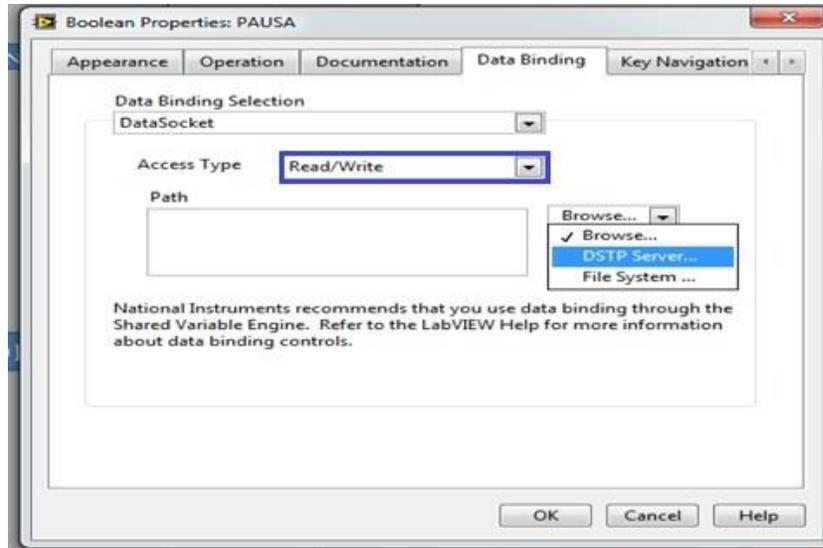


**Fuente:** Rodrigo S. Freire E., José A. Tonato S. (Autores)

Figura VI.100 Selección del Data Binding del tag

En la parte de Access Type escogemos lectura, escritura o lectura/escritura de acuerdo al proceso que realice el botón.

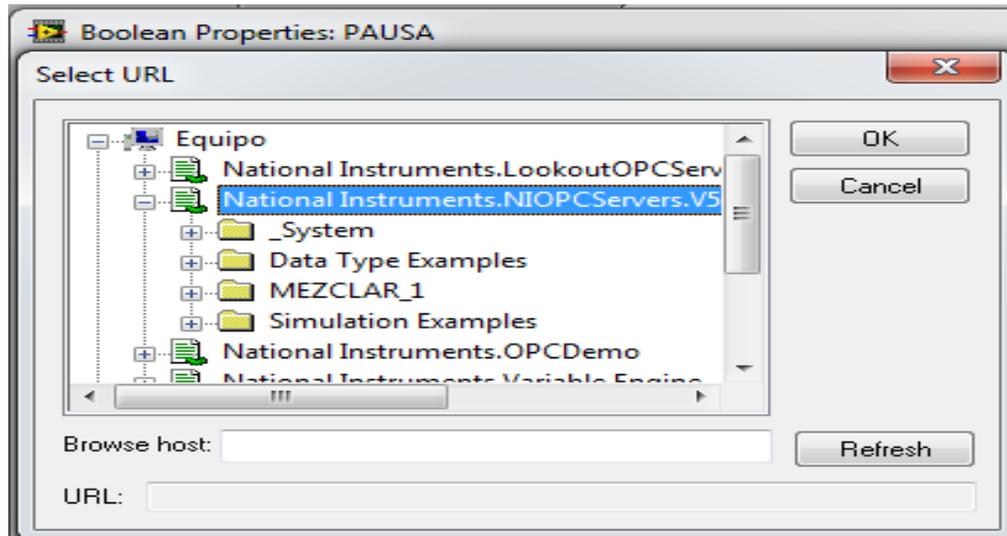
- ✓ En Browse debemos escoger la opción DSTP Servers en cual nos direccionara al OPC de National Instruments



**Fuente:** Rodrigo S. Freire E., José A. Tonato S. (Autores)

Figura VI.101 Búsqueda del OPC

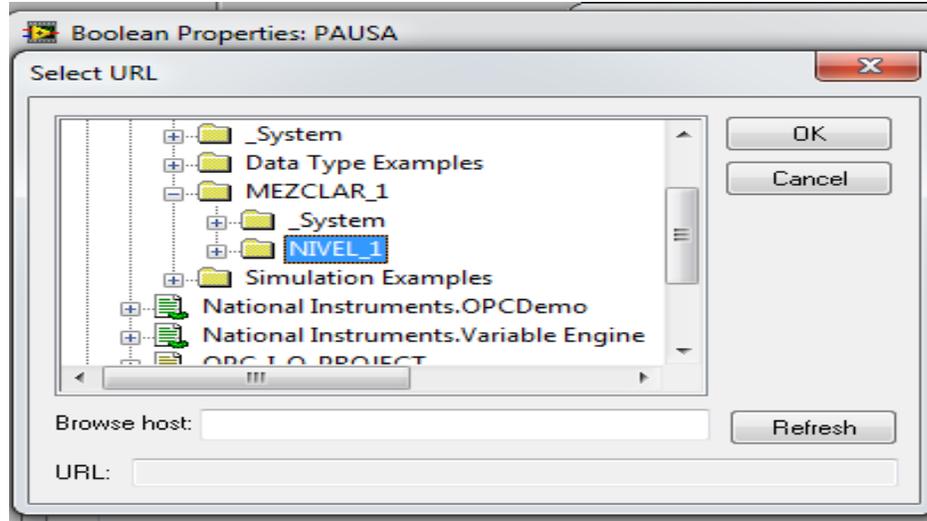
- ✓ Seleccione National Instruments. NI OPC Servers.



**Fuente:** Rodrigo S. Freiré E., José A. Tonato S. (Autores)

Figura VI.102 Seleccionar el OPC donde se ha creado los tags

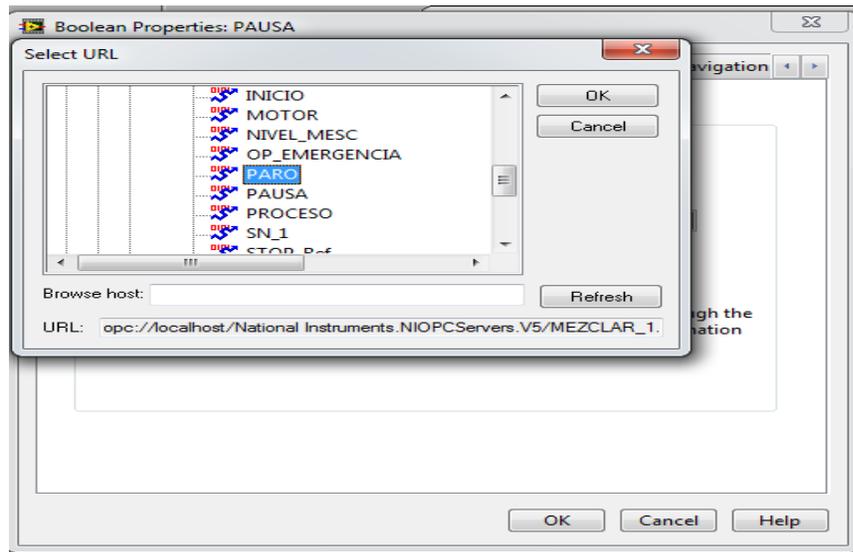
- ✓ Seleccione el canal y el dispositivo en el cual se encuentre ubicado sus tags para el control de cada botón.



**Fuente:** Rodrigo S. Freiré E., José A. Tonato S. (Autores)

Figura VI.103 Asignación del canal adecuado

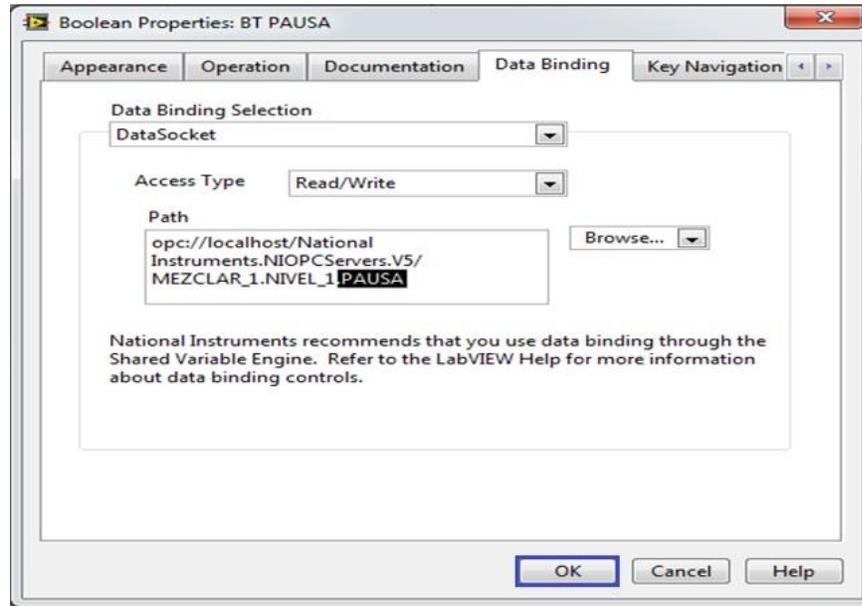
- ✓ Elegir el Tag de control acorde al botón que se esté trabajando.



**Fuente:** Rodrigo S. Freiré E., José A. Tonato S. (Autores)

Figura VI.104 Selección individual de cada tag

- ✓ Seleccionar OK para finalizar el proceso, y hacer esto con cada tag del HMI.



*Fuente: Rodrigo S. Freiré E., José A. Tonato S. (Autores)*

Figura VI.105 Visualización de un tag listo para controlar el proceso

## 6.6. INTERCONEXIÓN DE LOS ELEMENTOS DE LA RED

Una vez creado las pantallas HMI de cada uno de los procesos y habiendo programado cada PLC, se indicará de qué forma se interconecta la red.

Se ha mencionado que la red estará bajo una plataforma Ethernet, y que el control vía radio se lo implementará bajo la norma IEEE 802.11 correspondiente a WIFI. Además se ha instalado el programa Teamviewer que permite el acceso a todas las computadoras del HMI por medio de escritorio remoto a través de Internet.

Los dispositivos que cumplen los Estándares Ethernet instalados son:

- ✓ Un switch como elemento principal. Ya que será este dispositivo quien gestione el tráfico. Prácticamente todos los equipos estarán conectados a él.



**Fuente:** Rodrigo S. Freiré E., José A. Tonato S. (Autores)

Figura VI.106 Switch que gestiona el tráfico de paquetes

- ✓ Un router inalámbrico. Este dispositivo se lo configurará como punto de acceso (AP) para la transmisión inalámbrica vía radio.



**Fuente:** Rodrigo S. Freiré E., José A. Tonato S. (Autores)

Figura VI.107 Router como AP para la comunicación vía radio

- ✓ Una antena industrial Wifi de marca Brianchild compatible con cualquier PLC. Esta antena será conectada al PLC y enviará y transimirá los paquetes del PLC conectado a toda la red por medio del AP mencionado en el inciso anterior.

Esta antena cumple con los estándares IEEE 802.11 para una comunicación Wifi, además es 100% probada para el sector industrial.



**Fuente:** Rodrigo S. Freiré E., José A. Tonato S. (Autores)

Figura VI.108 Antena Wifi conectada al PLC para el control vía radio

- ✓ Dos o más computadoras conectadas al switch o al AP, que por medio del HMI desarrollado en LabVIEW controlarán los procesos.



**Fuente:** Rodrigo S. Freiré E., José A. Tonato S. (Autores)

Figura VI.109 Computadoras conectadas a la red

- ✓ Se debe tener dos tarjetas de red para cada ordenador. Una para la red de control y otra para la conexión a Internet, ya que la aplicación del escritorio remoto necesita Internet para acceder a las máquinas.
- ✓ Instalar la aplicación Teamviewer en los dispositivos desde los cuales deseamos hacer el control de la red. Se ha instalado en los siguientes equipos:

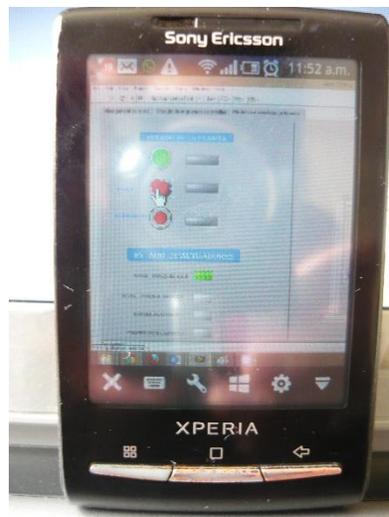
- ✓ Tablet con Sistema Operativo Android



**Fuente:** Rodrigo S. Freiré E., José A. Tonato S. (Autores)

Figura VI.110 Red controlada desde una Tablet con SO Android

- ✓ Teléfono Smart con Sistema Operativo Android



**Fuente:** Rodrigo S. Freiré E., José A. Tonato S. (Autores)

Figura VI.111 Red controlada desde un Smart Phone con SO Android

- ✓ iPhone 4S con Sistema Operativo IOS 6.0 de Apple



**Fuente:** Rodrigo S. Freiré E., José A. Tonato S. (Autores)

Figura VI.112 Red controlada desde un iPhone 4S con SO iOS 6.0 de Apple

## CONCLUSIONES

- ✓ El análisis de los tipos de sistemas de comunicaciones industriales es muy importante, ya que permite a los profesionales diseñar redes eficientes que solucionen problemas en el sector industrial.
- ✓ El estándar IEEE 802.3 bajo el cual se ha implementado el sistema, es el estándar por excelencia utilizado en la comunicación de datos en el mundo actual, por eso su implementación está siendo cada vez más utilizada en la automatización de procesos.
- ✓ Los sistemas de comunicaciones vía radio son de suma importancia, ya que permiten controlar procesos en lugares de difícil acceso y permiten ahorro de cables para la transmisión de datos, ya que utilizan el aire como medio de transmisión; por lo tanto su uso es cada vez más común en el sector industrial.
- ✓ La utilización de Controladores Lógicos Programables ha permitido el control de la red industrial, ya que gracias a su avanzada tecnología están perfectamente adaptados a los requerimientos de la industria y permiten controlar cualquier proceso en forma segura, eficiente y confiable.
- ✓ La implementación de un Interfaz Humano- Máquina (HMI) permitió controlar y monitorear la red industrial didáctica, ya que deja al usuario observar desde su ordenador cada proceso en forma gráfica, por lo tanto es una herramienta indispensable en la automatización industrial.
- ✓ La aplicación de Escritorio Remoto a través de Internet a los ordenadores de la red, permite que varios dispositivos puedan controlar y monitorear los

procesos, sin importar su Sistema Operativo. De la misma manera es muy importante la conexión a Internet, ya que no importa el lugar físico donde se encuentre el operador, si dispone de conexión a Internet podrá monitorear la red desde cualquier parte del mundo.

## RECOMENDACIONES

- ✓ Se recomienda realizar un estudio previo a fondo acerca de los sistemas de comunicaciones industriales, para escoger el sistema que se ajuste de acuerdo a las necesidades requeridas.
- ✓ Es importante realizar un análisis técnico-económico antes de implementar una red en un sistema de automatización, ya que se debe seleccionar de entre los dispositivos existentes en el mercado los más adecuados conforme se esté dispuesto a invertir, y asegurándonos que los dispositivos a adquirir van a dar una solución plena al problema que se pretende solucionar.
- ✓ Al implementar un sistema de comunicaciones vía radio es importante tomar en cuenta todos los factores que intervienen; como la distancia entre estaciones, velocidad de transmisión de datos, etc. Ya que este tipo de transmisión es más vulnerable a sufrir pérdidas de comunicación que los sistemas cableados.
- ✓ Para obtener como resultado un correcto funcionamiento de la red se recomienda seguir estándares internacionales ya establecidos; ya que de esta forma se tendrá una red robusta con pocas probabilidades de falla.
- ✓ Uno de los aspectos más importantes antes de poner en funcionamiento a la red, es verificar que todos los dispositivos físicos a utilizarse estén correctamente instalados. Por lo tanto es necesario asegurarse que los niveles de voltaje, corriente, presiones, estén en perfecto estado para evitar daños a los equipos y al personal que los maneja.

## RESUMEN

Se diseñó e implementó un sistema de comunicación vía radio para el control y monitoreo de una red industrial didáctica utilizando módulos pertenecientes a la Escuela de Ingeniería Electrónica en Control y Redes Industriales de la ESPOCH. Se ha utilizado el método deductivo, ya que se partió de un análisis general de los sistemas de comunicaciones industriales y se llegó a un modelo particular que puede ser implementado en cualquier empresa basándose en normas y estándares internacionales para una transmisión confiable y segura de datos.

Una vez analizados los diferentes tipos de comunicaciones, se ha decidido por implementar la red bajo el estándar Ethernet, según la norma internacional IEEE 802.3 emitida por el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos.

El control vía radio se lo ha implementado bajo la norma internacional IEEE 802.11, que es la variante de Ethernet para comunicaciones inalámbricas. De esta forma, a través de un ordenador podemos controlar y monitorear módulos didácticos que simulan procesos industriales.

La red controla y monitorea dos módulos didácticos. El primer módulo simula el proceso de etiquetado y tapado de botellas con la ayuda de cuatro pistones neumáticos. El segundo módulo simula el proceso de dosificación y mezclado de tres líquidos diferentes, dicha mezcla será calentada a 30°C y expulsada a un tanque para su almacenamiento. Por último se ha instalado una baliza de tres luces: verde, amarillo y rojo; que indicarán si el proceso está activo, en pausa o detenido respectivamente.

Se concluyó con la implementación de esta red que es factible controlar y monitorear de una forma eficiente, segura y confiable, utilizando ondas de radiofrecuencia los módulos de etiquetado de botellas y de mezclado de líquidos.

Se recomienda trabajar bajo normas y estándares internacionales ya establecidos, para que el sistema funcione correctamente y proporcione una transmisión segura de señales como estado de sensores, activación de motores, electroválvulas.

## ABSTRACT

A communications system by radio for the control and monitoring of a didactics industrial network was designed and implemented, by using modules belonging to the Escuela de Ingeniería Electrónica en Control y Redes Industrias de la ESPOCH.

It was used the deductive methods, because it was based on a general analysis of industrial communication systems and it was reached a particular model which can be implemented on any company based on international norms and standards for safe and reliable transmission of data.

Having analyzed the different kinds of communications, it has been decided to implement the network under the Ethernet standard, according to the international norm IEEE 802.3 issued by the Institute of Electrical and Electronics Engineers.

By radio control has been implemented under the international standard IEEE 802.11, which is the Ethernet variant for wireless communications. Thus, through a computer we can control and monitor training modules that simulate industrial processes.

The network control and monitors two didactic modules. The first module simulates the process of labeling and capping bottles with the help of four pneumatic pistons. The second module simulates the process of metering and mixing three different liquids, whose mixture will heat to 30 °C and discharged into a tank for storage. Finally, it has been installed a beacon of three lights: green, yellow and red, which will indicate whether the process is active, paused or stopped respectively.

It was concluded with the implementation of this network which is possible to control and monitor an efficient, safe and reliable, by using radiofrequency waves modules bottle labeling and mixing of liquids.

It is recommended to work under international norms and standards established, for the system to function properly and provide safe transmission of signals and sensor status, motor activation, electro valve.

## GLOSARIO

**IEEE:** (Instituto de Ingenieros Electrónicos y Eléctricos) - Instituto independiente que desarrolla estándares del establecimiento de una red.

**NEMA:** (National Electrical Manufacturers Association). Es la asociación de comercio más grande en los Estados Unidos, cuyo objetivo es establecer una estandarización proporciona grados de protección para envoltorios de equipo eléctrico.

**CSMA/CD:** (Acceso Múltiple por Detección de Portadora con Detección de Colisiones). Método de transferencia de datos que se utiliza para prevenir pérdida de los datos en una red.

**DHCP:** (Dynamic Host Configuration Protocol)- Protocolo que deja un dispositivo en una red local, conocida como servidor de DHCP, asigna direcciones temporales del IP a los otros dispositivos de la red, típicamente computadoras. DNS (Domain Name Server) - El IP ADDRESS del servidor del ISP, que traduce los nombres de website a direcciones del IP.

**TCP/IP:** (Protocolo del control Protocol/Internet de la transmisión) - Sistema de protocolos que hacen posibles servicios Telnet, FTP, E-mail, y otros entre ordenadores que no pertenecen a la misma red.

**UDP:** (User Datagram Protocol) - Es un protocolo del nivel de transporte basado en el intercambio de datagramas. Permite el envío de data gramas a través de la red sin que se haya establecido previamente una conexión, ya que el propio datagrama

incorpora suficiente información de direccionamiento en su cabecera. Tampoco tiene confirmación ni control de flujo, por lo que los paquetes pueden adelantarse unos a otros; y tampoco se sabe si ha llegado correctamente, ya que no hay confirmación de entrega o recepción.

**PAQUETE:** Unidad de los datos enviados sobre una red.

**ONDAS DE RADIO:** Las ondas electromagnéticas son omnidireccionales, así que no son necesarias las antenas parabólicas. La transmisión no es sensible a las atenuaciones producidas por la lluvia ya que se opera en frecuencias no demasiado elevadas.

**AP:** El Access Point es un dispositivo que funciona como punto de acceso al wi-fi. Tiene la posibilidad de admitir cuatro conexiones con TPU. También funciona como switch y como router. Puede o no tener modem. Posibilidad de conexión por cable.

**RED INDUSTRIAL:** Es un conjunto de dispositivos interconectados físicamente (ya sea vía alámbrica o vía inalámbrica) que comparten recursos y que se comunican entre sí a través de reglas (protocolos) de comunicación. Las comunicaciones entre los instrumentos de proceso y el sistema de control se basan principalmente en señales (neumáticas de 3 a 15 psi en las válvulas de control y electrónicas de 4 a 20 mA cc)

**AUTOMATIZACIÓN:** Automatización es la tecnología que trata de la aplicación de sistemas mecánicos, electrónicos y de bases computacionales para operar y controlar la producción.

**PLC:** (Controlador Lógico Programable). Son dispositivos electrónicos muy usados en automatización industrial, están diseñados para controlar en tiempo real

procesos secuenciales en un medio industrial. Su manejo y programación puede ser realizada por personal electricista, electrónico o de instrumentación, sin conocimientos de informática.

**GRAFNET:** Es un diagrama funcional que describe los procesos a automatizar, teniendo en cuenta las acciones a realizar, y los procesos intermedios que provocan estas acciones.

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

**TAG:** Es una etiqueta, una variable que puede ser una entrada o salida del PLC que tiene una dirección de memoria.

## **BIBLIOGRAFÍA**

1. **BOLTON, W.**, Mecatrónica: Sistemas de Control Electrónico en la Ingeniería Mecánica y Eléctrica., 4ª.ed., México DF-México., ALFAOMEGA., 2010., Pp. 65-80
2. **CREUS, A.**, Instrumentación Industrial., 8ª.ed., Madrid-España., McGraw., 2011., Pp. 30-68
3. **GUILLÉN, A.**, Introducción a la neumática., s.ed., Barcelona-España., Marcombo., 1993., Pp. 90-110
4. **GROUPE, S.**, Plataforma de Automatismos Modicon TSX

Premium., s.ed., Berlín-Alemania., MERLIN GERIN-GROUPE  
SCHNEIDER., 1998. Pp. 150-180

5. **MULLER, R.**, Pneumatics: Theory and Applications., 1<sup>a</sup>.ed.,  
Berlín-Germany., DITZINGEN., 1998., Pp. 20-44
6. **NATIONAL, I.**, LabVIEW Básico: Manual., s.ed.,  
Washington DC-Estados Unidos., National Instruments.,  
2006., Pp. 10-28
7. **REID, N., y SEIDE, R.**, Manual de Redes Inalámbricas., 6<sup>a</sup>.ed,  
Washington DC-Estados Unidos., McGraw-Hill., 2004. Pp.  
153-165

### **BIBLIOGRAFÍA DE INTERNET**

1. **CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC)**  
<http://www.misrespuestas.com/que-es-un-plc.html>  
2013/02/17
2. **ELEMENTOS DE UN PLC**  
[http://www.infoplcn.net/files/descargas/siemens/infoPLC\\_net\\_S71200%20 EasyBook.pdf](http://www.infoplcn.net/files/descargas/siemens/infoPLC_net_S71200%20EasyBook.pdf)  
2013/01/25
3. **ETHERNET INDUSTRIAL**  
<http://www.ieee.org.ar/downloads/Romero-Eth-Ind.pdf>  
2012/12/20

4. **EVOLUCIÓN DE LA AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL**  
<http://es.scribd.com/doc/47224624/EVOLUCION-DE-LA-AUTOMATIZACION-INDUSTRIAL>  
2012/11/21
  
5. **GRAF CET**  
<http://isa.uniovi.es/genia/spanish/publicaciones/grafcet.pdf>  
2013/01/06
  
6. **LABVIEW 2012**  
[http://www.gte.us.es/ASIGN/IE\\_4T/Tutorial%20de%20](http://www.gte.us.es/ASIGN/IE_4T/Tutorial%20de%20)  
2013/03/24
  
7. **LENGUAJE LADDER**  
<http://www.ing.unlp.edu.ar/electrotecnia/procesos/apuntes/Diagrama%20Escalera.pdf>  
2013/01/15
  
8. **NI OPC SERVER DE NATIONAL INSTRUMENTS**  
<http://www.ni.com/white-paper/7450/en>  
2013/03/19
  
9. **NORMA IEC 61131-3**  
[http://www.infoplcn.net/files/documentacion/estandar\\_programacion/infoPLC\\_net\\_Intro\\_estandar\\_IEC\\_61131-3.pdf](http://www.infoplcn.net/files/documentacion/estandar_programacion/infoPLC_net_Intro_estandar_IEC_61131-3.pdf)  
2012/12/05
  
10. **NORMA IEEE 802.3**  
[http://biblioteca.pucp.edu.pe/docs/elibros\\_pucp/alcocer\\_carlos/10\\_Alcoer\\_2000\\_Redes\\_Cap\\_10.pdf](http://biblioteca.pucp.edu.pe/docs/elibros_pucp/alcocer_carlos/10_Alcoer_2000_Redes_Cap_10.pdf)

2012/12/08

**11. PIRÁMIDE DE AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL**

[http://www.tec.url.edu.gt/boletin/URL\\_10\\_MEC01.pdf](http://www.tec.url.edu.gt/boletin/URL_10_MEC01.pdf)

2012/12/16

**12. PLC SIEMENS S7-1200**

<http://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry>

2013/02/09

**13. REDES INDUSTRIALES**

<http://es.scribd.com/doc/14809760/REDES-INDUSTRIALES>

2012/11/28

**ANEXOS**

# **ANEXO 1**

**Hoja de guía de prácticas.**



**ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA  
EN CONTROL Y REDES INDUSTRIALES**

**PRÁCTICA DE LABORATORIO #:**

**DURACIÓN EN HORAS:**

**Integrantes:**

**Nombre de la práctica:**

**Actividad a desarrollarse:**

**DESARROLLO**

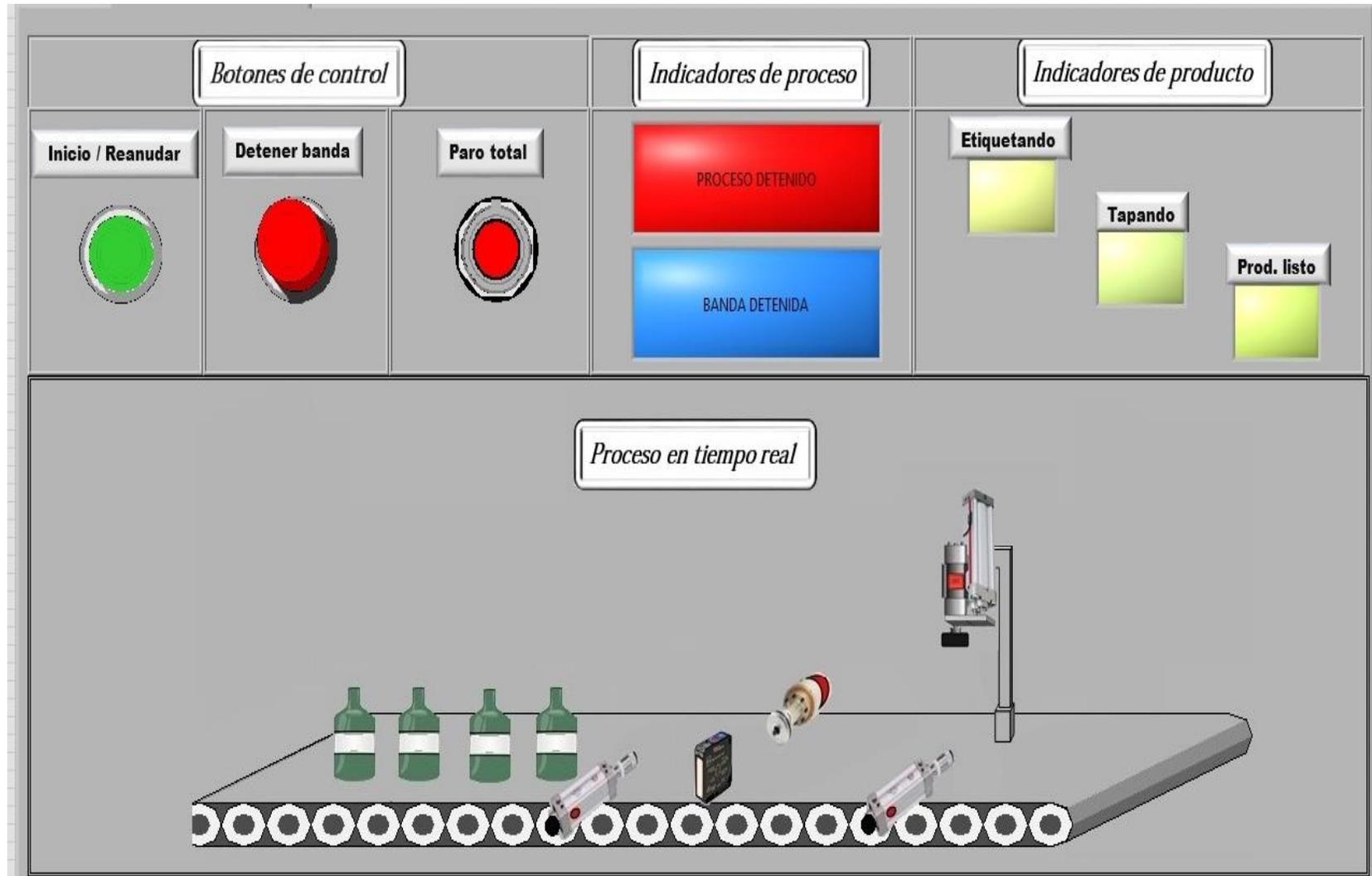
**Conclusiones**

**Recomendaciones**

# **ANEXO 2**

Interfaz Humano-Máquina (HMI) de la red, desarrollado en LabVIEW 2012.

## ETIQUETADO Y TAPADO DE BOTELLAS



## DOSIFICACIÓN Y MEZCLADO DE LÍQUIDOS

The control panel features a central display window titled "DOSIFICACIÓN Y MEZCLADO DE LÍQUIDOS" showing a 3D schematic of the plant. The schematic includes three source tanks at the top: "TANQUE 3" (green liquid), "TANQUE 2" (pink liquid), and "TANQUE 1" (orange liquid). These tanks feed into a central "TANQUE DE MEZCLA" (mixing tank) where a red agitator is shown. The mixing tank is connected to a network of pipes with valves and a pump at the bottom.

**ESTADO De La PLANTA**

- PAUSA:  (Red indicator light)
- INICIO:  (Green indicator light)
- EMERGENCIA:  (Red indicator light)

**ESTADO DE ACTUADORES**

- INDICADOR NIVEL TANQUES...1\_2\_3:  (Green indicator light)
- NIVEL de MEZCLA:
- BOMBA NEUMÁTICA:
- TEMPERATURA De MEZCLA:

# **ANEXO 3**

**Especificaciones técnicas y configuración de la antena Wifi Brianchild para la comunicación vía radio.**

La hoja de datos técnicos de la antena nos provee el fabricante. Es importante tomar en cuenta esta información para que la antena trabaje de forma correcta y prolongar su vida útil.

**BrainChild**

**PC-W  
Ethernet-to-Wireless Client  
Adapter**

**Quick Start Guide**



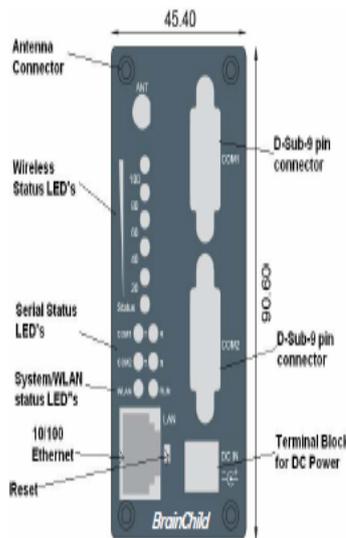
**Overview**

The PC-W have one Ethernet port and two Serial ports (RS232/RS422/RS485) to connect to IEEE 802.11 b/g wireless network. It is ideal to create a "bridge" for an Ethernet device/ Serial device such as PLC or Recorder or Controller to a wireless network.

By using PC-W, these devices can be communicated over a wireless network to send or receive information from PC. This document intends to provide customers with brief descriptions about the product and to assist customers to get started. For detailed information and operations of the product, please refer to the product user's manual in the Product CD.

**Hardware Setup**

Figure show the components on the panel of PC-W.  
Figure 1



**\*Reset Button:** Press Reset button continuously over 3 sec to reload the device to the factory default settings.

**LED Indications**

The LED's indicate the status of PC-W. Please see the front panel

Name	Color	Status	Description
------	-------	--------	-------------

Signal Strength	Red (2)	ON	Its strength is poor, but the link is connected for the wireless link
	Yellow (2)	ON	Its strength is fair or good, the wireless link can supply a good transfer channel
	Green (2)	ON	Its strength is very good and the link is connected on best status
WLAN	Green	Off	Wireless Link is Broken or No data transmit or receive via wireless connectivity
		Blink	Wireless Traffic be indicted for data transfer
COM	Green	Off	No data transmit or receive via serial port
		Blink	Serial traffic be indicted for data transfer
RUN	Green	OFF/ON	System is not ready or halt
		Blink	System is running and LED is blink per 0.5 sec

**Hardware Installation**

- Step 1: Connect the device with the antenna and to a LAN switch with a standard UTP cable.
- Step 2: Attach the power wire to the device for 9~48V DC, and confirm the power polarity carefully.
- Step 3: Wait for the device to start up after 10~20 seconds, and see the next section for network configuration

**UL Notice for Power supplier**

All the series of PC-W products series are intended to be supplied by a Listed Power Unit marked with "LPS", "Limited Power Source" or "Class 2" and output rate 9~48VDC, 1A minimum. Otherwise, use the recommended power supply in "Optional Accessories".

**Network Configuration**

There are two steps to configure the device. First, you need to find the device in your network using our software tool, Serial Manager. Once, the device is properly configured with a new IP address; you can

further configure the device's wireless network interface and Serial interface using a web browser

#### Configure using Serial Manager software

Use *Serial Manager* software that comes with Product CD to configure the network parameters of PC-W. Please refer to **Appendix B Serial Manager Configuration Utility** in the product user's manual for more details.

Step 1: Scan a new device using a broadcast scan

Step 2: Get the device's current IP address from table list after scanning, and login using the default username: admin and default password: (leave it blank)

Step 3: Re-assign an IP address, network mask and gateway if needed.

Step 4: Then, you can configure a wireless network interface and Serial connectivity mode using a web browser.

*Warning: Please avoid setting IP addresses of LAN and WLAN interfaces in the same subnet. This may incur any unexpected networking problem.*

#### Automatic IP Address using DHCP

To avoid any IP address conflict, an automatic IP address assignment should be used. A DHCP server can automatically assign an IP address, subnet mask, and gateway address to PC-W device. This function is disabled by default. Please see the user's manual for more details.

#### Configure using Web Browser

Step 1: Open a web browser and type in the IP address of the device in URL field. A dialog is prompt for a username and a password. The default username is admin and the password is null (leave it blank).

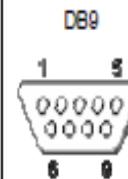
Step 2: Configure network settings from web page links then click "Save Configuration" to save settings.

Step 3: Click on "Restart" button to make the change effective

## Pin Assignment

DB9 male connector pin assignments for Serial

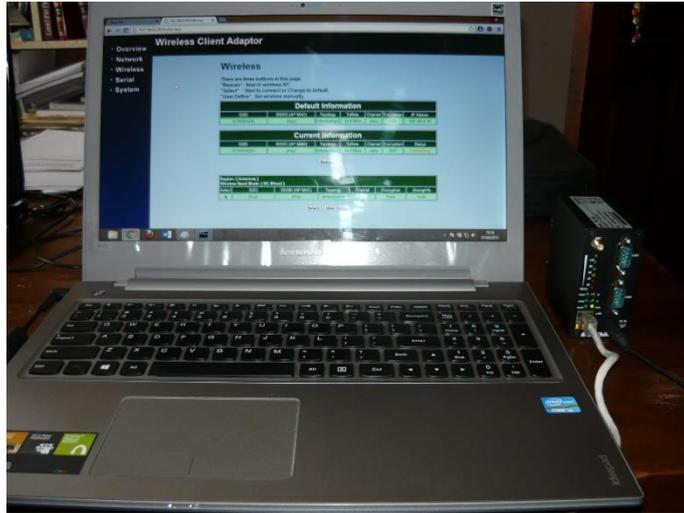
Pin	RS-232	RS-485	RS-422
1	DCD		
2	RXD		T+
3	TXD	Data+	R+
4	DTR		
5	SG (Signal Ground)		
6	DSR		
7	RTS	Data-	R-
8	CTS		T-
9	RI		



The diagram shows a DB9 male connector with a trapezoidal shape. The pins are numbered 1 through 9. Pin 1 is at the top left, pin 9 is at the top right, pin 6 is at the bottom left, and pin 8 is at the bottom right. There are two rows of four pins each, with pin 5 in the center between the two rows.

Para configurar la antena Brianchild procederemos de la siguiente forma:

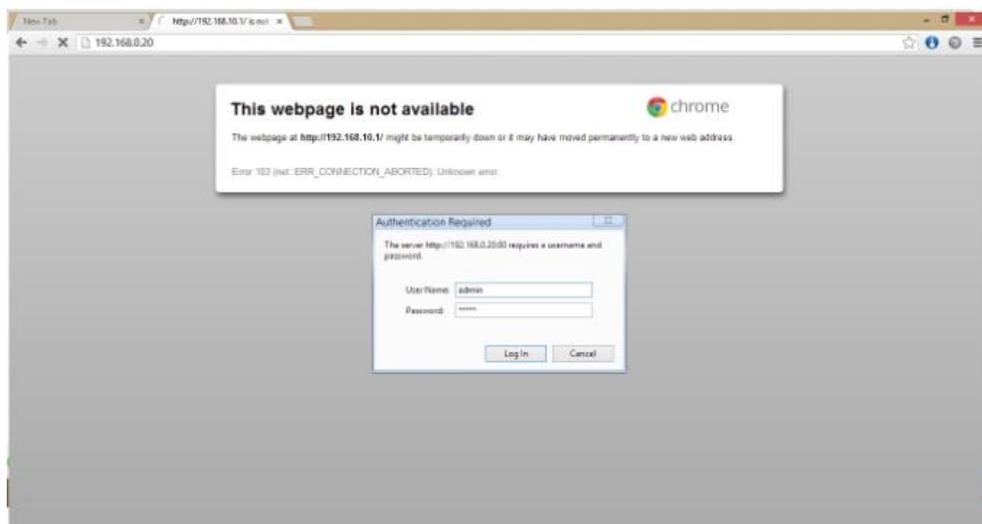
1. Conectamos la antena a nuestro ordenador con cable cruzado. Debemos estar en la misma red de la antena.



2. Ingresamos a la antena con la siguiente autenticación:

Nombre de usuario: *admin*

Contraseña: *admin*



3. Configuramos la dirección IP de la antena, de acuerdo a la red en la que estemos trabajando.



4. Seleccionamos la pestaña Wireless para configurar la red inalámbrica. Seteamos el nombre de la red inalámbrica del Access Point, el tipo de protocolo y la contraseña si deseamos encriptar nuestra red.



5. De esta forma estará lista para conectarse con el Access Point.

# **ANEXO 4**

**Configuración de un router como Access Point**

Se configurará un Router inalámbrico para comunicar la antenna con la red.

1. Conectamos uno de los puertos LAN de un router de marca D-Link a nuestro ordenador con cable directo. La IP por defecto del router es 192.168.0.1 con máscara 255.255.255.0. De tal forma que nuestro ordenador debe estar en la misma red.



2. Ingresamos a la antenna con la siguiente autenticación:

Nombre de usuario: *admin*

Contraseña: (en blanco)

3. Configuraremos la IP para la red de área local.

CONFIGURACIÓN DEL ROUTER	
Utilice esta sección para configurar la configuración de red interna del router. La dirección IP que se configura aquí es la dirección IP que se utiliza para acceder a la interfaz de gestión basada en Web. Si cambia la dirección IP aquí, puede que necesite ajustar la configuración de su PC de la red para acceder a la red de nuevo.	
Dirección IP del router :	<input type="text" value="192.168.0.100"/>
Máscara de subred por defecto :	<input type="text" value="255.255.255.0"/>
Habilitar DNS Relay :	<input type="checkbox"/>

4. Configuramos el nombre de la red inalámbrica, para que la antena y todos los ordenadores con Wifi se puedan conectar a la red. Guardamos todos los cambios.

### CONFIGURACIÓN DE RED INALÁMBRICA

Habilitar conexión inalámbrica :

Nombre de red inalámbrica :  (También se llama el SSID)

Modo 802,11 :  ▼

Activar automáticamente el canal de selección :

Canal inalámbrico :  ▼

Velocidad de Transmisión :  ▼ (Mbit/s)

Habilitar WMM :  (QoS inalámbrico)

Ancho del canal :  ▼

Habilitar inalámbrica oculta :  (También se llama la difusión de SSID)

### MODO INALÁMBRICO DE SEGURIDAD

Modo de seguridad :  ▼

### WPA/WPA2

WPA/WPA2 exige que las estaciones de usar cifrado de alta calidad y la autenticación.

Tipo de cifrado :  ▼

PSK :  ▼

Clave de red :   
(8~63 ASCII or 64 HEX)