



ESPE

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA**

DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO EN MECATRÓNICA**

AUTOR: SILVA IDROVO NORBERTO PASCAL

**TEMA: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA
SCADA UTILIZANDO LA PLATAFORMA FACTORY TALK
PARA LA PLANTA INDUSTRIAL DE LA CORPORACIÓN
ECUATORIANA DE ALUMINIOS CEDAL S.A. EN LATACUNGA**

DIRECTOR: ING. DAVID RIVAS

CODIRECTOR: ING. EDWIN PRUNA

LATACUNGA, AGOSTO 2014

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE

CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

CERTIFICADO

ING. DAVID RIVAS (DIRECTOR)

ING. EDWIN PRUNA (CODIRECTOR)

CERTIFICAN:

Que el trabajo titulado **“Diseño e implementación de un sistema SCADA utilizando la plataforma FactoryTalk para la planta industrial de la Corporación Ecuatoriana de Aluminios CEDAL S.A. en Latacunga”** realizado por el señor: NORBERTO PASCAL SILVA IDROVO ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE, en el Reglamento de Estudiantes de la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE.

Latacunga, Agosto del 2014

Ing. David Rivas

DIRECTOR

Ing. Edwin Pruna

CODIRECTOR

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE

CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, SILVA IDROVO NORBERTO PASCAL,

DECLARO QUE:

El proyecto de grado denominado: **“Diseño e implementación de un sistema SCADA utilizando la plataforma FactoryTalk para la planta industrial de la Corporación Ecuatoriana de Aluminios CEDAL S.A. en Latacunga”** ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de mí autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Latacunga, Agosto del 2014.

Norberto Pascal Silva Idrovo

C.C.: 180396445-9

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE

CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

AUTORIZACIÓN

Yo, Norberto Pascal Silva Idrovo

Autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE Extensión Latacunga la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución del trabajo: **“Diseño e implementación de un sistema SCADA utilizando la plataforma FactoryTalk para la planta industrial de la Corporación Ecuatoriana de Aluminios CEDAL S.A. en Latacunga”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, Agosto del 2014

Norberto Pascal Silva Idrovo

C.C.: 180396445-9

DEDICATORIA

A Dios por estar siempre dándome nuevos retos y enseñanzas.

A mis padres Julio Silva e Isabel Idrovo que siempre me han cuidado y enseñando que las cosas que se hacen con esfuerzo y honradez siempre llegan a sus metas y por siempre creer en mí.

A mis hermanos por su apoyo incondicional.

A mis abuelitos Julio Silva y Esther Barahona que desde el cielo guían mis pasos y me cuidan con cariño.

Norberto Silva

AGRADECIMIENTOS

Un gran agradecimiento a todo el personal de la Planta Industrial de CEDAL S.A. en la ciudad de Latacunga, en especial al personal de Mantenimiento que confiaron en mi persona y por la ayuda prestada para la realización de este proyecto.

A los profesores que dedicaron su tiempo y paciencia para impartirnos conocimiento en especial al Ing. Edwin Pruna e Ing. David Rivas por el gran aporte que me dieron para la culminación de este proyecto.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA.....	i
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD.....	ii
CERTIFICACIÓN.....	iii
AUTORIZACIÓN.....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
RESUMEN.....	xviii
ASBTRACT.....	xiv
PRESENTACIÓN.....	xx

CAPÍTULO I

SISTEMAS SCADA

Introducción.....	1
1.1. SISTEMA HMI/SCADA.....	1
1.1.1. Necesidad de un sistema SCADA.....	2
1.1.2. Prestaciones.....	3
1.1.3. Requisitos.....	4
1.1.4. Módulos de un SCADA.....	4
1.1.5. Tipos de Sistemas SCADA.....	5

1.2. Conceptos asociados a un sistema SCADA.....	6
1.2.1. Tiempo Real.....	7
1.2.2. Hardware en sistemas de supervisión: PLC y PC.....	7
1.2.3. Arquitectura Abierta.....	7
1.3. Comunicaciones y Redes de Campo Industriales.....	8
1.3.1. Introducción.....	8
1.3.2. Redes Industriales.....	8
1.3.2.1. Arquitectura de Redes Industriales.....	8
1.3.2.2. Redes de Área Local en Aplicaciones Industriales.....	12
1.3.2.3. Topologías de Red.....	14
1.3.2.4. Buses de Campo: Definición y Características Generales.....	16
1.3.2.5. Ethernet Industrial.....	21
1.4. Tipos y Características de los PLC utilizados en la planta Industrial de CEDAL.....	22
1.5. OPC server utilizados para la comunicación con los PLC de planta.....	28
KEPserver.....	29
RSlinx.....	30
Convertidores serial - Ethernet.....	31

CAPÍTULO II

ANÁLISIS y SELECCIÓN

Introducción.....	32
-------------------	----

2.1. Análisis del sistema hidráulico de la prensa de extrusión N° 1 de la Planta Industrial de CEDAL.....	32
2.2. Variables a Supervisar y Monitorear por el Sistema SCADA en la Planta Industrial de CEDAL.....	35
2.3. Situación Actual de la comunicación en la Planta Industrial de CEDAL.....	39
2.4. Especificaciones de requisitos del sistema.....	40
2.5. Selección de Hardware.....	40
2.5.1. Requerimientos de Hardware del Servidor.....	40
2.5.1.1. Características técnicas de los computadores personales.....	40
2.5.2. Controladores Lógicos Programables.....	41
2.5.2.1. Funciones de un PLC.....	42
2.5.2.2. Ventajas y desventajas de un PLC.....	42
2.5.2.3. Tipos de PLC.....	42
2.5.2.4. Programación de un PLC.....	44
2.6. Selección de Software.....	45
2.6.1. Paquete computacional FactoryTalk.....	45
2.7. Visión General del Proyecto.....	48

CAPÍTULO III

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

3. Introducción.....	49
3.1. Diseño e implementación del Hardware.....	49

Implementación de procesos que no se encuentran comunicados a la red de la planta industrial.....	49
a) Pintura Electroestática.....	50
b) Dámper de Fundición	52
c) Horno Homogenizado.....	53
d) Medidores de Energía DATAKOM.....	55
3.1.1. Implementación de la Red de Comunicación.....	59
3.1.1.1. Configuración del grupo de trabajo de servidor.....	59
3.1.1.2. Configuración comunicación PLCS Allen Bradley.....	59
3.1.1.3. Comunicación servidor PLC no Allen Bradley.....	62
3.1.2. Ambiente de Operación.....	64
3.1.3. Protección de la alimentación del Servidor.....	64
3.2. Implementación del Software.....	64
3.2.1. Diseño e implementación de Programas de PLC.....	69
3.2.2. Diseño del HMI/SCADA.....	69
3.2.3. Configuración de la comunicación del Servidor.....	73
3.2.4. Creación de la Base de Datos del HMI/SCADA.....	74
3.2.4.1. Configuración de macros del SCADA.....	79
3.2.5. Creación del cliente FactoryTalk View.....	80
3.2.6. Creación servidor web del sistema.....	82

CAPÍTULO IV

PRUEBAS Y RESULTADOS

4.1. Pruebas Experimentales de Comunicaciones del sistema SCADA.....	86
4.2. Análisis de Resultados de Comunicaciones del sistema SCADA.....	87
4.3. Puesta a Punto del Sistema SCADA.....	88
4.4. Análisis de Costos del Sistema SCADA.....	89
4.5. Verificación de la Hipótesis.....	90

CAPÍTULO V**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

5.1 Conclusiones.....	91
5.2 Recomendaciones.....	93
Referencias Bibliográficas.....	95
Glosario.....	98
Anexos.....	101

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1.1 Algunas diferencias típicas entre sistemas SCADA y DCS.....	2
Tabla N° 1.2 Tipos de SCADA y fabricante.....	6
Tabla N° 1.3 Capas del Modelo OSI y funciones principales.....	14
Tabla N° 1.4 Características de los buses más importantes.....	21
Tabla N° 2.1 Características del PC utilizado como servidor.....	41
Tabla N° 3.1 Entradas del sistema de supervisión y monitoreo en Pintura.....	50
Tabla N° 3.2 Cálculo de la carga de la fuente de poder.....	51
Tabla N° 3.3 Requerimientos de Hardware y del tablero de control para Monitorear proceso pintura electroestática.....	51
Tabla N° 3.4 Direcciones de los PLC utilizados en los procesos de Planta.....	61
Tabla N° 3.5 Cálculo de carga del servidor del sistema.....	64
Tabla N° 4.1 Costos de los equipos utilizados en el sistema SCADA.....	89
Tabla N° 4.2 Costo de la mano de obra de la implementación del Sistema SCADA.....	90

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1.1 Ejemplo de pantalla de una aplicación SCADA.....	1
Figura N° 1.2 Esquema básico de un sistema de Adquisición, Supervisión y Control.....	4
Figura N° 1.3 Arquitectura de una red Industrial.....	10
Figura N° 1.4 Topología en Anillo.....	15
Figura N° 1.5 Topología en Árbol.....	15
Figura N° 1.6 Topología en Malla.....	16
Figura N° 1.7 Topología en Bus.....	16
Figura N° 1.8 Capas del modelo OSI que se usan en los Buses de campo.....	17
Figura N° 1.9 Perfiles de PROFIBUS.....	20
Figura N° 1.10 PLC MicroLogix 1100.....	23
Figura N° 1.11 PLC SLC 500.....	24
Figura N° 1.12 PLC ControlLogix.....	26
Figura N° 1.13 PLC OMRON SYSMAC C1JM.....	28
Figura N° 1.14 Forma comunicación KEP Server.....	29
Figura N° 1.15 Configuración RS Linx.....	30
Figura N° 1.16 Comunicación mediante conversores RS-232 a Ethernet....	31
Figura N° 2.1 Representación gráfica de un proceso de extrusión.....	32
Figura N° 2.2 Diagrama de partes de una prensa.....	34
Figura N° 2.3 Horno y Planta de Fundición.....	35
Figura N° 2.4 Horno de Homogenizado.....	36

Figura N° 2.5 Prensa N° 1 LOEWY.....	36
Figura N° 2.6 Prensa N° 2 FARREL.....	37
Figura N° 2.7 Anodizado y Planta Anodizado.....	37
Figura N° 2.8 Pintura Electroestática.....	38
Figura N° 2.9 Almacenamiento y Distribución de Combustible.....	39
Figura N° 2.10 PLC tipo Nano.....	43
Figura N° 2.11 PLC Compacto.....	43
Figura N° 2.12 PLC Modular.....	44
Figura N° 2.13 Arquitectura de la Plataforma FactoryTalk.....	47
Figura N° 3.1 Diagrama de bloques comunicaciones planta.....	49
Figura N° 3.2 Tablero de Adquisición de Datos de pintura.....	52
Figura N° 3.3 Módulo de comunicación 1746 NET-ENI.....	52
Figura N° 3.4 Configuración del software ENI.....	53
Figura N° 3.5 Conversor RS-232 Ethernet UDS 1100.....	53
Figura N° 3.6 Conexión PLC OMRON Convertidor UDS 1100.....	54
Figura N° 3.7Asignación de IP al conversor UDS 1100.....	54
Figura N° 3.8 Comprobación IP conversor.....	54
Figura N° 3.9 Esquema de conexiones convertidor DATAKOM.....	55
Figura N° 3.10 Conexión convertidor RS-485 medidor DATAKOM.....	55
Figura N° 3.11 Asignación de la IP para comunicación del convertidor.....	56
Figura N° 3.12 Web server convertidor.....	56
Figura N° 3.13 Configuración Convertidor RS-485.....	57
Figura N° 3.14 Comprobación comunicación de convertidores.....	57

Figura N° 3.15 Esquema de red implementada.....	58
Figura N° 3.16 Asignación grupo de trabajo.....	59
Figura N° 3.17 Elección Driver Ethernet Devices.....	60
Figura N° 3.18 Ingreso direcciones IP de los PLC.....	60
Figura N° 3.19 Comunicación RS Linx.....	61
Figura N° 3.20 Creación canal de comunicación.....	62
Figura N° 3.21 Configuración canal KEP server.....	62
Figura N° 3.22 Elección del Driver OMRON.....	62
Figura N° 3.23 Configuración OMRON Horno Homogenizado.....	63
Figura N° 3.24 Parámetros PLC OMRON.....	63
Figura N° 3.25 Configuración Tags Horno Homogenizado.....	63
Figura N° 3.26 Activación de Licencias Software FactoryTalk.....	65
Figura N° 3.27 Instalación SQL Express.....	66
Figura N° 3.28 Instalación Asset Framework.....	66
Figura N° 3.29 Instalación Historian y Live Data Interface.....	67
Figura N° 3.30 FactoryTalk Services Plataform.....	68
Figura N° 3.31 Prerrequisitos SQL.....	69
Figura N° 3.32 Instalación FactoryTalk Site Edition.....	69
Figura N° 3.33 Creación Servidor Principal.....	70
Figura N° 3.34 Creación Área de Anodizado.....	70
Figura N° 3.35 Creación HMI Server.....	70
Figura N° 3.36 Configuración HMI.....	71
Figura N° 3.37 Creación de Pantallas HMI.....	71

Figura N° 3.38 Tags del sistema SCADA.....	72
Figura N° 3.39 Pantalla principal del Sistema.....	72
Figura N° 3.40 Corrientes rectificadores de los naturales.....	72
Figura N° 3.41 Asignación de tags del PLC a las variables del Sistema.....	73
Figura N° 3.42 Comunicación RSLinx Enterprise.....	73
Figura N° 3.43 Creación Servidor de comunicación.....	74
Figura N° 3.44 Asignación Shortcuts PLC.....	74
Figura N° 3.45 FactoryTalk Administration Console.....	75
Figura N° 3.46 Selección directorio.....	75
Figura N° 3.47 Configuración Base Datos.....	75
Figura N° 3.48 Comprobación Servidor.....	76
Figura N° 3.49 Activación Base de Datos.....	76
Figura N° 3.50 Configuración de Históricos.....	77
Figura N° 3.51 Generación Históricos del HMI.....	77
Figura N° 3.52 Configuración tiempo almacenamiento tags.....	78
Figura N° 3.53 Confirmación de creación de Históricos.....	78
Figura N° 3.54 Históricos del sistema SCADA para el área anodizado.....	79
Figura N° 3.55 Macro principal del sistema SCADA.....	79
Figura N° 3.56 Macro para uso en el servidor web.....	79
Figura N° 3.57 Configuración de tipo de aplicación.....	80
Figura N° 3.58 Selección de aplicación a ejecutar en el runtime.....	80

Figura N° 3.59 Configuración parámetros iniciales runtime.....	81
Figura N° 3.60 Configuración propiedades displays sistema.....	81
Figura N° 3.61 Desactivación de cierre por inactividad.....	81
Figura N° 3.62 Finalización y ejecución run time sistema.....	82
Figura N° 3.63 Creación del Inicio automático del SCADA en Windows.....	82
Figura N° 3.64 FactoryTalk View Point.....	83
Figura N° 3.65 Activación de Licencias FTVP.....	83
Figura N° 3.66 Elección de aplicación y tipo de aplicación.....	84
Figura N° 3.67 Elección de pantallas a visualizar en el servidor.....	84
Figura N° 3.68 Publicación del sistema en la web.....	84
Figura N° 3.69 Página principal del sistema en la web.....	85
Figura N° 3.70 Display de la Prensa 2 presentado en la web.....	85
Figura N° 4.1 Velocidad de comunicación con el PLC del área de Pintura.....	86
Figura N° 4.2 Comunicación con los PLC conectados y no conectados....	86
Figura N° 4.3 Velocidad de comunicación PC – RED.....	87
Figura N° 4.4 Vista de diagnóstico de controlador RSLinx.....	87
Figura N° 4.5 Tipo de comunicación de PLC planta.....	88

RESUMEN

El presente trabajo consiste en implementar un sistema de control para monitoreo y generación de históricos que tenga conexión con los dispositivos de campo que se usan en la Planta Industrial de CEDAL. Este sistema SCADA será muy útil a la planta ya que su trabajo permitirá la optimización así como el control de las variables de los procesos de la planta. El proyecto propuesto plantea conceptualizar el diseño del sistema en base a PI de todos los procesos de la planta para identificar las variables a ser monitoreadas. Se implementará por medio de la red de comunicación (ETHERNET INDUSTRIAL) de la planta un sistema que permita la transmisión de datos que puedan ser recopilados en un servidor utilizando el software FactoryTalk View de la gama Allen-Bradley en el cual se realizará la configuración, el interfaz gráfico para los operadores y la comunicación con los PLC'S utilizados en los distintos procesos, además la gestión de archivos, alarmas, históricos y la creación de una base de datos por medio del software FactoryTalk Historian de la misma gama. Este sistema servirá para el almacenamiento, análisis y el tratamiento de las variables de los procesos que se realizan en la planta para fabricar los perfiles de aluminio ya que al tener comunicación, registro e interconexión de todos los procesos se espera tener un mayor control sobre los mismos para poder realizar un mantenimiento predictivo de los procesos de fabricación de perfiles de aluminio.

Palabras clave: Dispositivos de campo, sistema SCADA, Software, Base de datos, Tratamiento de datos, Redes de comunicación industrial.

ABSTRACT

This work consists on the implementation of a control system for monitoring and historical generation having a connection with the field devices used in the Industrial factory CEDAL.

The SCADA system will be very useful to the factory and its work will allow the optimization and control of the process variables of the industrial plant.

The proposed project involves conceptualizing system design based on PI of all plant processes to identify the variables to be monitored.

A system through the communication network (Ethernet) plant will be implemented which will allow the transmission of data to be collected in a server using the FactoryTalk View software Allen – Bradley in which the configuration will be performed, the graphical interface for operators and communication with PLC used in different processes. Moreover, the management of files, alarms, historical and creating a database by means of the FactoryTalk Historian software from the same manufacturer.

This system will be used for storage, analysis and processing of variables of the processes taking place in the plant to make aluminum profiles since having communication, recording and interconnection of all processes are expected to have greater control over them to perform predictive maintenance on the manufacturing processes of aluminum profiles.

Keywords: Field Devices, SCADA, Software, Database, Data Processing, Industrial communication networks system.

PRESENTACIÓN

En la planta Industrial de CEDAL ubicada en la ciudad de Latacunga existen varios procesos, cada uno de estos monitoreado y controlado de forma autónoma por PLC y un PC.

Por tal motivo en el siguiente proyecto se tiene como objetivo desarrollar un sistema SCADA de tal forma que se pueda conseguir monitorear, supervisar y controlar en forma centralizada todos los procesos existentes en la planta.

El Capítulo I contiene información referente a lo que es un sistema SCADA, los elementos que lo conforman, tipos de sistemas, así como el estudio de redes industriales de comunicación, buses de campo la cual es información esencial en el desarrollo del proyecto.

En el capítulo II trata temas relacionados con la selección y el análisis de todos los componentes necesarios para realizar el proyecto en base a un estudio realizado en la planta, diseño y creación de control PI con las variables a ser monitoreadas, los PLC, sensores, y otros componentes utilizados en cada proceso.

El capítulo III se describe la implementación del sistema, el diseño de las pantallas y el interfaz realizado para establecer e integrar todos los procesos, aquí también se implementan varios tipos de comunicación ya que la mayoría de PLC y elementos de control utilizados en la planta son del fabricante ALLEN BRADLEY, pero existen controladores de otras marcas que necesitan comunicarse con el SCADA.

Las pruebas y resultados obtenidos de la realización de este proyecto se describen en el capítulo IV, además se describe el análisis de costos del proyecto.

El capítulo V muestra las conclusiones recomendaciones de este proyecto de acuerdo a los conocimientos y experiencias adquiridas y se dan recomendaciones para la mejora de la implementación de este sistema

CAPÍTULO I

SISTEMAS SCADA

1. INTRODUCCIÓN

Para que las empresas tengan éxito e incluso para poder sobrevivir en un entorno extremadamente competitivo, no se pueden quedar instaladas en la utilización de una tecnología determinada. Debe, por el contrario, adoptar una mentalidad de búsqueda constante de innovación y de aprovechamiento de aquellos avances que generen competitividad a la empresa.

1.1 SISTEMA HMI/SCADA

SCADA es el acrónimo de “Supervisory Control And Data Acquisition” se refiere a un sistema de adquisición, almacenamiento, supervisión y procesamiento de datos e información en tiempo real de variables que inciden en procesos o complejos industriales, como se muestra en la Figura N° 1.1.¹



Figura N°. 1.1: Ejemplo de pantalla de una aplicación SCADA

A diferencia de los sistemas de control distribuido (DCS), el lazo de control en un Sistema SCADA es generalmente cerrado por el operador; los

¹ Christopher Donahue (2010) Tipos de sistemas SCADA obtenido de: http://www.ehowenespanol.com/tipos-sistemas-scada-lista_87004

sistemas de control distribuido se caracterizan por realizar las acciones de control en forma automática. Hoy en día es fácil hallar un sistema SCADA realizando labores de control automático en cualquiera de sus niveles. En la tabla N° 1.1 se muestra un cuadro comparativo de las principales características de los sistemas SCADA y los sistemas de Control Distribuido.

Tabla N°. 1.1: algunas diferencias típicas entre sistemas SCADA y DCS²

Aspecto	SCADA	DCS
Tipo de arquitectura	Centralizada	Distribuida
Tipo de control predominante	Supervisor: lazos de control cerrados por el operador. Adicionalmente: control secuencial y regulatorio.	Regulatorio: lazos de control cerrados automáticamente por el sistema. Adicionalmente: control secuencial, batch, algoritmos avanzados, etc.
Tipos de variables	Desacopladas	Acopladas
Área de acción	Áreas geográficamente distribuidas.	Área de la planta.
Unidades de adquisición de datos y control	Remotas, PLCs	Controladores de lazo, PLCs
Medios de comunicación	Radio, satélite, líneas telefónicas, conexión directa, LAN, WAN	Redes de área local, conexión directa.
Base de datos	Centralizada	Distribuida

1.1.1 NECESIDAD DE UN SISTEMA SCADA.

Para evaluar si es necesario implementar un sistema SCADA, el proceso a controlar debe cumplir las siguientes características:

- El número de variables del proceso que se necesita monitorear es alto.

² Carmen D'Sousa (2006) TIPOS DE SISTEMAS SCADA (cap. 2) obtenido de: www.monografias.com/scada/009876.htm

- El proceso está geográficamente distribuido. Esta condición no es una limitante, ya que puede instalarse un SCADA para supervisión y control de un proceso concentrado en un lugar.
- Se necesita que la información por los cambios que se producen sea inmediata es decir que esta se transmita en tiempo real.
- La necesidad de optimizar y facilitar las operaciones de la planta, así como la toma de decisiones, tanto gerenciales como operativas.
- La complejidad y velocidad del proceso permiten que la mayoría de las acciones de control sean iniciadas por un operador. En caso contrario, se requerirá de un Sistema de Control Automático, el cual lo puede constituir un Sistema de Control Distribuido, Controladores a Lazo Cerrado o una combinación de ellos.

1.1.2 Prestaciones

Algunas prestaciones que se pueden realizar mediante un sistema SCADA son:

- Supervisión en tiempo real.
- Adquisición de información local o remota.
- Centralización de la información.
- Facilidad de operación y de control.
- Integración con sistemas corporativos.
- Generación de datos históricos de las señales del proceso, que pueden ser fácilmente manejados sobre una hoja de cálculo.
- Ejecución de programas, que modifican la ley de control, o incluso anular o modificar las tareas asociadas a un autómata, bajo ciertas condiciones.
- Posibilidad de programación numérica, que permite realizar cálculos aritméticos de elevada resolución sobre la CPU del ordenador.

En la figura Nº 1.2 se puede ver un esquema básico de un sistema SCADA:

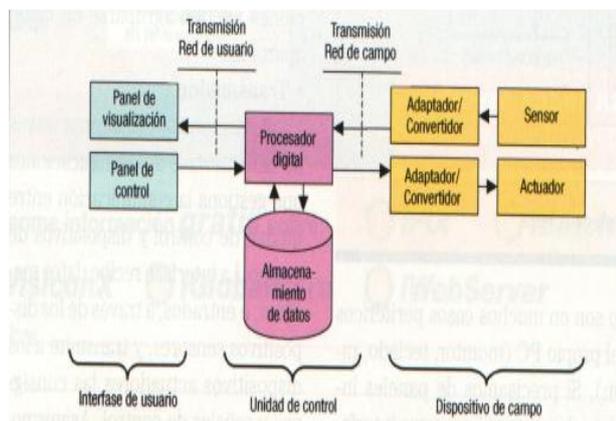


Figura Nº. 1.2: Esquema Básico de un sistema de Adquisición, Supervisión y Control

1.1.3 Requisitos

Varios requisitos que necesita un sistema SCADA para ser funcional son:

- Deben ser de arquitectura abierta, que pueda adaptarse a las necesidades de evolución y ampliación que tengan las industrias.
- Ser programas flexibles y de gran capacidad para adquisición y comunicación de datos y variables entre procesos, que permita suministrar datos operacionales en bruto y a escala.
- Tener una interfaz gráfica amigable con el usuario y operadores para administración correcta de la información.
- Asegurar un ambiente de operación seguro ejecutando independientemente procesos de monitoreo y en casos extremos el apagado de emergencia si es necesario.

1.1.4 Módulos de un SCADA

Los módulos que permiten que un SCADA opere funcionalmente son:

- **Configuración:** permite definir el entorno de trabajo entre el operador y el sistema SCADA adaptándolo al tipo de aplicación que se desea controlar.
- **Interfaz gráfico del operador:** proporciona al operador las funciones de supervisión y control de la planta. El proceso se representa

mediante gráficos creados y generados por el editor del sistema SCADA o importados desde otra aplicación adjunta a este.

- **Módulo de proceso:** ejecuta las acciones pre-programadas a partir de valores leídos de las variables que se desea monitorear esta ejecución siempre es en tiempo real.
- **Gestión y archivo de datos:** este módulo se encarga del almacenamiento y procesado ordenado de datos lo que permite que múltiples aplicaciones y dispositivos puedan tener acceso a ellos
- **Comunicaciones:** permite la transferencia de la información entre el proceso industrial y el hardware que soporta el SCADA, así como con el resto de elementos informáticos de gestión.
- **Programación de eventos:** Esta referido a la posibilidad de programar subprogramas que brinden automáticamente reportes, estadísticas, gráfica de curvas, activación de tareas automáticas, etc.

1.1.5 Tipos de sistemas SCADA

Existen diversos tipos de sistemas SCADA dependiendo del fabricante y sobre todo de la finalidad con que se va a hacer uso del sistema.

- **SCADA centralizado:** estos sistemas SCADA ejecutan todas las operaciones en un ordenador central. Se ejerce poco control y la mayoría de las funciones se limitan a los sensores de control y el marcar las operaciones que superen los niveles de alarma programados. Estos sistemas son programas de propiedad de proveedor y por lo general se limitan a una sola planta o instalación, además no permiten o no son compatibles con sistemas de otros proveedores.
- **Sistemas SCADA distribuidos:** estos sistemas se los puede llamar así ya que pueden compartir las funciones de control a través de varios ordenadores más pequeños (generalmente PC) conectadas por redes de área local (LAN). Usando estas redes LAN, las estaciones individuales pueden compartir información en tiempo real y lo que

permite pequeñas tareas de control, además de alertar a los operadores de los posibles problemas o niveles de alarma disparados.

A continuación en la tabla N° 1.2 se muestra una lista de varios software SCADA y su fabricante:

Tabla N° 1.2: Tipos de SCADA y Fabricante (realizado por autor)

Software SCADA	Fabricante
AimaxDesign Instruments S. A.	Instruments S. A.
FIX	Intellution.
Lookout	National Instruments.
Monitor Pro	Schneider Electric.
ScadaInTouch	LOGITEK.
ScattGraph 5000	ABB.
Coros LS-B/WinCC	Siemens.
CIRNET	CIRCUTOR S.A.
FIXDMACS	Omron-Intellution.
FactoryTalk	Rockwell-Automation

1.2 Conceptos asociados a un sistema SCADA

Cada vez está más presente la necesidad de las empresas por apostar en tecnologías para automatizar su producción. El fin es obtener una alta competitividad en el mercado, ya que se reducen tiempos de ciclo, se aumenta la flexibilidad, así como la calidad del producto y la seguridad en la fabricación.

Los sistemas SCADA proveen de una perspectiva integrada de todos los recursos de control e información de la planta. De esta manera, los ingenieros, supervisores, u operadores pueden visualizar e interactuar con los procesos mediante representaciones gráficas de los mismos.

1.2.1 Tiempo Real

La capacidad en tiempo real se refiere a la capacidad del ordenador en programas de procesamiento de datos para que se encuentre siempre listo para procesar y proporcionar los resultados en un tiempo determinado.

En este contexto “estrictamente en tiempo real” significa que un sistema reacciona a eventos dentro de un tiempo determinado en un 100% de los casos, Si de otra forma, los tiempos concretos de reacción pueden superarse en ciertos casos, como en sistemas no críticos, se puede hablar de “tiempo real suave”.

1.2.2 Hardware en sistemas de supervisión: PLC y PC

El hecho es que las tareas automatizadas de control visualización y computación pueden ser ejecutadas por PLCs (conectados en red mediante módulos adecuados) mejor que con sistemas exclusivos de control basados en PC. Lo que finalmente es práctico no obstante depende de un gran número de factores y la mayoría deben ser considerados individualmente para cada proyecto de automatización. Es común en sistemas de control por ordenador tener que elegir, según las características a supervisar entre el PC y el PLC. Se debe elegir el hardware que mejor se adapte a las necesidades del sistema a supervisar así como las características que este tenga para su posterior ampliación.

1.2.3 Arquitectura Abierta

Aun no se ha establecido un estándar en relación a módulos de expansión compatibles en tiempo real con sistemas operativos. De una forma estrictamente determinante, los sistemas actuales deben ser modificados conforme se necesite en el sistema de forma general, así que la ventaja principal de un sistema basado en PC la cual es su estructura abierta podría ser un inconveniente. No obstante la arquitectura abierta, permite a la industria o al desarrollador más libertad en la elección de la herramienta adecuada para el análisis, diseño y programación del sistema SCADA.

1.3 Comunicaciones y redes de campo industriales

1.3.1 Introducción

El intercambio de información en un sistema SCADA es vital ya que permite tener una interconexión entre todos los procesos y proveer de toda la información que se genera en el proceso productivo a diversos usuarios, tanto del mismo nivel como de otros usuarios supervisores dentro de la empresa (supervisión, control calidad, control de producción, almacenamiento de datos, etc.).

1.3.2 Redes Industriales³

Las redes de comunicaciones industriales deben su origen a la fundación FieldBus (Redes de campo). La fundación FieldBus, desarrollo un nuevo protocolo de comunicación, para la medición y control de procesos donde todos los instrumentos puedan comunicarse en una misma plataforma.

Este protocolo se basa en que toda la rutina de control regulatorio y control lógico, es efectuada por dispositivos de campos, posibilitando además una arquitectura abierta donde cualquier fabricante de equipos de instrumentación pueda integrarse a la red de comunicación de una industria.

En el sector industrial, las transmisiones de datos se han basado tradicionalmente en la tecnología de bus de campo. Existen muchos tipos y estándares diferentes de comunicación, por lo que la interoperabilidad resulta complicada y cara.

1.3.2.1 Arquitectura de Redes Industriales⁴

La arquitectura de una de comunicación industrial consiste en un conjunto de niveles una organización jerárquica. Al igual que en otros dominios (aviación, telecomunicaciones, multimedia), la garantía de tiempo real es necesaria en la industria con el objetivo de satisfacer la calidad de servicio requerida.

³Félix Jesús Villanueva Molina (2006) Redes Industriales de Comunicación obtenido de: http://infoplcn.net/files/documentacion/comunicaciones/infoPLC_net_Redес_Industriales.pdf

⁴Ma. Del Rosario Martínez Pérez (2008) Arquitectura de redes industriales obtenido de <http://tecnoredes.mx.tripod.com/page26.html>

Las redes industriales, limitadas antes a comunicar los diferentes dispositivos de campo (transductores y transmisores con actuadores) han ido evolucionando para procesar los datos que una planta moderna debe generar para ser segura competitiva, segura y confiable. Para poder satisfacer estos requerimientos, en la red industrial moderna deben coexistir equipos de todo tipo, por lo que es necesario agruparlos en forma de niveles jerárquicos, que optimicen su uso, administración y mantenimiento, lo que define cuatro niveles en la arquitectura de una red industrial, los cuales son:

- **Nivel de Gestión:** Se encarga de integrar los niveles inferiores a la estructura de la red. Las máquinas en este nivel sirven de enlace entre el proceso productivo y el área de gestión, en la cual se requiere información sobre ventas, tiempos de producción, etc. Emplean redes tipo LAN y WAN que funcionan bajo protocolos Ethernet y TCP/IP,
- **Nivel de Control:** Se encarga de enlazar y controlar los distintos procesos y líneas de producción de una planta industrial. En este nivel se utilizan PLCs, así como ordenadores destinados a diseño, control de calidad, supervisión, etc. Se emplean redes de tipo LAN que funcionan bajo protocolo Controlnet, Ethernet y/o Ethernet Industrial.
- **Nivel de Campo y Proceso:** En este nivel se integra la información generada y requerida por los procesos de campo. Se utilizan PLCs, controladores PID, Módulos de Entrada y/o Salida, etc. Aquí es frecuente encontrar autómatas modulares actuando como maestros, y se emplea los buses de comunicación que funcionan bajo protocolos como FieldBus, Profibus, Devicenet, etc.
- **Nivel de I/O:** Es el nivel donde se encuentran las variables físicas de la planta. Aquí están los sensores (transmisores) y actuadores encargados de medir y controlar los procesos productivos. Basados en la información que se transmite en este nivel, se toman las decisiones necesarias para

tener el control y monitoreo del proceso de la planta. En este nivel se emplean protocolos como Hart, Devicenet, Controlnet, CanBus, etc.⁵

En la siguiente figura N° 1.3 se muestra un ejemplo de los diferentes niveles de la arquitectura de una red industrial.

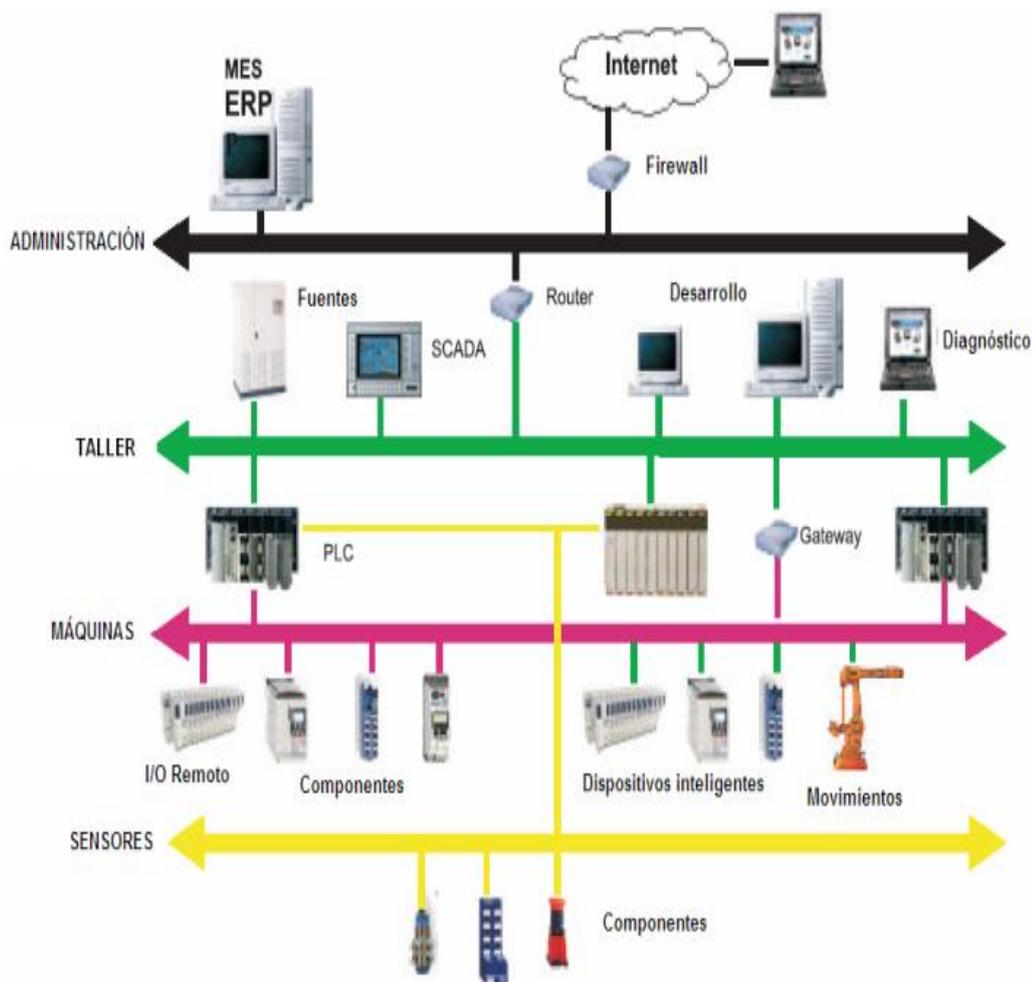


Figura N° 1. 3: Arquitectura de una red industrial⁶

Una planta industrial organizada de esta forma requiere de sistemas SCADA, DCS, Multiplexores y HMI. Además un diagrama de una planta organizada de esta forma suele parecer simple, las líneas que unen un nivel con otro ocultan la complejidad de la comunicación entre estos, por los diferentes protocolos de comunicación que operan entre niveles.

⁵UNIVERSIDAD DE OVIEDO REDES INDUSTRIALES (s.e año) obtenido de www.isa.uniovi.es/~chema/ri_archivos/Tema3-notas.pdf

⁶Centro de Formación Schneider Electric (2010)obtenido de: http://tv.uvigo.es/uploads/material/Video/1113/JAI05_15-02-Anx1.pdf

➤ **Arquitecturas básicas**

Algunas de las arquitecturas básicas que se utilizan actualmente en redes industriales son:

- **Ethernet**

Según el estándar o norma IEEE 802 establece que esta arquitectura está orientada a usarse en entornos comerciales y en pequeños entornos industriales. Es la más popular de entre las redes de área local y por la velocidad de transmisión entre 100 Mbps y 1 Gbps, que esta arquitectura tiene.

Existen diferentes tipos de Ethernet descritos a través de cierta nomenclatura:

- Velocidad (Mbps): 10, 100, 1000
- Tipo de transmisión: banda base(BASE), banda ancha(BROAD)
- Longitud máxima del segmento (100m)

Ejemplo: 10base5 es velocidad 10 banda base y 5 segmentos de 100 mts., hay también 10base2, 10 base T (par trenzado), 10basef (usa fibra óptica).

- **Token Ring**

Está orientada a usarse en entornos comerciales y pequeños entornos industriales. También es de uso doméstico o en grandes centros de producción. Fue creada por IBM.

Token Ring es una red con topología física de anillo mediante el paso de un testigo (token), se trata de una técnica de acceso al medio por selección. Existe una estación que hace una función especial: el monitor del anillo, el cual tiene funciones asociadas:

- Garantizar que haya un y sólo un testigo circulando por el anillo.
- Retirar tramas del anillo
- Añadir tiempo de retardo artificial cuando el testigo no cabe en el anillo, es decir cuando los primeros bits del testigo alcanzan a la estación que los emite antes de que termine de transmitirlos.

- **FDDI Y CDDI**

FDDI (Fiber Distributed Data Interface) Es una red MAN, que sigue un estándar ANSI, pero que fue creada pensando en la compatibilidad con la norma IEEE 802. Sus características generales son:

- Está orientado hacia las redes de área metropolitana, cuya cobertura es de 100 km.
- Tiene 2 entornos de aplicación: Red Backend y Red Backbone La Red backend son varias estaciones conectadas a un medio. La red Backbone tiene la función principal de interconectar a otras redes.
- Velocidad de 100 Mbps
- Topología física de doble anillo, Técnica de acceso al medio: paso de testigo
- Topología lógica de anillo ó Medio físico: fibra óptica Soporta el orden de 500 nodos, aunque no todos transmiten al mismo tiempo.

1.3.2.2 Redes de Área Local en Aplicaciones industriales

En cualquier sistema de automatización en una industria es imprescindible el intercambio de datos. Esta comunicación a veces se debe realizar entre elementos de automatización de diferentes fabricantes.

Por lo que las nuevas redes de área local LAN implementadas en la industria permiten que los equipos que componen una automatización no sean considerados como elementos aislados, sino que tengan una interconexión que permita la comunicación y el análisis estadísticos de cada una de las maquinas, horas de funcionamiento, etc.

Para entender cómo opera una red de comunicación, se necesita recurrir al modelo OSI que es el punto de partida general para todos los protocolos de comunicación industriales.

El Modelo OSI⁷

En el comienzo de las redes digitales, muchas redes se desarrollaron utilizando hardware y software diferentes. Como resultado, muchas de las redes resultaron incompatibles y resulto muy difícil poder comunicarse entre sí. Para solucionar este problema, la Organización Internacional para la Normalización (ISO) considero que era necesario crear un modelo de red que pudiera ayudar a los diseñadores a implementar redes comunicables con los distintos estándares (interoperabilidad) y brindar una arquitectura abierta.

El problema era como conectar varios nodos (computadoras, impresoras y PLCs) a un mismo medio físico y lograr que estos intercambien su información sin errores; esto es lograr que se identifiquen entre sí para que un dato o mensaje llegue al destinatario correcto. Para resolver el problema de las redes de medio compartido se propuso dividir el gran problema de la conectividad en problemas más simples, Lo que dio como resultado un modelo de conectividad por capas.

El modelo de referencia OSI que propuso la ISO permite que los usuarios vean funciones simples implementadas en cada capa. Más importante aún, el modelo de referencia OSI es un marco de referencia que permite visualizar cómo la información o los paquetes de datos viajan desde los programas de aplicación (correo, hojas de cálculo, etc.) a través de un medio de red (cables, fibra, etc.), hasta otro programa de aplicación ubicado en otro computador de la red.⁸

En la tabla 1.3 se muestra las principales funciones de las capas del modelo OSI:

⁷José María Enguita González (actualización 2012) Redes Locales en Entornos Industriales. Buses de Campo obtenido de: <http://www.isa.uniovi.es/docencia/redes/Apuntes/tema9.pdf>

⁸JESÚS ALEJANDRO GONZÁLEZ MATIAS (2001) Modelo OSI obtenido de: http://docente.ucol.mx/al980347/public_html/capas.htm

Tabla N°. 1.3: Capas del Modelo OSI y Funciones Principales (realizado por autor)

CAPA	FUNCIÓN PRINCIPAL
Aplicación	El nivel de aplicación es el destino final de los datos donde se proporcionan los servicios al usuario.
Presentación	Convierte e interpreta los datos que se utilizarán en el nivel de aplicación.
Sesión	Encargado de ciertos aspectos de la comunicación como el control de los tiempos.
Transporte	Transporta la información de una manera fiable para que llegue correctamente a su destino.
Red	Nivel encargado de encaminar los datos hacia su destino eligiendo la ruta más efectiva.
Enlace	Controla el flujo de los mismos, la sincronización y los errores que puedan producirse.
Físico	Se encarga de los aspectos físicos de la conexión.

1.3.2.3 Topologías de Red⁹

La topología de red es la disposición física en la que se conecta una red de ordenadores. Si una red tiene diversas topologías se la llama mixta.

➤ Tipos de Topologías

✓ Topología en anillo

Topología de red en la que las estaciones se conectan formando un anillo como se muestra en la Figura N° 1.4. Cada estación está conectada a la siguiente y la última está conectada a la primera. Cada estación tiene un receptor y un transmisor que hace la función de repetidor, pasando la señal a la siguiente estación del anillo. La desventaja de esta topología es que si algún nodo de la red se cae la comunicación en todo el anillo se pierde.

⁹Eduardo Sánchez de la Chica (23/02/2010) Topologías de Red obtenido de <http://www.abcdatos.com/tutoriales/tutorial/v760.html>

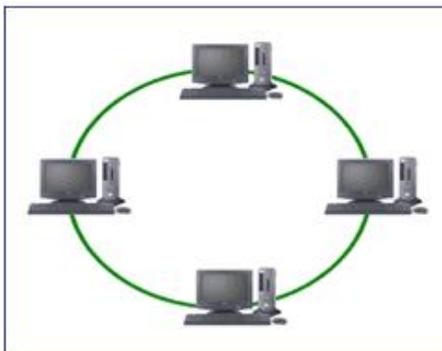


Figura N° 1.4: Topología en anillo

✓ **Topología en árbol¹⁰**

Topología en la que los nodos están colocados en forma de árbol. Desde una visión topológica, la conexión en árbol es parecida a una serie de redes en estrella interconectadas. Cuenta con un cable principal (*backbone*) al que hay conectadas redes individuales en bus. En la figura N° 1.5 se muestra un ejemplo de esta topología.



Figura N°. 1.5: Topología en árbol

✓ **Topología en malla**

La Red en malla es una topología de red en la que cada nodo está conectado a uno o más de los otros nodos como se ve en la Figura N°. 1.6. De esta manera es posible llevar los mensajes de un nodo a otro por diferentes caminos.

¹⁰ Ariel Paz e Silva (2009) TOPOLOGIAS DE RED

<http://www.monografias.com/trabajos53/topologias-red/topologias-red.shtml>

Si esta red está completamente conectada no puede existir absolutamente ninguna interrupción en las comunicaciones. Cada servidor tiene sus propias conexiones con todos los demás servidores.

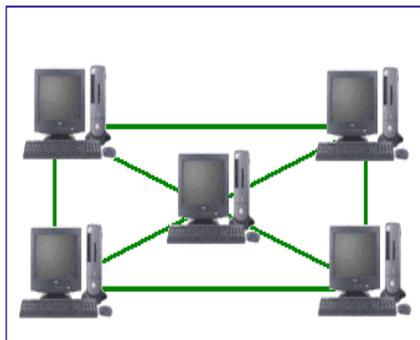


Figura N°1.6: Topología en Malla

✓ **Topología en bus**

En esta topología todas las estaciones están conectadas a un único canal de comunicaciones por medio de unidades interfaz y derivadores. Las estaciones utilizan este canal para comunicarse con el resto, tiene todos sus nodos conectados directamente a un enlace y no tiene ninguna otra conexión entre nodos. Ver la Figura N° 1.7

La topología de bus permite que todos los dispositivos de la red puedan ver todas las señales de todos los demás dispositivos, lo que puede ser ventajoso si desea que todos los dispositivos obtengan esta información.

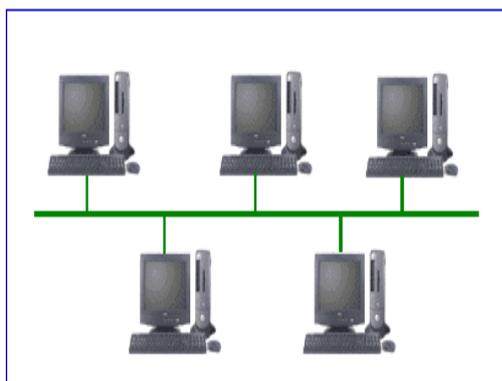


Figura N° 1.7: Topología en Bus

1.3.2.4 Buses de Campo: Definición y Características¹¹

Un bus de campo es un sistema de transmisión de información (datos) que simplifica enormemente la instalación y operación de máquinas y equipamientos industriales utilizados en procesos de producción.

El objetivo de un bus de campo es sustituir las conexiones punto a punto entre los elementos de campo y el equipo de control a través del tradicional bucle de corriente de 4-20mA.

Con la tecnología de los buses de campo, se permite la comunicación bidireccional entre los dispositivos de campo y los sistemas de control, pero también entre los propios dispositivos de campo.

Para ello se basa en que la información que envían y/o reciben los dispositivos de campo es digital, lo que resulta mucho más preciso que si se recurre a métodos analógicos. En la figura N° 1.8 se observan las 3 capas del modelo OSI que utilizan (Física, Enlace y Aplicación), y un conjunto de servicios de administración.

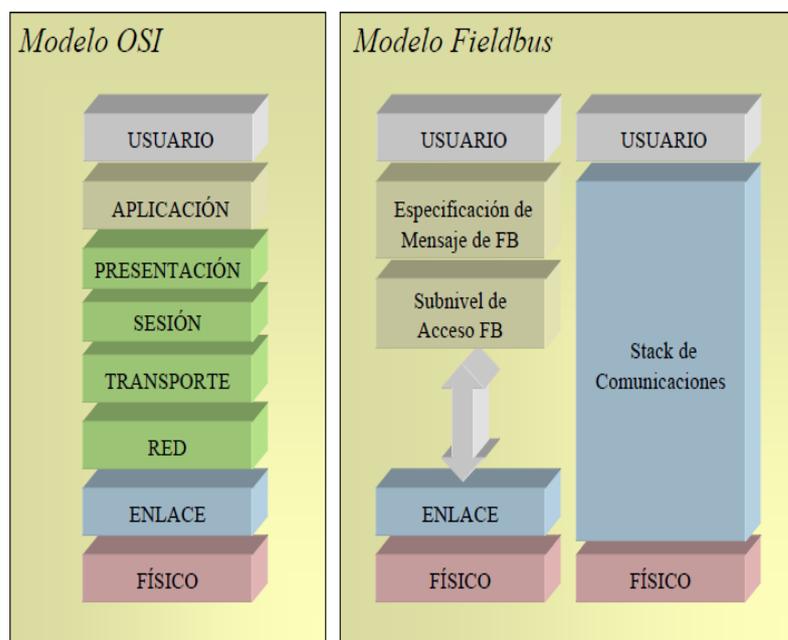


Figura N°. 1.8: Capas del modelo OSI que se usan en los Buses de Campo

¹¹Ing. Mario R. Modesti (S.E.) Sistemas de comunicación por bus de campo obtenido de: <http://www.profesores.frc.utn.edu.ar/industrial/sistemasinteligentes/UT5/busses.pdf>

✓ **Buses de campo existentes**¹²

➤ **Buses de alta velocidad y baja funcionalidad**

Están diseñados para integrar dispositivos simples como finales de carrera, fotocélulas, relés y actuadores simples, funcionando en aplicaciones de tiempo real, y agrupados en una pequeña zona de la planta, típicamente una máquina. Básicamente comprenden las capas física y de enlace del modelo OSI, es decir, señales físicas y patrones de bits de las tramas. Algunos ejemplos son:

CAN: Diseñado originalmente para su aplicación en vehículos.

SDS: Bus para la integración de sensores y actuadores, basado en CAN

ASI: Bus serie diseñado por Siemens para la integración de sensores y actuadores.

➤ **Buses de alta velocidad y funcionalidad media**

Se basan en el diseño de una capa de enlace para el envío eficiente de bloques de datos de tamaño medio. Estos mensajes permiten que el dispositivo tenga mayor funcionalidad de modo que permite incluir aspectos como la configuración, calibración o programación del dispositivo. Son buses capaces de controlar dispositivos de campo complejos, de forma eficiente y a bajo costo. Normalmente incluyen la especificación completa de la capa de aplicación, lo que significa que se dispone de funciones utilizables desde programas basados en PCs para acceder, cambiar y controlar los diversos dispositivos que constituyen el sistema. Algunos ejemplos son:

DeviceNet: Desarrollado por Allen-Bradley, utiliza como base el bus CAN, e incorpora una capa de aplicación orientada a objetos.

DinMessBus: Estándar alemán de bus de instrumentación, basado en comunicación RS-232.

InterBus-S: Bus de campo alemán de uso común en aplicaciones medias

¹²QuimiNet (2011) Buses de campo existentes obtenido de:
<http://www.quiminet.com/articulos/buses-de-campo-existent-2571210.htm>

➤ **Buses de altas prestaciones**

Son capaces de soportar comunicaciones a nivel de todos los niveles de producción. Aunque se basan en buses de alta velocidad, algunos presentan problemas debido a la sobrecarga necesaria para alcanzar las características funcionales y de seguridad que se les exigen. La capa de aplicación tiene un gran número de servicios a la capa de usuario, habitualmente un subconjunto del estándar MMS (Manufacturing Message Specification). Entre sus características incluyen:

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

➤ **Buses estandarizados**

• **PROFIBUS**

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

- ✓ Plataformas basadas en microprocesadores de 16 bits más procesadores de comunicaciones.
- ✓ Las distancias potenciales de bus van de 100 m a 24 Km (con repetidores y fibra óptica).

- ✓ Velocidad de comunicación de 9600 bps a 12 Mbps Utiliza mensajes de hasta 244 bytes de datos

Existen tres perfiles (Figura N° 1.9):

Profibus DP (Decentralized Periphery). Orientado a sensores/actuadores enlazados a procesadores (PLCS) o terminales.

Profibus PA (Process Automation). Para control de proceso y cumpliendo normas especiales de seguridad para la industria química (IEC 1 1 15 8-2, seguridad intrínseca).

Profibus FMS (Fieldbus Message Specification). Para comunicación entre células de proceso o equipos de automatización.

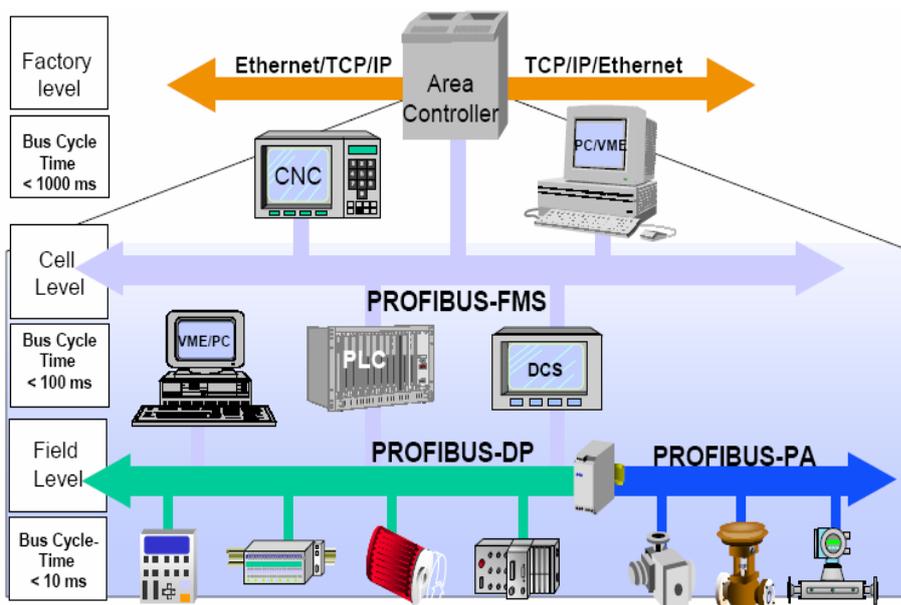


Figura N° 1.9: Perfiles de PROFIBUS

- **ASI**

Bus desarrollado por Siemens para utilizarlo en actuadores y sensores, se puede trabajar en varias topologías árbol, estrella, anillo, otras características son:

- ✓ Hasta 31 esclavos
- ✓ Distancia máxima 100 metros.
- ✓ Puentes para PROFIBUS.

- ✓ Un solo cable para alimentación y datos, codificación Manchester (inmune al ruido).
- ✓ Cada esclavo dispone de hasta 4 entradas/salidas, puede controlar hasta 124 E/S digitales.

En la tabla N° 1.4 se muestran las características de los buses más usados en la industria:

Tabla N° 1.4: Características de Buses más importantes (Autor)

BUS	Velocidad Máx.	Paq. de Informa.	Red [m]
ASI	5 [mseg/ciclo]	4 bits	100
FieldBus	2.5 [Mbits/Seg]	256 Bytes	22300
Genius I/O	450 [KBaudios]	128 Bytes	2250
Interbus	500 [Kbits/seg]	288 bits	12500
Profibus	12 [MBaudios]	256 Bytes	Depende de velocidad

1.3.2.5 Ethernet Industrial¹³

Sin duda alguna, Ethernet se ha transformado en el estándar de la conectividad para ambientes corporativos por su alta velocidad, bajo costo, facilidad de instalación y mantenimiento, entre otros factores.

Hace algunos años, comenzó a popularizarse el concepto de Ethernet Industrial, que engloba el uso de la tecnología Ethernet para aplicaciones de control y automatización en un ambiente industrial. Sin embargo, el usuario debe preocuparse por algunas prestaciones de este protocolo para su uso exitoso en los procesos de producción.

Desde el punto de vista físico, Industrial Ethernet constituye una red eléctrica sobre la base de una línea coaxial apantallada, un cableado Twisted Pair o una red óptica sobre la base de un conductor de fibras

13

Ing. Diego Romero (Octubre 2005) Introducción a Ethernet Industrial obtenido de:
<http://www.ieee.org.ar/downloads/Romero-Eth-Ind.pdf>

ópticas. Industrial Ethernet está definida por el estándar internacional IEEE 802.3.

La implantación de Ethernet como soporte para los protocolos de nivel superior escalar a nivel de empresarial (utilización del nivel ERP en la estructura de producción) nivel de Sala de Información (niveles MES y SCADA).

Ventajas y desventajas del Ethernet Industrial

Interoperabilidad en las capas 1 y 2 dan a la red Ethernet un impulso industrial notable.

Ofrece soluciones basadas en diferentes protocolos a los fabricantes, lo cual implica un acceso a mayores mercados, es decir se puede utilizar dispositivos de diferentes fabricantes.

Hace más fácil el mantenimiento a los instaladores y diseñadores

Algunas aplicaciones quedaban excluidas del alcance de los dispositivos Ethernet. Como las Aplicaciones marinas, ferroviarias, zonas con riesgo de explosión.

Comunicación entre aparatos de ingeniería, ordenadores y dispositivos de control

Múltiples tipos de comunicaciones: Red apta para fábrica de gran potencia: 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 costos: Mediante una disminución de los costes de montaje y cableado.

1.4 Tipos y Características de los PLCs utilizados en la planta industrial de CEDAL

➤ PLC Micrologix 1100¹⁴

El MicroLogix 1100 es un PLC de la gama ALLEN BRADLEY, tiene varias características que le permiten ser un controlador compacto, incorpora además una comunicación con protocolo Ethernet / IP de mensajería, edición en línea, una pantalla LCD incorporada en todos los controladores y una poderosa combinación de I / O en la Figura N° 1.10 se muestra la imagen de este dispositivo.



Figura N°. 1.10: PLC MicroLogix 1100

Características y ventajas de los controladores: MicroLogix 1100

- Puerto incorporado de comunicación Ethernet/IP de 10/100 Mbps de que ofrece una conectividad de alta velocidad entre los usuarios de los controladores, con la capacidad de acceder, controlar y programar desde cualquier lugar con conexión Ethernet.
- Funcionalidad de edición en línea - se pueden hacer modificaciones a un programa mientras se está ejecutando, Por lo que se puede realizar la puesta a punto de un sistema de control en pleno funcionamiento, inclusive lazos PID.
- Servidor Web incorporado permite al usuario configurar y personalizar los datos del controlador en una página web.

¹⁴ <http://www.ab.com/programmablecontrol/plc/micrologix1100/controller.html>

- Este controlador proporciona una gran cantidad de diferentes protocolos de red, permite conexiones como punto-a-punto, incluye un Puerto RS-232/RS-485.
- Pantalla LCD que ayuda al usuario a monitorear los datos dentro del controlador, tiene la opción de modificar dichos datos e interactuar con el programa de control. Muestra el estado de las entradas y salidas digitales y las funciones del controlador.
- Dos entradas analógicas integradas (0 - 10 DC, resolución de 10 bits)
- Una interfaz de usuario sencilla para entrada en mensajes y bits / entero.
- Soporta hasta 128 K bytes para registro de datos y 64 KB para recetas.

Para aplicaciones pequeñas, las E / S incorporadas en este controlador pueden representar todo el control requerido. Además tiene la posibilidad de expandirse mediante módulos de entradas y salidas digitales, analógicas, RTD, termopares y módulos para personalizar el controlador para su aplicación. En las versiones del controlador con entradas de CC, hay un contador de alta velocidad, y en la versión de salida de CC, dos salidas PTO / PWM (salidas de tren de pulsos y el ancho de pulso modulado), que permite al controlador para respaldar las funciones simples de movimiento.

➤ **PLC SLC 500**¹⁵

El SLC 500 es un controlador modular de la familia de PLC de la marca ALLEN BRADLEY (Figura N° 1.11).



Figura N°.1.11: PLC SLC 500¹⁶

¹⁵Brochure <http://ab.rockwellautomation.com/Programmable-Controllers/SLC-500>

¹⁶ http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/br/1747-br017_-es-p.pdf

El SLC 500 es una familia de controladores modulares pequeño basado en chasis de Rockwell Automation. El tamaño reducido del SLC posibilita la utilización de este para aplicaciones en que el tamaño y los gastos generales de un PLC tradicional dotados de todas las funciones no son viables.

Puede funcionar independientemente o conectado en red. Puede controlar una sola máquina o se puede distribuir ampliamente para las aplicaciones SCADA. El uso de un SLC para hacer funcionar su aplicación le permite ampliar fácilmente las capacidades del procesador o añadir E/S conforme crezca el sistema.

Características

- Hasta 64 K palabras de datos configurables y memoria de programa
- Control de hasta 4096 entradas y 4096 señales de salida
- Configuración de hasta tres chasis local, soporta un máximo de 30 módulos entre módulos de comunicación y de E / S locales.
- Supervisar y controlar de forma remota los módulos de E / S a través de protocolos como Control Net™, DeviceNet y Ethernet/IP, mediante puertos de comunicación RJ45, DH +, DH-485, y RS-232.

Aplicaciones¹⁷

La familia SLC 500 ofrece el control rentable y fiable de cientos de miles de aplicaciones en todo el mundo desde parques de diversiones y cervecerías hasta procesos farmacéuticos y alimenticios.

➤ Controlador ControlLogix¹⁸

El PLC ControlLogix es un controlador modular de la familia ALLEN BRADLEY que permite un entorno de desarrollo común para proporcionar un alto rendimiento en un formato fácil de usar. La estrecha integración entre el software de programación, el controlador y módulos de E/S

¹⁷ <http://ab.rockwellautomation.com/Programmable-Controllers/SLC-500>

¹⁸ <http://ab.rockwellautomation.com/Programmable-Controllers/ControlLogix#/tab2>

reduce el tiempo y costo de desarrollo en la puesta en marcha de un proceso y durante su funcionamiento normal.

Este tipo de controlador puede llevar a cabo el control estándar y de seguridad en el mismo chasis para un sistema realmente integrado (Figura N°. 1.12).



Figura N°. 1.12: PLC ControlLogix

Características

- Proporciona módulos de alta velocidad y alto rendimiento, además de un multi disciplinado control de aplicaciones.
- Arquitectura de controlador redundante con conmutación sin saltos y alta disponibilidad.
- Ofrece una amplia difusión de opciones comunicación y de E / S.

Módulos de comunicación

El ControlLogix posee Módulos de comunicación para Ethernet/IP Control Net, DeviceNet, Data Highway Plus, Remote I/O, Fieldbus Foundation, serial, DH-485 y las redes SynchLink.

Módulos I / O

Los módulos E/S proporcionan una amplia gama de módulos digitales, diagnóstico digital, analógico, control de movimiento y de E/S para cualquier tipo de aplicación. Cualquiera de los módulos de E / S se puede utilizar en el chasis local de un controlador ControlLogix. Con la excepción de los

módulos de control de movimiento, estos módulos pueden ser utilizados en un chasis conectados a un controlador ControlLogix a través de ControlNet™ o Ethernet / IP.

Aplicaciones

Los controladores ControlLogix ofrecen la memoria, velocidad y capacidad de procesamiento para satisfacer las demandas de las aplicaciones básicas de la planta de los procesos y de alto rendimiento.

Para aplicaciones de proceso, estos controladores:

- Ofrecen una mayor capacidad de almacenamiento, lo que le permite ejecutar más estrategias de control en cada tarea.
- Mejorar significativamente la cantidad de información que debe intercambiarse entre el control y las capas de supervisión.
- Ofrecen una mejora significativa en el rendimiento de las aplicaciones de control redundantes.

Para aplicaciones de movimiento, estos controladores:

- Ofrecen una alta velocidad de comando del eje de movimiento y ejecución para aplicaciones complejas, y movimientos de alta precisión.
- Están optimizados para el control de unidades de alto rendimiento en movimiento en Ethernet / IP.
- Soportan hasta 100 ejes de movimiento integrado.

➤ **PLC SYSMAC CJ1M CPU 13**

Este controlador es PLC modular básico de la marca OMRON, es el PLC más pequeño de la familia CJ1, es totalmente compatible con la serie CJ1G/H y CS1, tiene como características principales conjunto de instrucciones, comandos de comunicaciones y organización de la memoria la Figura N°. 1.13 muestra una de las variantes que tiene este tipo de dispositivo.

Características

- PLC modular básico, compatible con la serie CJ1G/H.
- Programación en texto estructurado IEC 61131-3, amplia biblioteca de bloques de función.
- Enrutamiento de comunicaciones transparente a través de distintas redes.
- E/S de pulsos incorporadas.
- Tipo de CPU de control de lazo, reloj de tiempo real.
- Puerto estándar USB y Puerto Ethernet/IP incorporado.



Figura N° 1.13: PLC OMRON SYSMAC CJ1M. ¹⁹

1.5 OPC Server utilizado para conexión con los plcs de planta

(OLE for Process Control) es un estándar de comunicación en el campo del control y supervisión de procesos. Este estándar permite que diferentes fuentes de datos envíen datos a un mismo servidor OPC, al que a su vez podrán conectarse diferentes programas compatibles con dicho estándar. De este modo se elimina la necesidad de que todos los

¹⁹

http://industrial.omron.es/es/products/catalogue/automation_systems/programmable_logic_controllers/modular_plc_series/cj1m/default.html

programas cuenten con drivers para dialogar con múltiples fuentes de datos, basta que tengan un driver OPC.

KEPServer²⁰

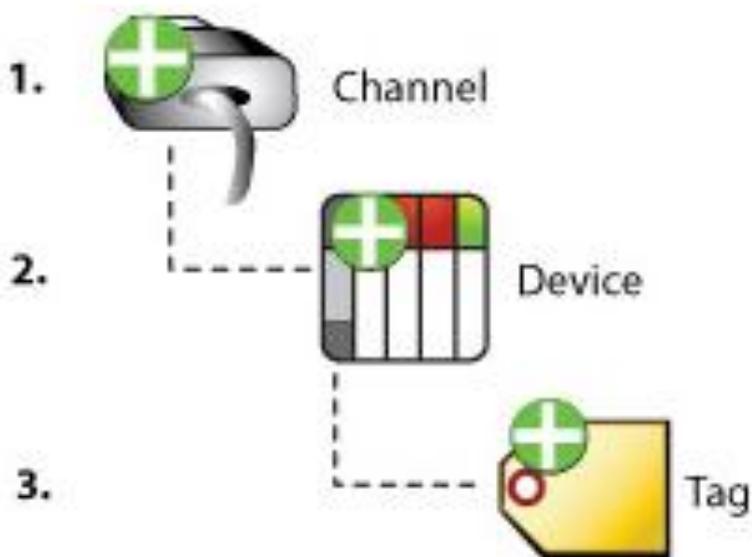
KEPServer es un OPC que permite la comunicación entre diferentes plataformas de automatización y dispositivos industriales de distintas marcas en la figura N°. 1.14 se muestra la forma de comunicación que se realiza en esta OPC.

Características:

Seguridad de la conexión

Permite a los usuarios seleccionar si el servidor debe respetar la configuración de seguridad de DCOM. Cuando esta opción está activada, los usuarios pueden seleccionar la autenticación, y los requisitos de acceso de seguridad a través de la utilidad de configuración DCOM. Esto permite a los usuarios especificar el nivel de seguridad que desea implementar y restringir el acceso a determinados usuarios y / o aplicaciones.

Permite establecer su propia prioridad del proceso y en el acceso a los recursos del servidor.



²⁰Página web proveedor de OPC http://www.kepware.com/Products/kepserverex_features.asp

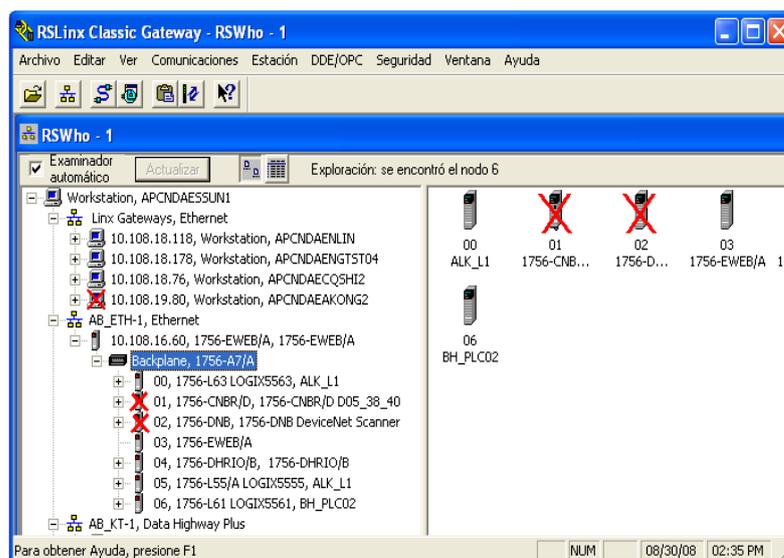
Figura N° 1.14 Forma comunicación KEPServer

RSlinx²¹

RSLinx Classic es un OPC que permite la comunicación para redes y dispositivos de Rockwell Automation que puede utilizarse con los siguientes sistemas operativos:

- Microsoft Windows XP, XP SP1 o XP SP2
- Microsoft Windows Server 2003 SP1 o R2
- Microsoft Windows 2000 SP4
- Microsoft Windows 7 32 o 64 bits

Permite que el controlador programable Allen-Bradley acceda a una amplia variedad de aplicaciones de Rockwell Software y Allen-Bradley (Figura N° 1.15). Entre estas aplicaciones se incluyen desde aplicaciones de configuración y programación tales como RSLogix y RSNetWorx hasta aplicaciones HMI como FTView, hasta sus propias aplicaciones de adquisición de datos mediante Microsoft Office, páginas Web o Visual Basic®. Además, RSLinx Classic utiliza técnicas de optimización de datos avanzadas y dispone de una serie de diagnósticos. RSLinx Classic es un servidor compatible con OPC Data Access y un servidor DDE.



²¹Publicación LINX-GR001A-ES-E-August 2008 obtenido de <http://rockwellautomation.com>

Figura N° 1.15 Configuración Rslinx

Convertidor Serial – Ethernet²²

Históricamente, las aplicaciones de software y los dispositivos basados en RS232 serie se implementaban en torno a una conexión de cable directa y sencilla. Sin embargo, conforme las empresas sustituyen sus conexiones de cable serie directas por una infraestructura Ethernet moderna necesitan conectar sus dispositivos, pero algunos de estos no tienen una comunicación directa por lo que se necesita un medio que permita esta comunicación (Figura N° 1.16)

La comunicación de estos dispositivos se lo realiza mediante el uso de conversores de RS232 a Ethernet. Estos equipos permiten llevar señales seriales a equipos que se comunican a través del protocolo de internet TCP/IP.

Características de los conversores RS-232 Ethernet

- Realizar comunicaciones seriales remotas entre el computador y otros dispositivos conectados en redes Ethernet.
- Realizar desarrollos para comunicar un computador a dispositivos electrónicos que utilizan los canales de internet.

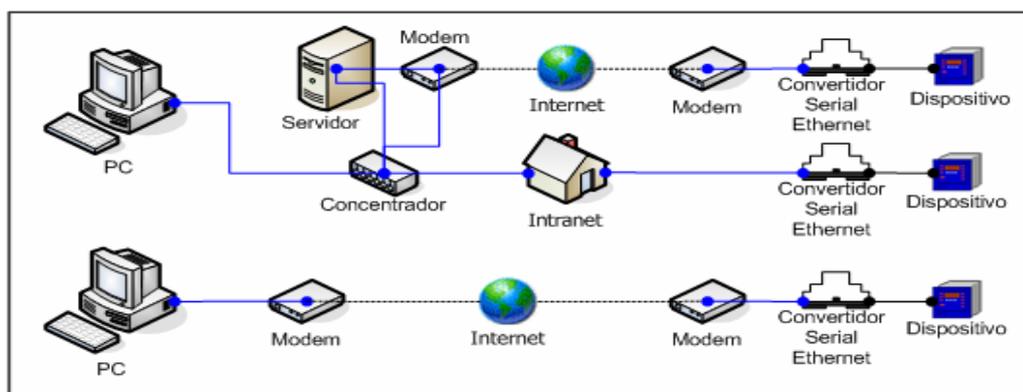


Figura N° 1.16: Comunicación mediante conversores RS-232 a Ethernet

²² Artículo tomado de <http://www.perlesystems.es/products/Device-Server.shtml>

CAPÍTULO II

ANÁLISIS Y SELECCIÓN

INTRODUCCIÓN

Este capítulo tiene como eje fundamental realizar un análisis que permita identificar falencias, necesidades y problemas que se podrían encontrar en la forma de comunicación de la Planta Industrial de CEDAL, tener una solución viable a los mismos y seleccionar los requerimientos necesarios para la implementación del proyecto.

2.1. Análisis del sistema Hidráulico de la prensa de extrusión N°1 de la Planta Industrial de CEDAL.

La prensa Loewy es una prensa hidráulica para la extrusión de aluminio. Su forma de extrusión es directa, en el cual el lingote se fuerza a través de la matriz y, conforme pasa, adquiere la forma del perfil; consiste principalmente en un cilindro el cual contiene un embolo que presiona al tocho que lo expande dentro del contenedor, de manera que tan pronto como recibe la fuerza de compresión éste se expande en todo el diámetro interior de la camisa del contenedor y como consecuencia reduce su longitud y por la fuerza de compresión es empujado por el STEM o RAM a través de la matriz o hilera formando el perfil de acuerdo a la matriz, en la figura 2.1 se observa la representación grafica del proceso de extrusión.

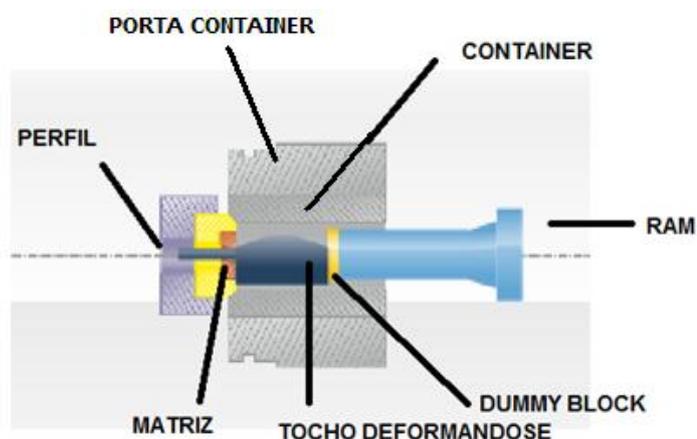


Figura N° 2.1: Representación gráfica de un proceso de extrusión

Componentes de la prensa

Las partes de la prensa son las siguientes y se identifican en la figura N° 2.2:

Horno de tochos: eleva la temperatura de los tochos y lo que facilita su deformación en la prensa.

Alimentación de tochos: traslada el lingote del horno a la prensa en un tiempo corto y así evitar el descenso de su temperatura.

Prensa: es el equipo que realiza la deformación del lingote y lo transforma en perfil.

Puller: se encarga de cortar los perfiles en la distancia deseada y halarlos hacia la mesa de enfriamiento.

Mesa de enfriamiento: es un grupo de bandas transportadoras que trasladan los perfiles hacia la estiradora y los enfrían por medio de ventiladores.

Estiradora: es una máquina que consta de dos mordazas colocadas una frente a la otra y separadas, que tienen su propio sistema óleo-hidráulico o neumático para sujetar el material y luego por la acción de un cilindro hidráulico se separan y estiran el perfil.

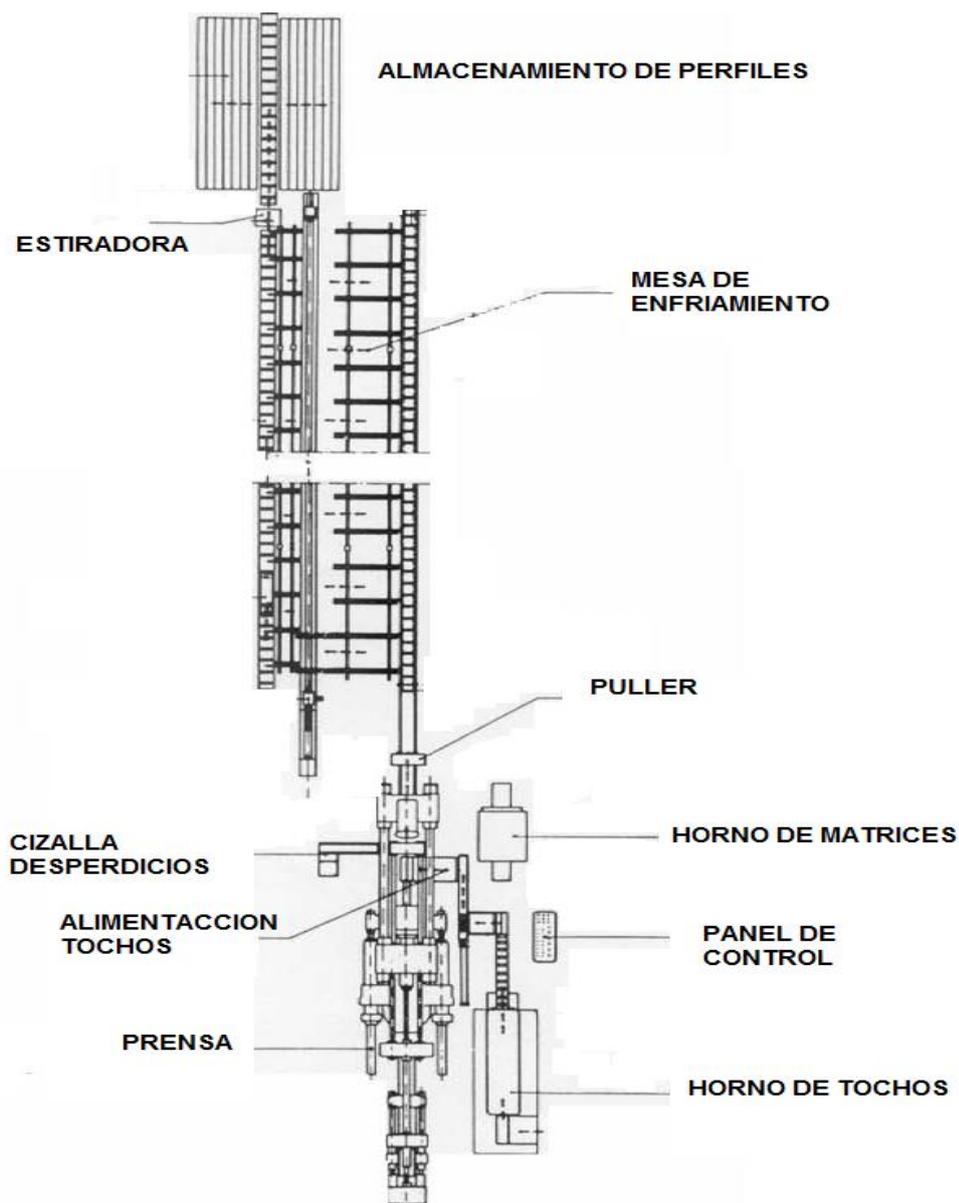


Figura N°. 2.2 Diagrama partes de la prensa

El sistema hidráulico de la prensa está constituido por un complejo circuito de electroválvulas que permiten realizar cada una de las acciones para su correcto funcionamiento. A continuación, se describen brevemente cada uno de estos circuitos, según la actividad que ejecutan y su forma de funcionamiento.

Circuito Principal:

La función de este circuito es generar el torque para accionar los cilindros laterales y el RAM de la prensa, esto se logra mediante tres bombas

principales ajustables, que se encargan de accionar los motores hidráulicos. El flujo de las bombas principales se regula mediante dispositivos de control electro-hidráulicos, los cuales obtienen la presión de control desde la bomba piloto. Las bombas principales son alimentadas mediante la bomba de circulación. Todas las bombas antes mencionadas son de construcción conjunta. (ANEXO A - 1).

El circuito secundario está compuesto de varias electroválvulas las cuales activan las funciones que realiza la prensa en base a órdenes que envía el operador desde el panel de control al PLC el cual controla la prensa. (ANEXO A-1)

2.2. Variables a supervisar y monitorear por el sistema SCADA en la Planta Industrial de CEDAL.

- La planta industrial de CEDAL tiene distintos procesos para realizar los perfiles de aluminio por lo que es necesario realizar un análisis proceso a proceso que permita identificar las variables que serán utilizadas en el sistema SCADA como a continuación se presenta:

➤ FUNDICIÓN

- **HORNO Y PLANTA DE FUNDICION**

El horno de fundición tiene 45 variables que son controladas por el autómata CONTROLLOGIX 1756 – ENBT/A, además del PLC MICROLOGIX 1100 que es utilizado para la estabilización de presión del horno, estos dos PLC son de la familia ALLEN BRADLEY (FIGURA Nº 2.3).



Figura Nº 2.3 Horno y Planta Fundición

- **HORNO DE HOMGENIZADO**

El horno de homogenizado tiene 20 variables que son controladas por el PLC SYSMAC CJ1M CPU13 de marca OMRON (Figura N° 2.4).



Figura N° 2.4 Horno de Homogenizado

➤ **EXTRUSION**

- **PRENSA N°1 LOEWY**

Esta prensa tiene 50 variables para el monitoreo de prensa, extrusión corte y estirado, que son controladas por medio del PLC SLC 5/05, esta prensa de extrusión trabaja de forma semiautomática, es decir, necesita de la supervisión de varios operarios para el funcionamiento y monitoreo (Figura N°. 2.5).



Figura N°. 2.5 Prensa N° 1 LOEWY

Además el proceso de sierra de perfiles de esta prensa es de forma manual, dos operadores se encargan de cortar, medir y almacenar en los coches de transporte los perfiles de aluminio.

- **PRENSA N°2 FARREL**

La prensa FARREL contiene varios procesos prensa, sierra en caliente, cizalla de desperdicios, corredera y doble Puller, para este proceso se utilizan dos PLC SLC 5/05 de la familia ALLEN BRADLEY; son 52 variables las que serán monitoreadas en este proceso (Figura N°. 2.6).



Figura N°. 2.6 Prensa N° 2 FARREL

Los procesos de mesa de enfriamiento, estiradora, y sierra de perfiles son realizados de forma manual por los operadores.

- **ACABADOS**

- **ANODIZADO y PLANTA ANODIZADO**

Son 140 las variables a monitorear que existen en los dos procesos (Figura N°. 2.7) mencionados comprenden las 25 cubas y los siguientes sistemas:



Figura N°. 2.7 Anodizado y Planta Anodizado

- ✓ Sistema de generación, almacenamiento y distribución de agua ablandada.
- ✓ Sistema de dosificación de ácido.
- ✓ Sistema de filtrado.
- ✓ Sistema de dosificación de Flúor.
- ✓ Sistema de dosificación de Níquel.
- ✓ Sistema de enfriamiento.
- ✓ Sistema de rectificación.
- ✓ Sistema de inyección de soda.
- ✓ Sistema de almacenamiento diario y principal de ácido.
- ✓ Sistema de generación y distribución de vapor.

Las variables son controladas por un PLC SLC 5/05 de la familia ALLEN BRADLEY.

- **PINTURA ELECTROESTÁTICA**

En este proceso existen 11 variables que son monitoreadas por un autómatas MICROLOGIX 1100 de la gama ALLEN BRADLEY, que comprenden las temperaturas del horno de secado así como las velocidades de la cadena de transporte de perfiles y de las pistolas que depositan la pintura en los perfiles determinadas por variadores y un PLC de la marca SCHNEIDER ELECTRIC para el monitoreo del horno de curado (Figura N°. 2.8).



Figura N° 2.8 Pintura Electroestática

➤ **ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCION DE COMBUSTIBLE**

Existen 15 variables de monitoreo en este sistema que se encuentran controladas por el PLC que es utilizado para el control de la cizalla de corte de Prensa N° 2 FARREL (Figura N° 2.9).



Figura N°. 2.9 Almacenamiento y Distribución de Combustible

- ✓ Las variables a tomar en cuenta son variables físicas tales como: presión, temperatura, voltaje, corriente, velocidad, longitud de corte, distancias de desplazamiento; así como variables intangibles como tiempo, conteo, etc.
- ✓ La recepción de variables se realiza de forma analógica y digital mediante módulos o tarjetas que permiten recibir las señales y enviarlas a los PLCs
- ✓ La interconexión entre los PLCs se realiza por medio del estándar Ethernet que utiliza la red de comunicación de Planta.
- ✓ Para este análisis se realizó el PI de cada uno de los procesos para determinar cuáles eran las variables importantes a supervisar y monitorear. (ANEXO B).

2.3. Situación Actual de la comunicación en la Planta Industrial de CEDAL.

- La Planta industrial de CEDAL utiliza para su comunicación y transmisión de datos un sistema de red basado en el estándar de comunicación Ethernet.

- La red está conformado por HUB, Switch, con varios puntos que sirven de interconexión para la planta.
- La parte administrativa y los procesos de planta utilizan la misma red de comunicación, por lo que la red no tiene segmentación.
- Para realizar este análisis se realizó el levantamiento del plano de la red. (ANEXO C-1).

2.4. Especificaciones de requisitos del sistema

Estas especificaciones fueron expuestas y sugeridas por el Ing. Franklin Silva ASISTENTE ELECTRÓNICO de CEDAL:

- El sistema debe trabajar en tiempo real.
- Monitoreo de temperaturas, presiones, tiempo y otras variables utilizadas en los procesos de planta.
- Monitoreo de voltajes y corrientes consumidos por los distintos procesos de planta.
- Registro de todas las variables monitoreadas.
- Indicadores de estado que permitan señalar el inicio, desarrollo y fin de cada proceso.
- Alarmas y otros indicadores que identifiquen si existen variaciones en el desarrollo de un proceso.
- Gráficos de tendencias históricos y en tiempo real (trends) para todos los procesos

2.5. Selección de Hardware

2.5.1. Requerimientos de Hardware del Servidor

2.5.1.1. Características técnicas de los computadores personales

En el sistema propuesto es necesario utilizar un PC que tenga las características mínimas para que soporte al software que se va a utilizar ya que será el elemento principal donde se va a realizar el

monitoreo y adquisición de todas las variables y ser el servidor del sistema.

TABLA Nº 2.1: Características del PC utilizado como Servidor (Autor)

Sistema Operativo	Windows Server 2008 R2
CPU	Intel Core 2 Duo
Memoria RAM	3 GB o mas
Disco Duro	250 GB
Conexión a red	Tarjetas de RED Ethernet TCP/IP 10/100 Mbit
Tarjeta Gráfica	Intel Graphics Media Accelerator Drive 1GB
Arquitectura	Soporte 64 Bits

2.5.2. Controladores lógicos Programables²³

El término PLC proviene de las siglas en inglés “Programmable Logic Controller”, que traducido al español se entiende como “Controlador Lógico Programable”. Se trata de un equipo electrónico, diseñado para programar y controlar procesos secuenciales en tiempo real. Por lo general, es posible encontrar este tipo de equipos en ambientes industriales, que necesitan controlar procesos secuenciales, así como también, en aquellas que realizan maniobras de instalación, señalización y control.

Para que un PLC logre cumplir con su función de controlar, es necesario programarlo con cierta información acerca de los procesos que se quiere secuenciar. Esta información es recibida por captadores, que gracias al programa lógico interno, logran implementarla a través de los actuadores de la instalación.

2.5.2.1. Funciones de un PLC

Dentro de las funciones que un PLC puede cumplir se encuentran operaciones como las de detección y de mando, en las que se

²³Walter Gallegos (2005) obtenido de: <http://www.misrespuestas.com/que-es-un-plc.html> (artículo)

elaboran y envían datos de acción a los actuadores, además cumplen la importante función de programación, pudiendo introducir, crear y modificar las aplicaciones del programa, operaciones aritméticas, manejar señales analógicas para realizar estrategias de control.

Los PLCs actuales pueden comunicarse con otros controladores y computadoras en redes de área local, y son una parte fundamental de los modernos sistemas de control distribuido.

2.5.2.2. Ventajas y desventajas de un PLC²⁴

Algunas ventajas y desventajas de los PLCs son:

- Menor cableado.
- Reducción de espacio.
- Facilidad para mantenimiento y puesta a punto.
- Flexibilidad de configuración y programación.
- Ahorrar tiempo en la elaboración de proyectos, pudiendo realizar modificaciones sin costos adicionales.
- Poseen tamaño reducido y mantenimiento de bajo costo.
- Poseen infinidad de módulos para comunicación y monitoreo.
- Posibilidad de controlar más de una máquina con el mismo equipo.
- Necesidad de contar con técnicos calificados y adiestrados específicamente para ocuparse de su buen funcionamiento

2.5.2.3. Tipos de PLC²⁵

Existe gran variedad de PLC, tanto en sus funciones, en su capacidad, en su aspecto físico y otros, por lo que se los puede segmentar en las siguientes categorías:

➤ PLC tipo Nano:

Generalmente PLC de tipo compacto (Fuente, CPU e I/O integradas) que puede manejar un conjunto reducido de I/O, generalmente en un número

²⁴Gerardo Gabriel Acosta Lazo (2008) Controladores Lógicos Programables obtenido de: <http://www.fio.unicen.edu.ar/usuario/ggacosta/TranspaSSCC/06capitulo%28PLC%29.pdf>

²⁵ INGENIASTE.COM(n.d) obtenido de: <http://ingeniaste.com/ingenias/telecom/clasificacion-plc.htm>

inferior a 100. Permiten manejar entradas y salidas digitales y algunos módulos especiales (Figura N° 2.10).



Figura N° 2.10 PLC tipo NANO

➤ **PLC tipo Compactos:**

Estos PLC tienen incorporado la Fuente de Alimentación, su CPU y módulos de I/O en un solo módulo principal y permiten manejar desde unas pocas I/O hasta varios cientos (alrededor de 500 I/O), su tamaño es superior a los Nano PLC y soportan una gran variedad de módulos especiales (Figura N° 2.11), tales como:

- Entradas y salidas análogas
- Módulos y contadores rápidos
- Módulos de comunicaciones
- Interfaces de operador
- Expansiones de I/O



Figura N° 2.11 PLC Compacto

➤ **PLC tipo Modular:**

Estos PLC se componen de un conjunto de elementos que conforman el controlador final, estos son:

- Rack o Chasis.
- Fuente de Alimentación.
- CPU.
- Módulos de comunicación y de I/O.

De estos tipos existen desde los denominados MicroPLC que soportan gran cantidad de I/O, hasta los PLC de grandes prestaciones que permiten manejar miles de I/O (Figura N° 2.12).



Figura N° 2.12 PLC Modular

2.5.2.4. Programación de un PLC

Existen varios lenguajes de programación, tradicionalmente los más utilizados son el diagrama de escalera LADDER, preferido por los electricistas, lista de instrucciones y programación por estados, aunque se han incorporado lenguajes más intuitivos que permiten implementar algoritmos complejos mediante simples diagramas de flujo más fáciles de interpretar y mantener. Un lenguaje más reciente, preferido por los informáticos y electrónicos, es el FBD (en inglés Function Block Diagram) que emplea compuertas lógicas y bloques con distintas funciones conectados entre sí.

En la programación se pueden incluir diferentes tipos de operando, desde los más simples como lógica booleana, contadores, temporizadores, contactos, bobinas y operadores matemáticos, hasta operaciones más complejas como manejo de tablas (recetas), apuntadores, algoritmos PID y funciones de comunicación multiprotocolo que le permiten interconectarse con otros dispositivos.

2.6. Selección de Software

2.6.1. Paquete computacional FactoryTalk²⁶

Conceptos Básicos del Paquete FactoryTalk

FactoryTalk, es un paquete integrado de aplicaciones de software para producción de gran rendimiento, altamente escalable, modular y basado en estándares.

FactoryTalk ofrece la integración con la plataforma de control Logix Allen-Bradley de Rockwell Automation, así como una amplia conectividad con sistemas de tecnologías anteriores y de otros fabricantes. Aprovecha una arquitectura orientada a servicios (SOA), un conjunto de servicios integrados que facilita el intercambio de datos entre varias aplicaciones de software de automatización. El sistema actualmente incluye funciones de seguridad, diagnósticos, auditoría, modelo de datos, otorgamiento de licencia, datos en tiempo real, datos históricos, configuración, alarmas y eventos.

Este enfoque permite que sea mucho más rápido y menos costoso para los usuarios finales que emplean la Arquitectura Integrada de Rockwell Automation incorporar nuevos activos en el entorno de información existente de la planta.

Las aplicaciones FactoryTalk abordan una amplia gama de funciones y procesos típicos de producción, agrupados por Rockwell Automation en seis “disciplinas de producción” primarias:

- **Rendimiento y visibilidad:** Las soluciones FactoryTalk para la creación y visualización de indicadores métricos clave y contenido en el contexto de la eficacia operativa, incluyen análisis de eficiencia general del equipo (OEE), interface de máquina operador (HMI), generación de informes y procesamiento analítico en línea (OLAP). Los productos disponibles actualmente en esta categoría incluyen FactoryTalk Metrics y RSView.

²⁶ http://ab.rockwellautomation.com/automation_systems/factory-talk.pdf

- **Administración de producción:** Los productos FactoryTalk en esta categoría incluyen soluciones para la ejecución de pedidos, seguimiento y control interactivo de procesos de fabricación. Los productos ofrecidos actualmente incluyen RSBiz Ware Scheduler, RSBiz Ware Batch y RSPMX.
- **Gestión de activos:** Las aplicaciones FactoryTalk tales como RSMACC crean la base para optimizar las operaciones de la planta y el mantenimiento mediante procedimientos de mitigación de riesgos. Incluyen diagnósticos generales, calibración y monitoreo en tiempo real, así como el equipo de auditoría y estado de la red.
- **Calidad y conformidad:** Este aspecto abarca productos FactoryTalk para control de calidad automatizado, seguridad y análisis, SPC/SQC, administración de especificaciones y generación de informes reglamentarios. Los productos ofrecidos actualmente incluyen RSBiz Ware Procedure y RSPMX SkillTrack.
- **Administración de datos:** El software FactoryTalk para administración de datos automatizada y manual, incluye eventos, proceso y producción, archivos, conectividad con otros fabricantes, modelos de planta, datos maestros (recetas y especificaciones), almacenamiento de documentos, adición de múltiples sitios con sincronización y administración de recetas. Los productos ofrecidos actualmente en esta categoría incluyen RSBiz Ware, RSSql, RSLinx y RSBiz Ware Historian.
- **Diseño y configuración:** Incluye mejoras continuas a soluciones de software, tales como RSLogix 5000, usado para diseño e implementación de aplicaciones discretas, de lotes, de procesos, de control de movimiento y seguridad, controladas por soluciones que aprovechan la plataforma de control Logix. Esta disciplina también incluye aplicaciones de simulación Arena.

El desarrollo del paquete FactoryTalk aumenta más aún el valor de la Arquitectura Integrada de Rockwell Automation. La plataforma de control

Logix de Allen-Bradley ha sido reconocida por la industria como el sistema de control multidisciplinar más versátil.

Rockwell Automation aprovecha los siguientes atributos habilitados por información de Logix dentro del conjunto de software para administración de producción y rendimiento FactoryTalk. (Figura N° 2.13)

- **Alcance de suministro:** La plataforma de control Logix ofrece la capacidad de ejecutar control secuencial, de lotes, de procesos, de movimiento y seguridad, lo cual elimina la necesidad de integrar múltiples controladores.
- **Capacidad de escalado:** La plataforma de control Logix está disponible a través de una amplia gama de controladores diseñados para satisfacer las necesidades de aplicaciones específicas.
- **Información en tiempo real:** La plataforma de control Logix y el paquete de software de información a nivel de toda la planta FactoryTalk ofrecen una integración de primera, así como conectividad con sistemas de tecnologías anteriores o de otros fabricantes. Esto ayuda a proporcionar integración de bajo coste y un flujo de información en tiempo real más eficiente.

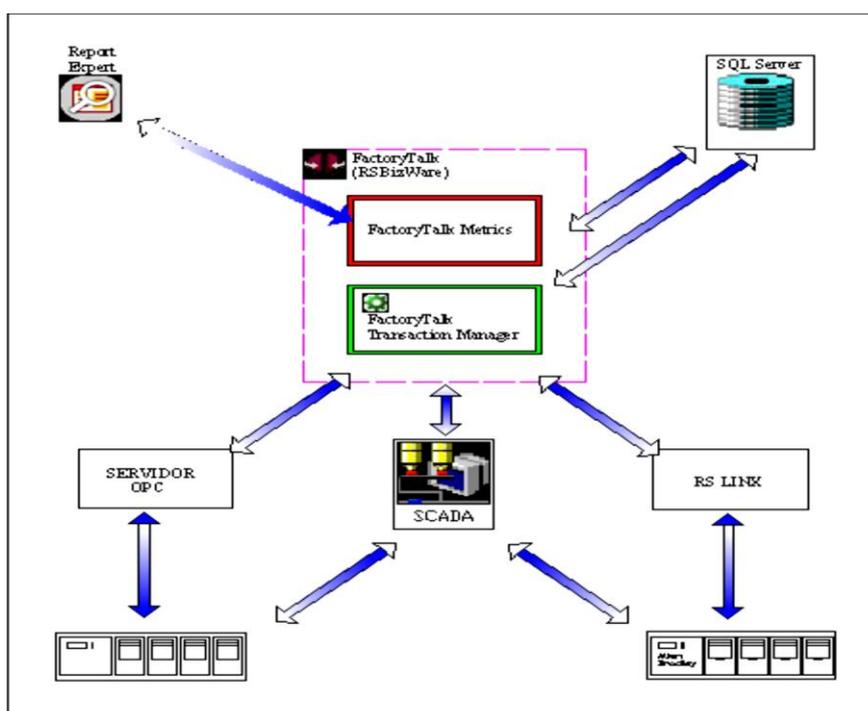


Figura Nº. 2.13: Arquitectura de la Plataforma FactoryTalk

2.7. Visión General del Proyecto

El proyecto consiste en realizar un sistema SCADA que permita la adquisición, monitoreo y generación de históricos de todos los procesos de planta. En la actualidad no existe un sistema que realice dicha tarea.

El proyecto propuesto trata de implementar un sistema de comunicación que permita la transmisión de datos que puedan ser recopilados en un servidor utilizando el software FactoryTalk View que es un software propietario de Rockwell Automation en el cual se realizará la configuración, el interfaz gráfico para los operadores y la comunicación con los PLC'S utilizados en los distintos procesos, además la gestión de archivos, alarmas, históricos y la creación de una base de datos por medio del software FactoryTalk Historian de la misma gama.

Este sistema servirá para el almacenamiento, análisis y el tratamiento de datos, para que el departamento de mantenimiento de planta pueda obtener información válida y realizar cálculos que permitan un mayor control sobre los mismos.

Un aspecto muy importante a destacar en el diseño e implementación de este proyecto es que la mayor parte de PLC'S y de la red de comunicación ya está instalada en la planta, lo que permite utilizar la misma infraestructura y adicionar equipos y elementos que no se encuentran comunicados a la red.

CAPÍTULO III

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA SCADA

3. INTRODUCCIÓN

3.1. Diseño e implementación del Hardware

Como se explica en el capítulo anterior varios de los procesos de la planta tienen interconexión y comunicación pero existen varios procesos que no se encuentran comunicados con la red de la planta por lo que es imprescindible que estos ingresen a la misma para el sistema.

Implementación de procesos que no se encuentran comunicados a la red de la planta industrial.

Para realizar la interconexión de todos los procesos al sistema es necesario un diagrama de bloques con todos los tipos de comunicaciones existentes en la planta industrial como se muestra en la Figura 3.1

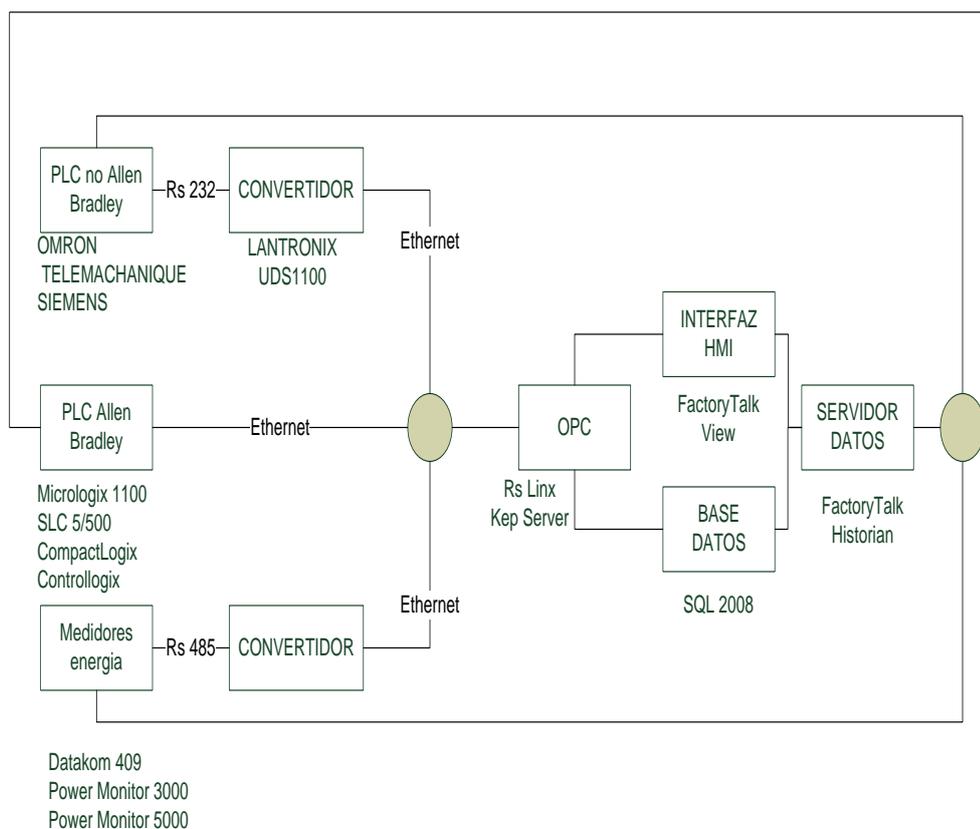


Figura Nº 3.1 Diagrama de bloques comunicación planta (Autor)

a) PINTURA ELECTROESTÁTICA

Análisis de variables de entrada para supervisión y monitoreo del proceso

Tabla N° 3.1 Entradas del sistema de supervisión y monitoreo en Pintura (Realizado por autor)

Nombre variable	Tipo	Sensor/ Actuador	Dirección PLC	Entrada Física
RECIPROCADOR _1_PINTURA	Analógica (Entero)	Salida análoga variador 1	N7:0	I:0.4
RECIPROCADOR _2_PINTURA	Analógica (Entero)	Salida análoga variador 2	N7:1	I:0.5
VARIADOR_ SECADO	Analógica (Entero)	Salida análoga variador	N7:2	I:1.0
VARIADOR_ CADENA	Analógica (Entero)	Salida análoga variador	N7:3	I:1.1
VARIADOR_ CURADO	Analógica (Entero)	Salida Análoga Variador	N7:4	I:1.2
VENTILADOR_ SECADO	Analógica (Entero)	Salida Análoga Variador	N7:5	I:1.3
TERMOCUPLA_1_ CURADO	Analógica (Entero)	Termocupla Tipo K	N7:6	I:2.0
TERMOCUPLA_2_ CURADO	Analógica (Entero)	Termocupla Tipo K	N7:7	I:2.1
TERMOCUPLA_1_ SECADO	Analógica (Entero)	Termocupla Tipo K	N7:8	I:3.0
TERMOCUPLA_2_ SECADO	Analógica (Entero)	Termocupla Tipo K	N7:9	I:3.1
TERMOCUPLA_3_ SECADO	Analógica (Entero)	Termocupla Tipo K	N7:10	I:3.2
TERMOCUPLA_4_ SECADO	Analógica (Entero)	Termocupla Tipo K	N7:11	I:3.3
ACTIVACION_PLC	Digital (Booleana)	Botón Pulsador	B3:0/1	I:0/0

Total entradas: 13

Dimensionamiento de la fuente de poder del PLC de pintura

Se hizo el dimensionamiento en base al catálogo de cada uno de los módulos que posee este PLC, de acuerdo a la tabla N° 3.2; que sería el necesario para cubrir el monitoreo deseado y para fines de expansión en el control.

Tabla N° 3.2 Cálculo de la carga de la fuente de poder (Realizado por Autor)

Módulo I/O	Carga Individual		Carga Total	
	5 V	24 V	5 V	24 V
Micrologix 1100 16 I/O	1000 mA	200 mA	1000 mA	200mA
Módulo entradas análogas 1762 -IF4(1)	200 mA	100mA	200 mA	100 mA
Módulo Termocuplas1762 -IT4(2)	120 mA	70 mA	240 mA	140 mA

En base al análisis anteriormente realizado se estableció que el requerimiento necesario para el monitoreo del proceso de pintura electroestática es el siguiente que se muestra en la tabla N°3.3

Tabla N° 3.3 Requerimientos de Hardware y del tablero de control para monitorear proceso pintura electroestática. (Realizado por Autor)

ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCION
1	1	PLC Micrologix 1100 (1763-L16BWA)
2	1	Módulo de expansión para el PLC Micrologix 1100 de entradas análogas (1762-IF4)
3	2	Módulo de expansión para el PLC Micrologix 1100 de termocupla (1762-IT4)
4	1	Fuente de alimentación SITOP 24 V 5 AMP (100017639)
5	1	Switch de comunicación VRS-EXT N-TRON ETHER. SWITCH 4 PORT 10/100BASE TX
5	150 mts	Cable compensación termocupla tipo K
7	150mts	Cable BELDEN 4 hilos 22 AWG
8	200 mts	Manguera anillada BX de ½
9	100 mts	Cable UTP 5e
10	1	Tablero de control IP:51 (50 x 40 x 20 cm)

El tablero para la adquisición de datos en el área de pintura armado quedo de la siguiente manera como se ve en la Figura 3.2:



(Figura N° 3.2 Tablero de Adquisición de Datos de pintura

b) Dámper de fundición

Esta parte del proceso tiene un PLC Micrologix que no tiene puerto de Ethernet para realizar la comunicación por lo que es necesario implementar un módulo Ethernet 1761-NET-ENI de Allen – Bradley (Figura N° 3.3) el cual nos permitirá tener comunicación con este autómatas.



Figura N° 3.3 Módulo de comunicación 1746-NET-ENI

La configuración del módulo es de la siguiente forma:

Utilizando el software ENI Configuration Utility de Rockwell Automation asignamos la velocidad de transferencia de datos la cual debe ser la misma que posee el PLC. (Figura N° 3.4)

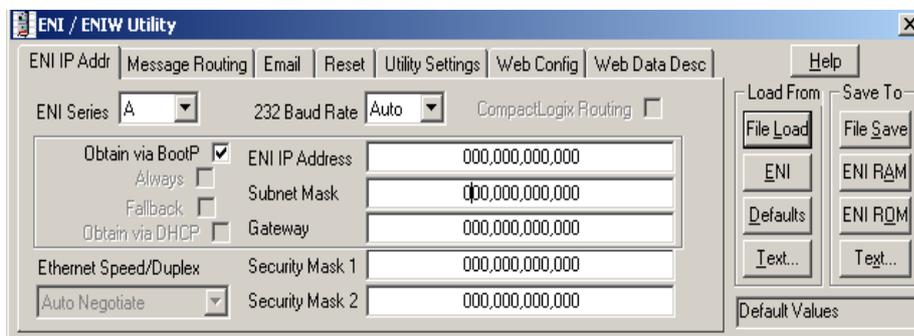


Figura N° 3.4 Configuración del software ENI

Seguido se asigna la dirección IP así como la máscara de sub red como no habrá sub división de redes no se necesita asignar valor a las otras sub máscaras.

Finalmente después de configurar los parámetros se descarga esta información al módulo para la comunicación.

c) Horno de Homogenizado

El PLC OMRON que controla el horno de envejecimiento tiene una comunicación RS-232, por lo que necesitamos realizar la conversión de la comunicación serial a Ethernet.

Para realizar esta comunicación se utilizó el convertor LANTRONIX UDS 1100 (Figura 3.5) y el software LANTRONIX Device Instaler para poder configurarlo.



Figura N° 3.5 Conversor RS-232 Ethernet UDS 1100

Este convertidor tiene diferentes tipos de conversión RS 232, RS 422, RS 485, a Ethernet se utilizó un cable de conexión paralelo a serial para la comunicación con se ve en la siguiente figura: (Figura N° 3.6)



Figura N° 3.6 Conexión PLC OMRON con el Convertidor UDS 1100

Después de realizar la conexión se configura el puerto de comunicación, se ingresa un dirección IP, sub mascara de red, en este caso no utilizamos Gateway (Figura 3.7)



Figura N° 3.7 Asignación de IP al conversor UDS 1100

Seguido se comprueba que se asignó la dirección IP al dispositivo (Figura 3.8):



Figura N° 3.8 Comprobación IP convertidor

d) Medidores de energía DATAKOM 409

Estos medidores de energía tienen comunicación RS 485, para este tipo de comunicación se utilizó otro tipo de conversor de comunicación este módulo de comunicación tiene la ventaja de tener un web server el cual nos ayudara para la configuración del mismo.

Estos medidores sirven para la toma de datos de energía de la planta de efluentes, celda 1 y 2 de extrusión.

Se conecta el convertidor al módulo de energía de la siguiente manera (Figura 3.9):

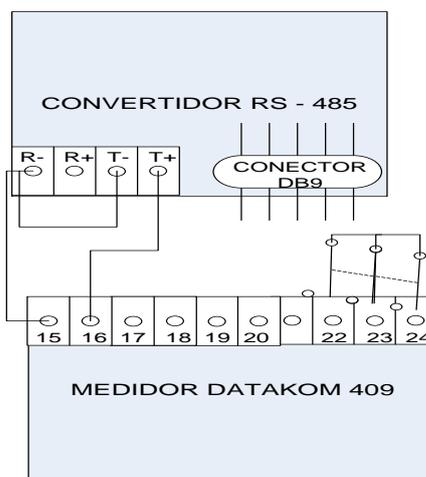


Figura N° 3.9 Esquema de conexiones Convertidor Medidor DATAKOM

Se conecta el modulo y se comprueba que los leds estén encendidos para empezar a configurarlo (Figura 3.10):



Figura N° 3.10 Conexión convertidor RS-485 al medidor DATAKOM 409

Para configurarlo se utiliza una IP estática del mismo tipo del convertidor en el PC que nos vamos a comunicar para poder configurar al convertidor (Figura 3.11):

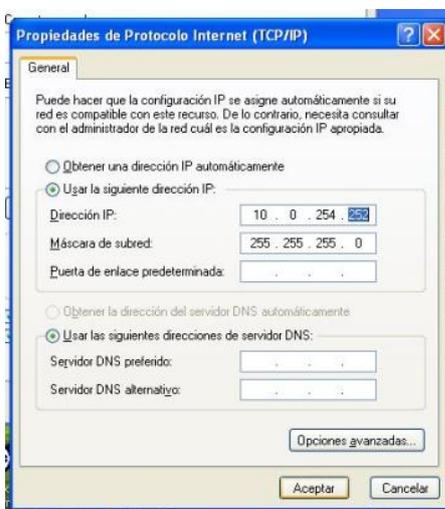


Figura Nº 3.11 Asignación de la IP para comunicación del Convertidor

Seguido se abre el web server mediante Internet Explorer se abre el web server del convertidor ingresando la IP que viene por default (Figura 3.12):

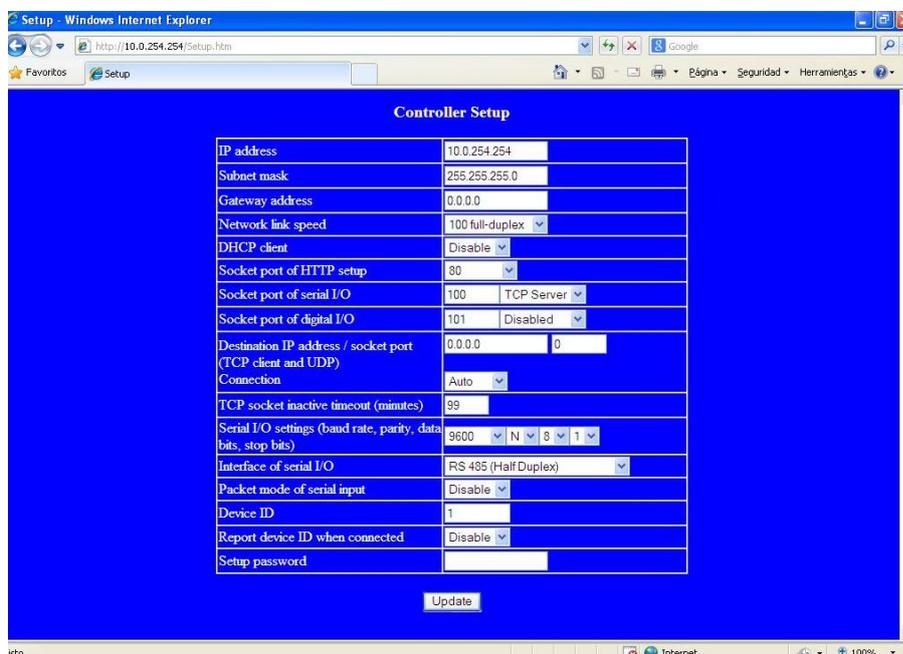


Figura Nº 3.12 Web server del convertidor

Seguido se asigna la IP deseada la velocidad, tipo de comunicación, baudios y otras configuraciones según se requiere (Figura 3.13):

Controller Setup	
IP address	1.1.1.120
Subnet mask	255.255.255.0
Gateway address	0.0.0.0
Network link speed	100 full-duplex
DHCP client	Disable
Socket port of HTTP setup	80
Socket port of serial I/O	100 TCP Server
Socket port of digital I/O	101 Disabled
Destination IP address / socket port (TCP client and UDP)	0.0.0.0 0
Connection	Auto
TCP socket inactive timeout (minutes)	99
Serial I/O settings (band rate, parity, data bits, stop bits)	9600 N 8 1
Interface of serial I/O	RS 485 (Half Duplex)
Packet mode of serial input	Disable
Device ID	1
Report device ID when connected	Disable
Setup password	

Update

Figura Nº 3.13 Configuración Convertidor RS 485

Por último se comprueba la velocidad y si se tiene conexión con los convertidores (Figura 3.14 a), b), c)):

```

C:\WINDOWS\system32\CMD.exe - PING 1.1.1.120 -t
G:\Documents and Settings>CD..
G:\>PING 1.1.1.120 -t
Haciendo ping a 1.1.1.120 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 1.1.1.120: bytes=32 tiempo=9ms TTL=128

```

Figura Nº 3.14 a) comunicación medidor Planta de Efluentes

```

C:\WINDOWS\system32\CMD.exe - PING 1.1.1.121 -t
G:\Documents and Settings>CD..
G:\>PING 1.1.1.121 -t
Haciendo ping a 1.1.1.121 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 1.1.1.121: bytes=32 tiempo=9ms TTL=128

```

Figura Nº 3.14 b) comunicación medidor Celda 1 Extrusión

```

C:\WINDOWS\system32\CMD.exe - PING 1.1.1.122 -t
Respuesta desde 1.1.1.122 : bytes=32 tiempo=9ms TTL=128
Respuesta desde 1.1.1.122 : bytes=32 tiempo=14ms TTL=128
Respuesta desde 1.1.1.122 : bytes=32 tiempo=9ms TTL=128
Respuesta desde 1.1.1.122 : bytes=32 tiempo=15ms TTL=128
Respuesta desde 1.1.1.122 : bytes=32 tiempo=9ms TTL=128

```

Figura Nº 3.14 c) comunicación medidor Celda 2 Extrusión

Terminada la implementación de los todos los elementos que serán parte del sistema existen varios tipos de comunicación todos enlazados a Ethernet Industrial con lo cual se tiene un solo tipo de protocolo de información para el nuestro proyecto; a continuación se muestra la red implementada en la planta en la Figura 3.15

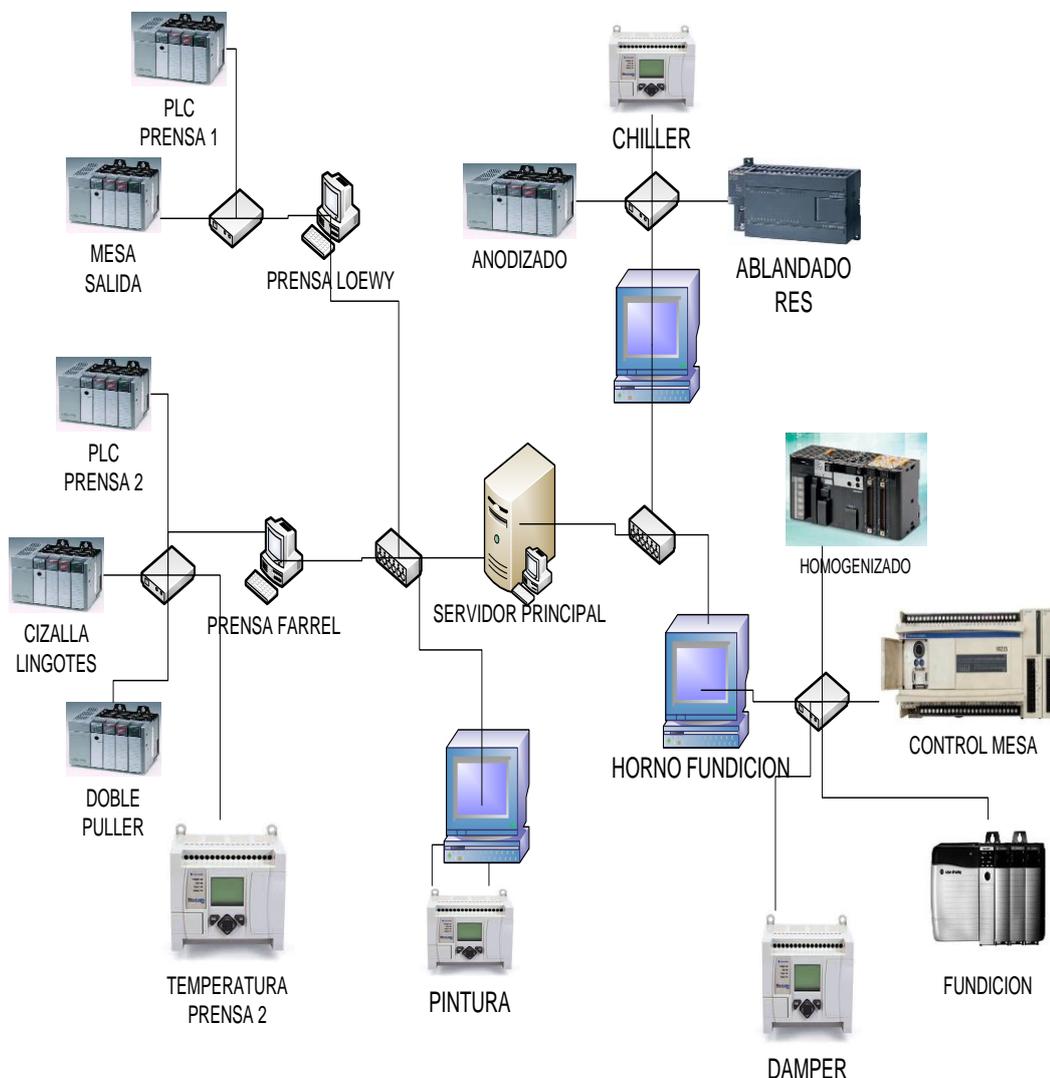


Figura Nº 3.15 Esquema de red implementada

3.1.1. Implementación de la Red de Comunicación

3.1.1.1. Configuración grupo de trabajo servidor

Para la implementación de la red de comunicación se utilizará la misma plataforma de comunicación que posee la planta utilizando un dominio para el servidor ya que al tener una comunicación solo entre PLC y PC que serán parte del sistema no es necesario crear un nuevo grupo de trabajo.

El dominio que se usara es WORKGROUP como se ve en la Figura 3.16:



Figura N° 3.16 asignación para grupo de trabajo

3.1.1.2. Configuración comunicación servidor PLCs Allen Bradley

Se utilizará el software RSLinx Classic para realizar la comunicación entre los PLCs de esta marca y el servidor del sistema.

Se abre el programa y se configura el DRIVER ETHERNET DEVICES para la comunicación con el software como se ve en la Figura 3.17:

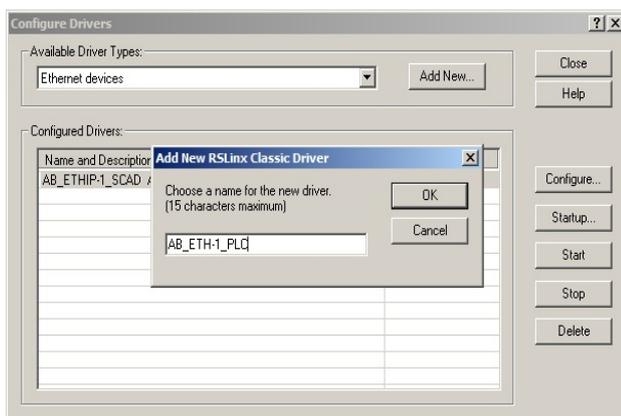


Figura N° 3.17 Elección DRIVER ETHERNET DEVICES

Esta configuración se usa para tener comunicación con el OPC RSLinx Enterprise el cual permite tomar las variables de los PLC al sistema; se configura las direcciones IP de los dispositivos de la siguiente manera Figura 3.18:

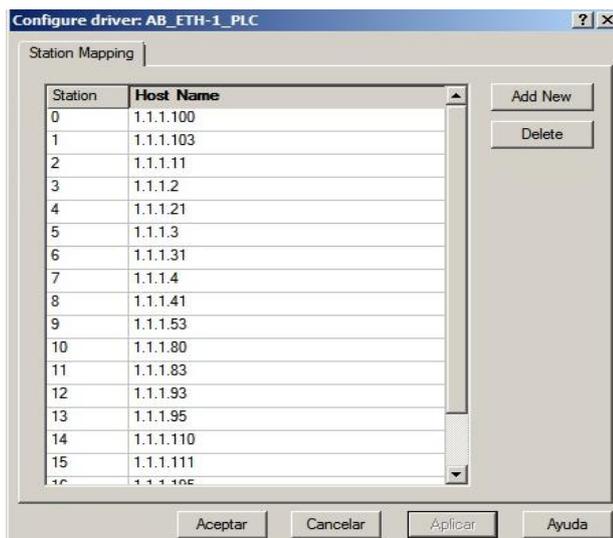


Figura N° 3.18 Ingreso direcciones IP de los PLCs

Si la configuración y la comunicación son correctas automáticamente aparecerán los dispositivos que utilizan este tipo de comunicación como nos muestra la Figura N° 3.19, si algunos de los equipos no se pueden comunicar es por desconexión del mismo o problemas de red:

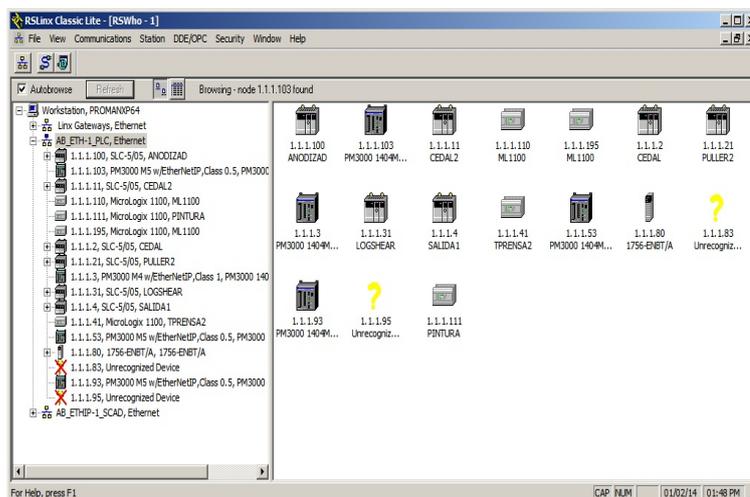


Figura N° 3.19 Comunicación Rslinx

Las IP utilizadas para la comunicación se pueden ver en la tabla N° 3.4

Tabla N° 3.4 Direcciones de los PLC utilizados en los procesos de Planta (Realizado Autor)

Nº	Dirección	Mascara de subred	Tipo de dispositivo	PROCESO
1	1.1.1.2	255.255.255.0	PLC SLC 500	Prensa 1 Loewy
2	1.1.1.4	255.255.255.0	PLC SLC 500	Mesa de salida prensa 1
3	1.1.1.11	255.255.255.0	PLC SLC 500	Prensa 2 Farrel
4	1.1.1.21	255.255.255.0	PLC SLC 500	Doble Puller Prensa Farrel
5	1.1.1.31	255.255.255.0	PLC SLC 500	Cizalla de Lingotes Prensa Farrel
6	1.1.1.100	255.255.255.0	PLC SLC 500	Control naturales Anodizado
7	1.1.1.80	255.255.255.0	ControlLogix	Horno Fundición
8	1.1.1.110	255.255.255.0	Micro Logix	Chiller
9	1.1.1.111	255.255.255.0	Micro Logix	Pintura
10	1.1.1.41	255.255.255.0	Micro Logix	Temperaturas prensa 2
11	1.1.1.95	255.255.255.0	Micro Logix	Dámper fundición
12	1.1.1.103	255.255.255.0	Power Monitor 3000	Rectificadores
13	1.1.1.12	255.255.255.0	Power Monitor 3000	Extrusión
14	1.1.1.3	255.255.255.0	Power Monitor 3000	Prensa 1 Loewy
15	1.1.1.93	255.255.255.0	Power Monitor 3000	Prensa 2 Farrel
16	1.1.1.83	255.255.255.0	Power Monitor 5000	Fundición
17	1.1.1.125	255.255.255.0	PLC OMRON CJ1	Horno Homogenizado
18	192.168.2.120	255.255.255.0	PLC Telemechanique	Horno Fundición
19	1.1.1.120	255.255.255.0	Medidor DATAKOM	Planta Efluentes
20	1.1.1.121	255.255.255.0	Medidor DATAKOM	Celda 1 Extrusión

3.1.1.3. Comunicación servidor PLC no Allen Bradley

Para los dispositivos que no son de la marca ALLEN BRADLEY se utiliza el OPC KEP SERVER 5.3 este se configura de la siguiente manera:

Se crea un nuevo canal y se ingresa el nombre, Figura 3.20:



Figura N° 3.20 Creación canal de comunicación

Se configura la velocidad el tipo de comunicación y la configuración de red ver Figura 3.21:

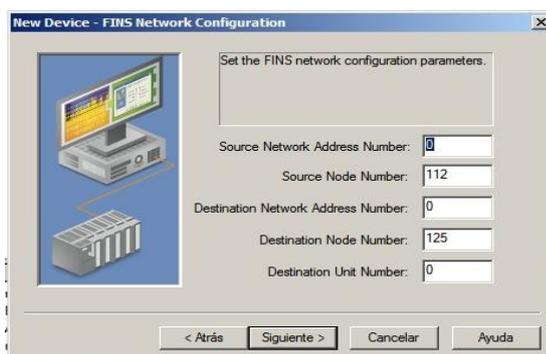


Figura N° 3.21 Configuración canal KEP server

Se elige el tipo de driver con el que se va hacer la comunicación Figura 3.22:

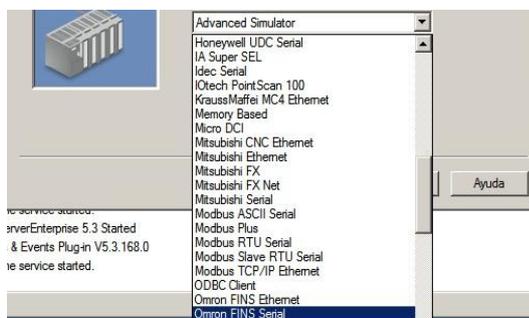


Figura N° 3.22 Elección del Driver (OMRON)

Terminado el canal se configura el PLC de la marca que se necesita configurar para obtener los datos (Figura 3.23):



Figura Nº 3.23 Configuración OMRON horno homogenizado

Se elige la velocidad y las propiedades de la comunicación en base a los parámetros del PLC (Figura 3.24):



Figura Nº 3.24 Parámetros PLC OMRON

Por último se elige las tags que se necesita monitorear y se les asigna nombres de acuerdo al tipo de trabajo de manera que se haga más fácil su identificación (Figura 3.25):

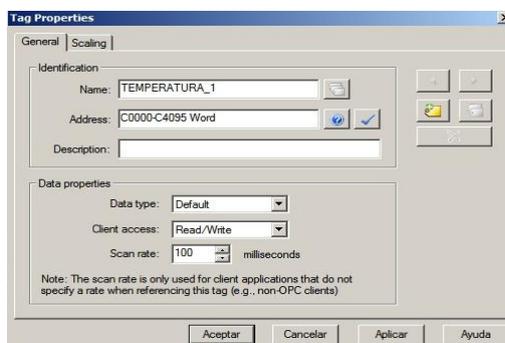


Figura Nº 3.25 Configuración Tags Horno Homogenizado

3.1.2. Ambiente de Operación

La Planta industrial de CEDAL posee muchos ambientes en los cuales existe ruido, polución, humedad y gases por lo que se necesita que los componentes que se van a utilizar tengan normativas y lineamientos con el fin de precautelar la integridad de los dispositivos y disminuir las interferencias en lo que se refiere a comunicación del sistema.

3.1.3. Protección de la alimentación del Servidor

Para proteger el sistema se realizó un cálculo de consumo de la carga de energía de los componentes a utilizar en el sistema:

Tabla N° 3.5 Calculo de carga servidor sistema (Realizado Autor)

Componente	Carga Individual	Carga Total
CPU computador	3500 mA	3500 mA
Monitor	1500 mA	1500 mA
Switch de red	300 mA	300 mA

Al analizar los valores de la tabla se estimó necesario utilizar un UPS de 1KVA para la protección del servidor y del sistema.

3.2. Implementación del Software

Se configura los programas para el servidor de la siguiente forma:

Configuración FactoryTalk Historian

Para instalar este software se necesitan requerimientos imprescindibles ya que al ser un servidor tiene limitaciones como las siguientes:

El computador donde se va a instalar el sistema debe tener las siguientes características:

- ✓ Procesador: Intel Pentium Xeon dual, 3.4 GHz, 4GB RAM
- ✓ Sistema Operativo:

Microsoft Windows Server 2008 R2 con Service Pack 1 64-bit

- ✓ Hardware:
Tarjeta de red 100 Megabit TCP/IP
- ✓ Requerimientos SQL Server:
SQL Server 2008 R2

La restricción principal de este programa es que solo se puede instalar y configurar en el sistema operativo Windows Server 2008 R2

Estos son los componentes necesarios para que el software pueda trabajar y pueda registrar los históricos que se generaran por el sistema SCADA.

- ✓ FactoryTalk Asset Framework
- ✓ FactoryTalk Historian SE Server
- ✓ FactoryTalk Historian Live Data Interface

Además se necesita tener primero activadas las licencias de los programas antes de instalar ya que existen muchas restricciones por ser un software propietario (Figura 3.26):

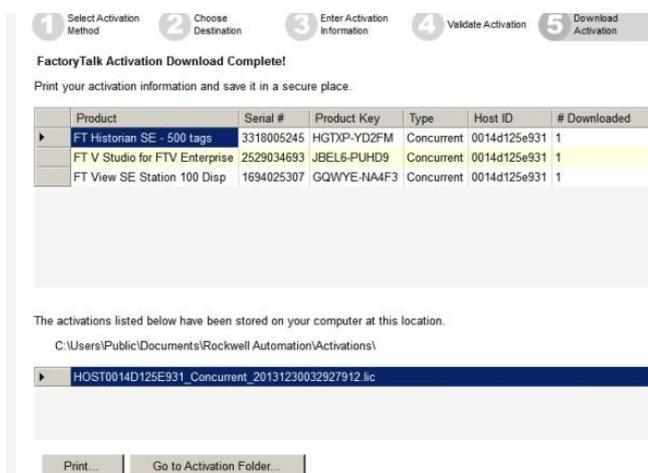


Figura Nº 3.26 Activación de Licencias

Configuración FactoryTalk Asset Framework:

La instalación y configuración de este componente es así:

Se instala primero la base de datos como se ve en la Figura 3.27:

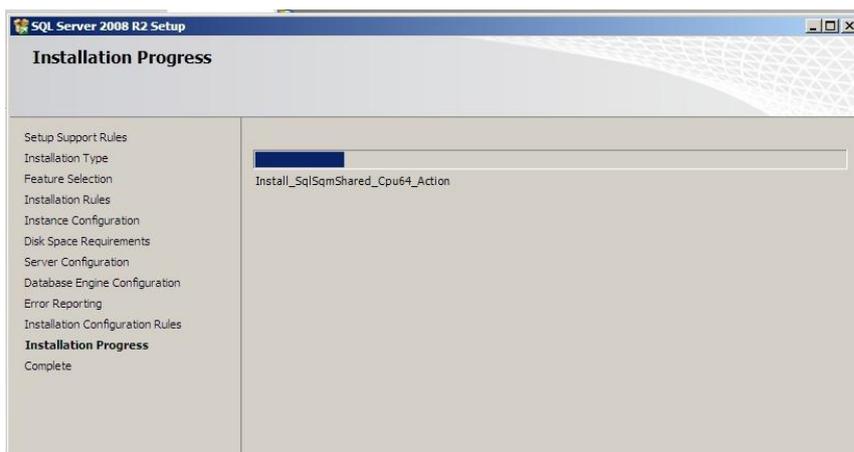


Figura N° 3.27 Instalación SQL Express

Después de instalar la base de datos se instala y configura el Asset Framework (Figura 3.28)



Figura N° 3.28 Instalación Asset Framework

Instalación FactoryTalk Historian Server and Live Data Interface

Al terminar de instalar el Asset Framework se instala FactoryTalk Historian Server, cuando se instala este componente también se instala el Live Data Interface el cual permite la interfaz, conexión, y el almacenamiento mediante el PI server que es la base de datos del servidor basado en SQL como se ve en Figura 3.29:

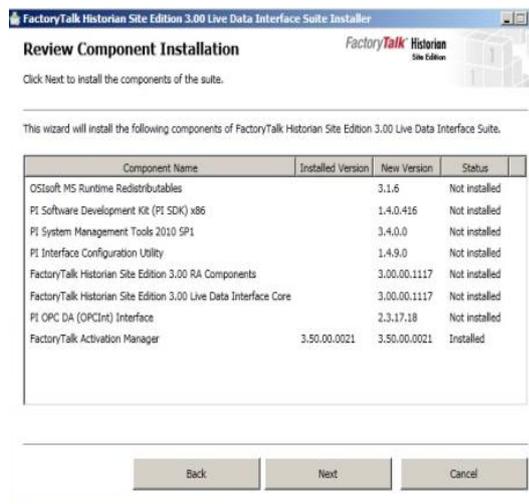


Figura N° 3.29 Instalación Historian y Live Data Interface

Configuración FactoryTalk View y Studio

Para esta aplicación se necesita tomar en cuenta las especificaciones y limitaciones del sistema:

- El máximo de host o PC por grupo de trabajo es de 10, si el número es mayor se necesita crear un dominio nuevo para el sistema.
- Se necesita que el PC del servidor posea las siguientes características:

Intel Core i7 dual processor, 3.4 GHz, 4GB RAM

Sistema Operativo: desde Microsoft Windows XP SP3 hasta el sistema operativo Microsoft Windows Server 2008 R2 con Service Pack 1 64-bit

Hardware:

Tarjeta de red de 100 Megabit.

Tarjeta de Video 1GB HD

Para instalar este programa se necesita realizar varios pasos los cuales son:

- Determinar el número de host que se van a comunicar con el SCADA.
- Determinar el tipo de sistema operativo en el que se va a instalar el software.
- Deshabilitar los temas del sistema operativo, en lo posible utilizar Windows clásico.

- Configurar manualmente las tarjetas de red y los puertos de comunicación
- Deshabilitar y remover protocolos de red DCOM innecesarios.
- Estabilizar las conexiones de red con los componentes que se van a realizar la comunicación.
- Deshabilitar firewall de terceros.
- Instalar Microsoft Internet Information Services
- Deshabilitar actualizaciones automáticas.
- Configurar el Internet Explorer.

Después de realizar los pasos anteriores se instala el software de la siguiente manera:

Se instala primero el FactoryTalk Services Platform, este programa proporciona los servicios esenciales a todos los productos FactoryTalk se ejecutan en un ordenador. Se debe instalar FactoryTalk Services Platform primero, antes de poder instalar FactoryTalk View SE o cualquier otro producto de FactoryTalk en el equipo ver Figura 3.30

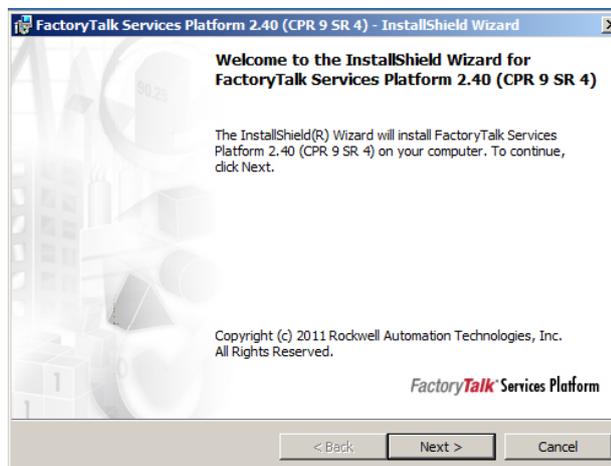


Figura Nº 3.30 FactoryTalk Services Plataforma

Como se necesita una base de datos para guardar las tags que se van a utilizar en el sistema SCADA es necesario instalar los prerequisites de SQL. Cuando ya estén instalados el sistema automáticamente dará una alerta como la siguiente Figura 3.31:



Figura N° 3.31 Prerrequisitos SQL

Se instala y configura el FactoryTalk Site Edition Figura 3.32:

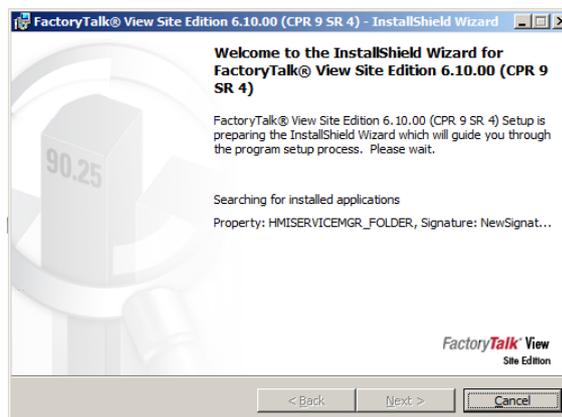


Figura N° 3.32 Instalación FactoryTalk Site Edition

3.2.1. Diseño e implementación de Programas de los PLC

Para el área de pintura fue necesario instalar un sistema que permita recolectar los datos de velocidades y temperaturas que serán monitoreados en esta área:

El programa que se realizó en el PLC Micrologix 1100 monitorea la temperatura de los hornos de secado y curado así como las velocidades de los reciprocadores de la cabina de pintura que pintan los perfiles antes de ingresar al horno de curado. (ANEXO D-1).

3.2.2. Diseño del HMI/SCADA

Utilizando el programa FactoryTalk Studio se crearon HMI para cada uno de los procesos que tiene la planta.

Se crean los HMI de la siguiente forma:

Primero se crea el servidor principal donde estarán los HMI, y las comunicaciones de todos los procesos del SCADA (Figura 3.33):

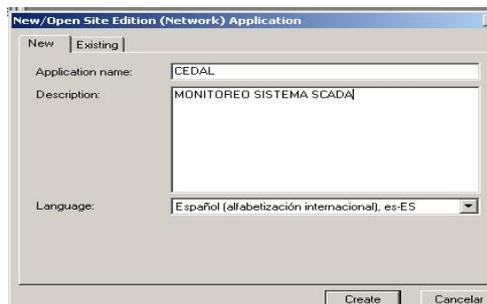


Figura Nº 3.33 Creación Servidor Principal

Seguido se creará un área en el sistema en el cual estará el HMI, la comunicación del servidor, las pantallas y los tags, se lo realizo de esta manera por facilidad de diferenciación de tags (Figura 3.34):

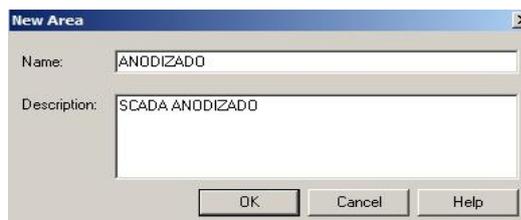


Figura Nº 3.34 Creación de Área de Anodizado

Seguido en la parte derecha del programa se da clic derecho sobre la carpeta que se creó del área y se elige creación de HMI server Figura 3.35:

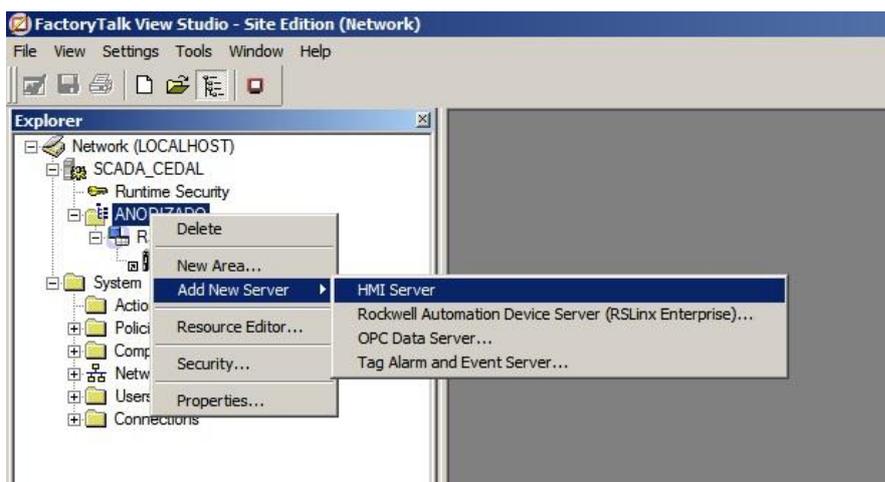


Figura Nº 3.35 Creación HMI Server

Después se ingresa el nombre del HMI y se pulsa aceptar (Figura 3.36)



Figura N° 3.36 Configuración del HMI

Cada uno de los HMI consta de varias pantallas en las cuales están los datos de temperaturas, voltajes y otras variables que monitorear en el sistema:

Las pantallas se realizan de la siguiente forma:

Se hace clic derecho en el menú Display y se escoge new (Figura 3.37)

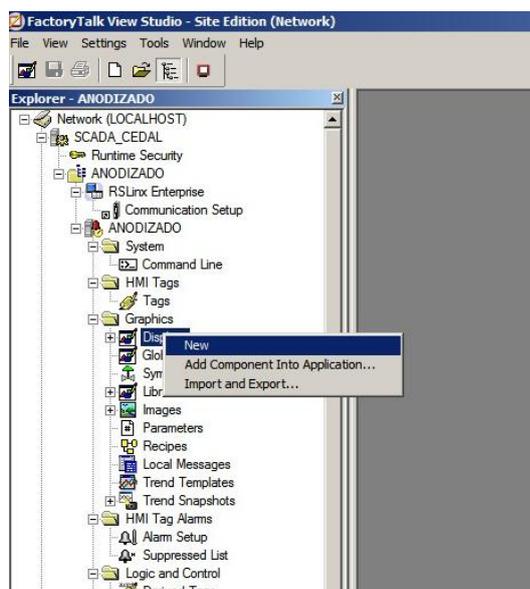


Figura N° 3.37 Creación de Pantallas

En cada una de las pantallas se pueden ingresar hasta 700 tags entre normales y derivadas.

Para asignar las tags se hace doble clic al sobre el menú tags y se despliega una pantalla donde se ingresa el nombre de las tags, las direcciones de los PLC y el tipo de variable (Figura 3.38):

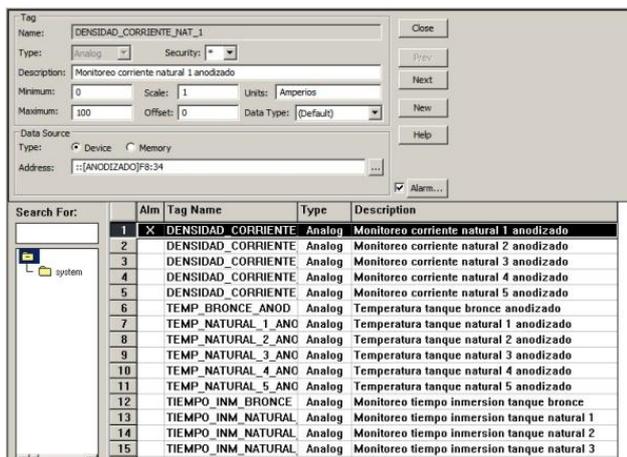


Figura N° 3.38 Tags del sistema SCADA

La primera pantalla es la de inicio para ingresar a todo el sistema (Figura 3.39)



Figura N° 3.39 Pantalla principal del sistema

Otra de las pantallas del sistema son las corrientes donde se puede apreciar en la Figura N° 3.40 es de las corrientes de los rectificadores de los naturales de anodizado:

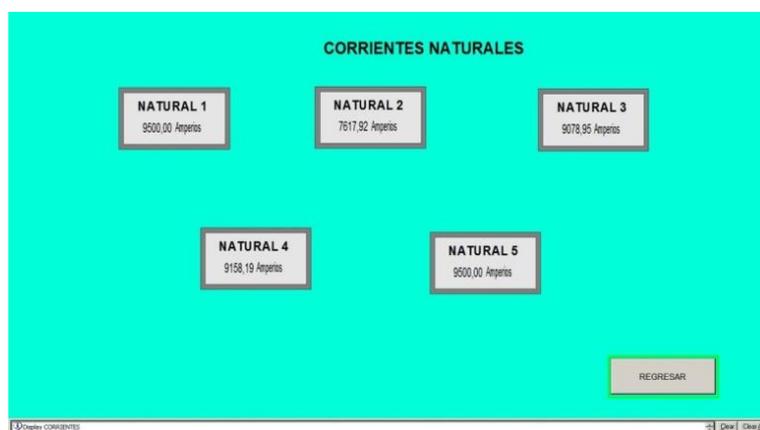


Figura N° 3.40 Corrientes de rectificadores de los naturales

Para hacer la asignación de las Tags se ingresa al menú tags y se escribe el nombre de las variables, se ingresa al menú y se elige la variable del PLC que se desea monitorear, como se muestra en la Figura 3.41:

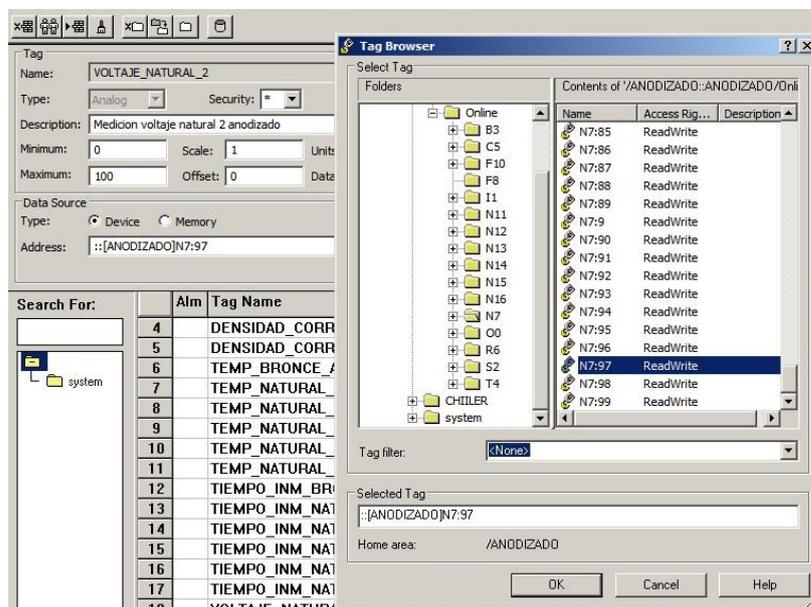


Figura Nº 3.41 Asignación de tags del PLC a las variables del sistema

3.2.3. Configuración de la comunicación del Servidor

Se utiliza el RSLinx Enterprise para comunicar los PLC con el sistema SCADA al abrir el programa FactoryTalk Studio se comprueba en la pestaña derecha los dispositivos conectados al sistema ver Figura 3.42:



Figura Nº 3.42 Comunicación RSLinx Enterprise

Para configurar la comunicación entre los HMI y el RSLinx Enterprise se hace clic sobre la carpeta creada del área y se escoge la opción Rockwell Automation Device Server y se despliega la siguiente pantalla (Figura 3.43):

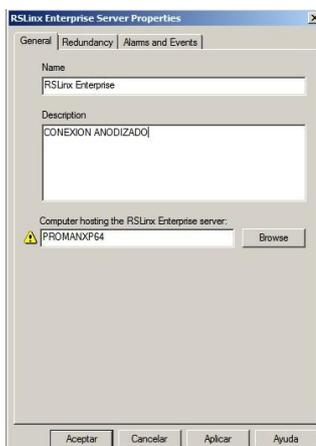


Figura Nº 3.43 Creación Servidor de comunicación

Se ingresa al RSLinx Enterprise y se crean los Shortcuts necesarios para conectar con los PLC (Figura 3.44):

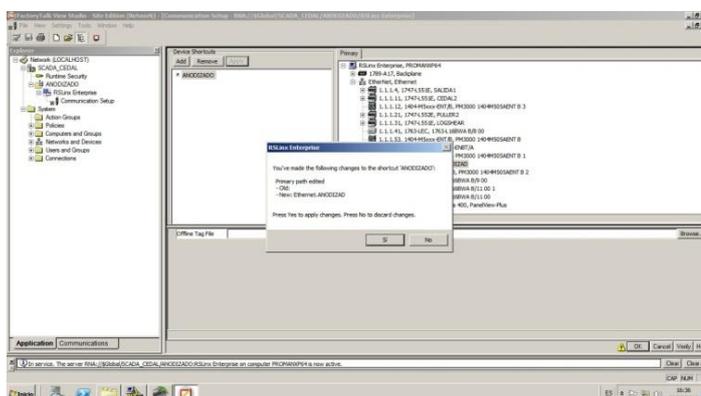


Figura Nº 3.44 Asignación Shortcuts PLCs

3.2.4. Creación de la Base de Datos del HMI/SCADA

Para configurar la base de datos se realiza lo siguiente: se ingresa a INICIO>Todos los programas>Rockwell Software y se hace clic sobre el programa FactoryTalk Administration Console (Figura 3.45):



Figura Nº 3.45 FactoryTalk Administration Console

Se abre una ventana donde se elige el directorio que se usará usar local o de red para este caso será de red (Figura 3.46)



Figura Nº 3.46 Selección del directorio

Después de seleccionar se despliega la ventana principal del programa. En el menú de la izquierda se hace clic derecho sobre la carpeta Historical Data y se elige New Historian Server Connection (Figura 3.47)

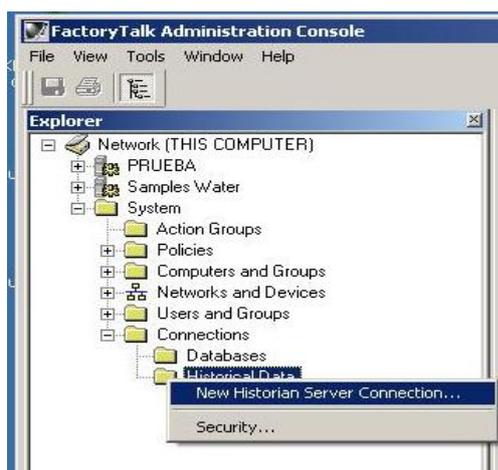


Figura Nº 3.47 Configuración Base Datos

Al seleccionar se ingresa el nombre del servidor de nuestra base de datos y además se puede hacer un test para ver si el servidor está trabajando correctamente (Figura 3.48)

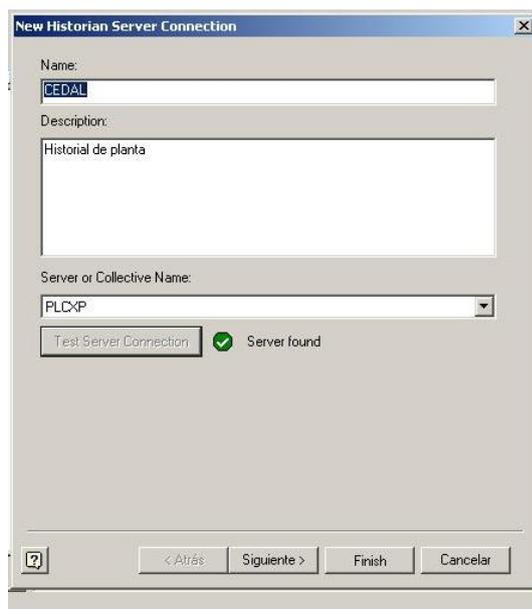


Figura Nº 3.48 Comprobación del Servidor

Se hace clic en siguiente y se despliega una nueva ventana donde se activa la base de datos y configuración del sistema como se ve en la Figura 3.49.

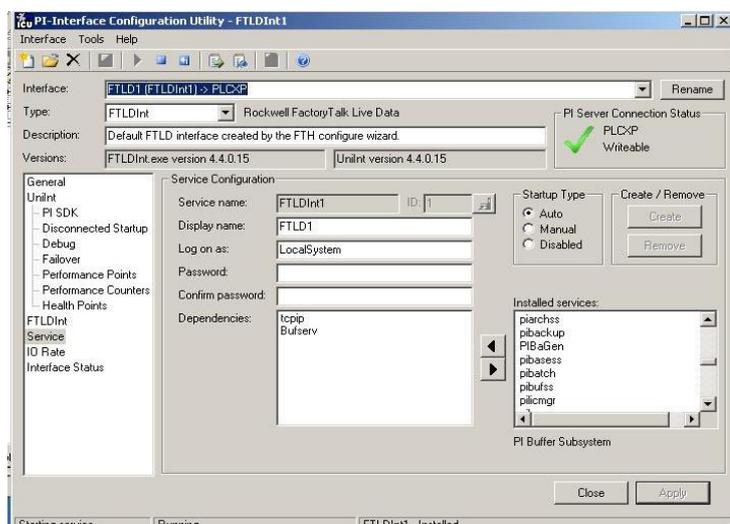


Figura Nº 3.49 Activación Base de Datos

Una vez activada la base de datos en el programa FactoryTalk Administration Console se escoge el servidor de datos se da clic derecho y se despliega la siguiente pestaña, ver Figura 3.50:



Figura Nº 3.50 Configuración de históricos

Se elige el servidor y el HMI de donde se necesita generar los históricos del SCADA, se da clic en siguiente, con lo cual se despliega una nueva pestaña que muestra las variables del proceso que se está monitoreando (Figura 3.51)

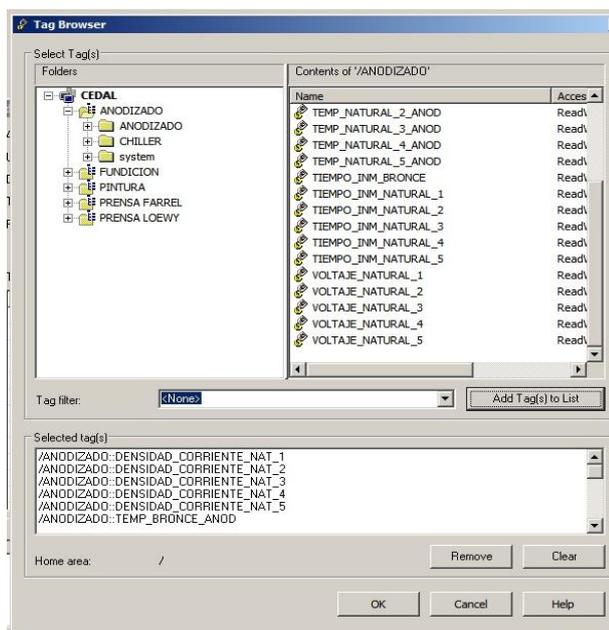


Figura Nº 3.51 Generación de Históricos del HMI

Seguido se elige las tags y se configura el tiempo de almacenamiento de los datos, este tiempo tiene un rango desde 1 segundo hasta 2 minutos, en la Figura 3.52 se muestra la configuración del tiempo de almacenamiento.

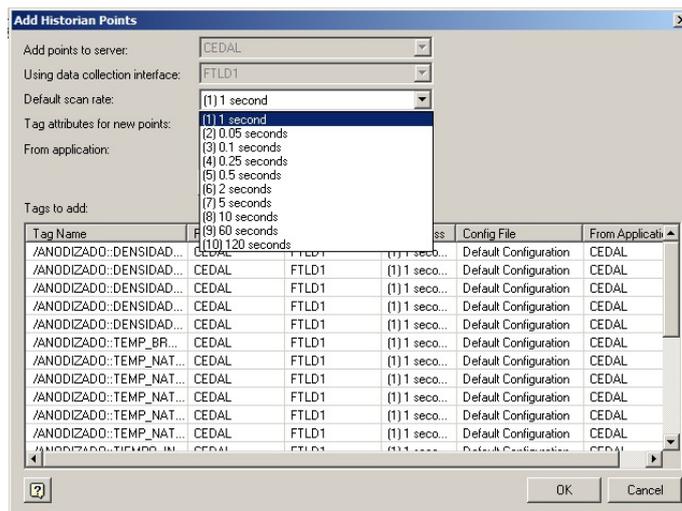


Figura N° 3.52 Configuración tiempo de almacenamiento de las tags

Al hacer clic derecho sobre el botón OK automáticamente las tags se almacenaran en el sistema como se ve en la Figura 3.53

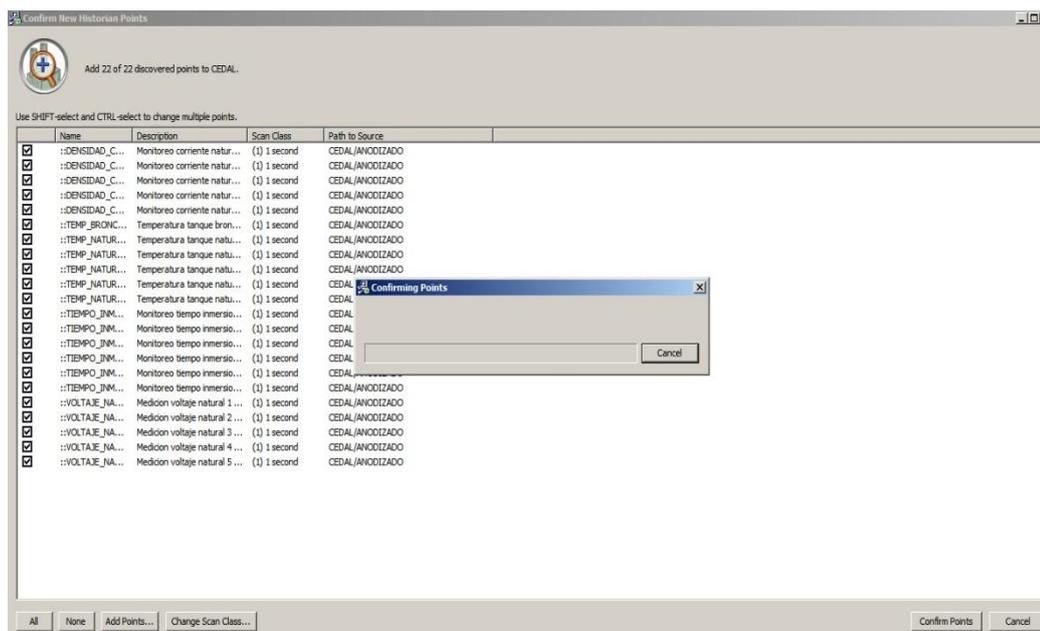


Figura N° 3.53 Confirmación de creación de Históricos

Terminada esta configuración se puede visualizar los datos que se están guardando en el sistema; estos datos se guardan continuamente de acuerdo a la configuración inicial que se dio de 30 segundos, ver Figura N° 3.54:

Date	Time	Militm	Tagname	Value	Status	Marker	Internal
05/06/2014	15:48:40	269	TEMP_BRONCE_ANOD ...	17.00000000		B	-1
05/06/2014	15:48:40	269	DENSIDAD_CORRIENTE_NAT...	6084.00000000		B	-1
05/06/2014	15:48:40	269	DENSIDAD_CORRIENTE_NAT...	0.00000000		B	-1
05/06/2014	15:48:40	269	DENSIDAD_CORRIENTE_NAT...	99.00000000		B	-1
05/06/2014	15:48:40	269	DENSIDAD_CORRIENTE_NAT...	9801.00000000		B	-1
05/06/2014	15:48:40	269	DENSIDAD_CORRIENTE_NAT...	0.00000000		B	-1
05/06/2014	15:48:40	269	TEMP_NATURAL_1_ANOD ...	22.00000000		B	-1
05/06/2014	15:48:40	269	TEMP_NATURAL_2_ANOD ...	23.00000000		B	-1
05/06/2014	15:48:40	269	TEMP_NATURAL_3_ANOD ...	23.00000000		B	-1
05/06/2014	15:48:40	269	TEMP_NATURAL_4_ANOD ...	23.00000000		B	-1
05/06/2014	15:48:40	269	TEMP_NATURAL_5_ANOD ...	18.00000000		B	-1
05/06/2014	15:48:40	269	TIEMPO_INM_BRONCE ...	0.00000000		B	-1
05/06/2014	15:48:40	269	TIEMPO_INM_NATURAL_1 ...	0.00000000		B	-1
05/06/2014	15:48:40	269	TIEMPO_INM_NATURAL_2 ...	20.00000000		B	-1
05/06/2014	15:48:40	269	TIEMPO_INM_NATURAL_3 ...	0.00000000		B	-1
05/06/2014	15:48:40	269	TIEMPO_INM_NATURAL_4 ...	22.00000000		B	-1
05/06/2014	15:48:40	269	TIEMPO_INM_NATURAL_5 ...	18.00000000		B	-1
05/06/2014	15:48:40	269	VOLTAJE_NATURAL_1 ...	19.00000000		B	-1
05/06/2014	15:48:40	269	VOLTAJE_NATURAL_2 ...	0.00000000		B	-1
05/06/2014	15:48:40	269	VOLTAJE_NATURAL_3 ...	18.00000000		B	-1
05/06/2014	15:48:40	269	VOLTAJE_NATURAL_4 ...	0.00000000		B	-1
05/06/2014	15:48:40	269	VOLTAJE_NATURAL_5 ...	19.00000000		B	-1

Figura N° 3.54 Históricos del sistema SCADA para el área de anodizado

3.2.4.1. Configuración de macros del sistema SCADA

Hay configuraciones que se deben ejecutar al inicio del sistema por lo que es necesario la configuración de un macro este es una serie de instrucciones que se almacenan para que se puedan ejecutar mediante una sola llamada u orden de ejecución.

Para este sistema se crean dos macros el primero es utilizado en la configuración inicial del runtime del sistema como se ve en la Figura N° 3.55:

```

macro_prin - /PLANTA/ (Macros)
===== Macro File created 10/14/2013 =====
! Macros are lists of commands, with one command per line
! See Help or the manual for a list of commands and their parameters
!-----
DataLogOn ANODIZADO
DataLogOn FUNDICION
DataLogOn PRENSA_1
DataLogOn PRENSA_2
DataLogOn PINTURA
Display trend_pintura /ZA
Display trend_prensa_2 /ZA
Display trends_prensa_1 /ZA
Display log_shear /ZA
Display historicos_fundicion /ZA
Display TRENDS_ANODIZADO /ZA

```

Figura N° 3.55 Macro principal del sistema SCADA

El segundo macro se usa para la configuración del software FactoryTalk View Point que sirve para crear una página web del sistema como se verá más adelante (Figura N° 3.56):

```

view_point - /PLANTA/ (Macros)
===== Macro File created 06/06/2014 =====
! Macros are lists of commands, with one command per line
! See Help or the manual for a list of commands and their parameters
!-----
Display trend_pintura /ZA
Display trend_prensa_2 /ZA
Display trends_prensa_1 /ZA
Display log_shear /ZA
Display historicos_fundicion /ZA
Display TRENDS_ANODIZADO /ZA

```

Figura N° 3.56 Macro para uso en el servidor web

3.2.5. Creación y configuración del cliente FactoryTalk View

Para poder visualizar el sistema se necesita configurar el programa FactoryTalk View en el cual se crea un cliente que permite la visualización es decir el RUNTIME del sistema, se configura de la siguiente forma:

- Se abre el programa y se elige el tipo de aplicación del sistema (Figura N° 3.57)

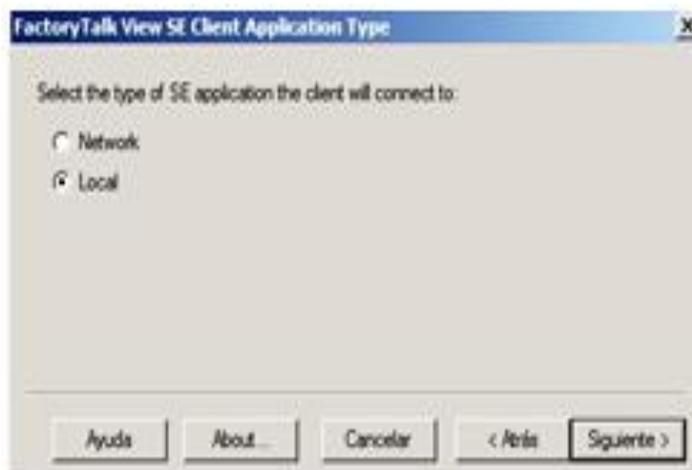


Figura N° 3.57 Configuración de tipo de aplicación

- Se elige la aplicación realizada en el software FactoryTalk Studio por defecto se escoge el lenguaje (Figura N° 3.58)

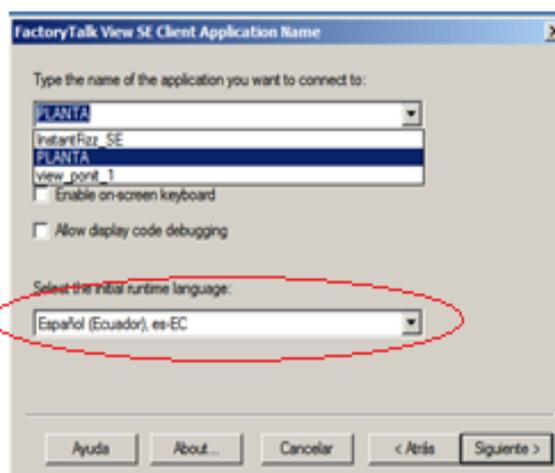


Figura N° 3.58 Selección de aplicación a ejecutar en el runtime

- En la siguiente pestaña se configura los parámetros iniciales para que sean ejecutados en el runtime de la aplicación (Figura N° 3.59)

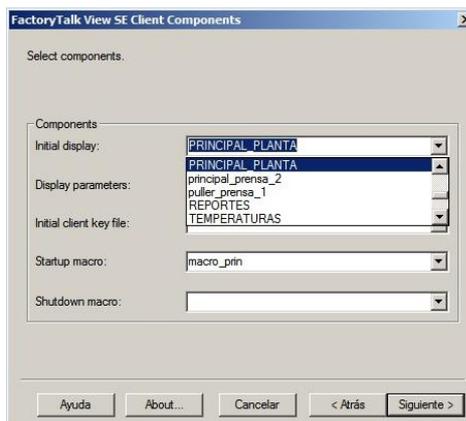


Figura N° 3.59 Configuración parámetros iniciales runtime

- Siguiendo se selecciona la visualización de los displays del sistema se escoge la opción “Maximize Windows ” para que se pueda visualizar el sistema en la extensión completa del monitor (Figura N° 3.60)

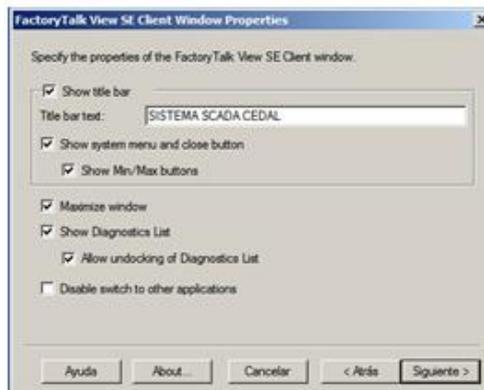


Figura N° 3.60 Configuración propiedades displays sistema

- Se desactiva casilla “Enable Logout” para que la aplicación no se cierre después de un tiempo de inactividad predeterminado (Figura N° 3.61)

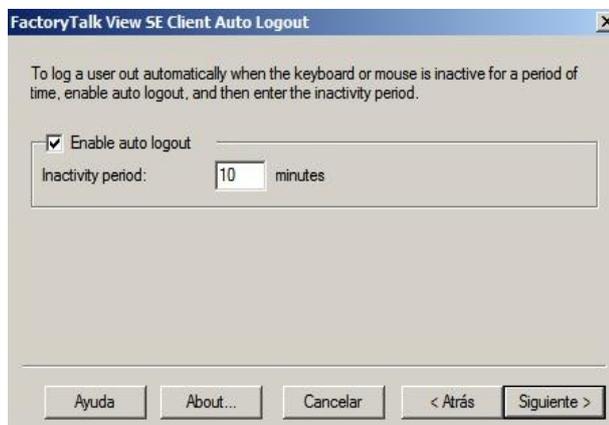


Figura N° 3.61 Desactivación de cierre por inactividad

- Al final de la configuración existen varias opciones la de guardar la configuración actual y la de guardar e iniciar, se elige la primera opción para que se ejecute nuestro sistema (Figura N° 3.62)

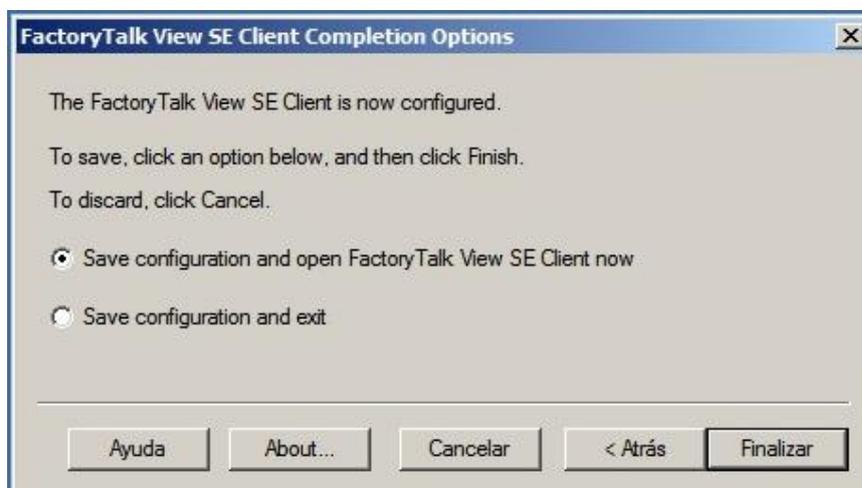


Figura N° 3.62 Finalización y ejecución run time sistema

Esta configuración se puede iniciar automáticamente cuando se inicie Windows creando un acceso directo en inicio de Windows (Figura N° 3.63)

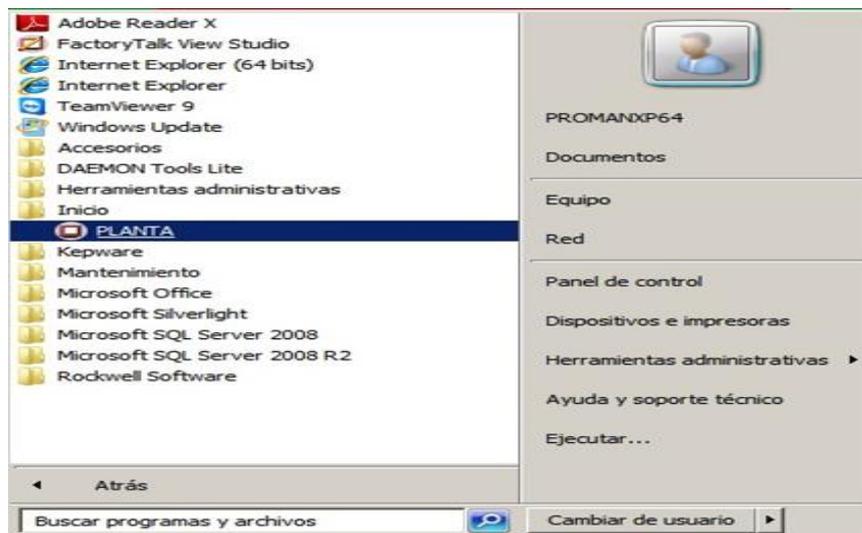


Figura N° 3.63 Creación del Inicio automático del SCADA en Windows

3.2.6. Creación del servidor web del sistema SCADA

Para el monitoreo y visualización del SCADA por internet se utiliza el programa FactoryTalk View Point el cual es un software propietario de Rockwell que se instala conjuntamente con FactoryTalk View que permite crear un servidor web del sistema de forma sencilla (Figura N° 3.64)

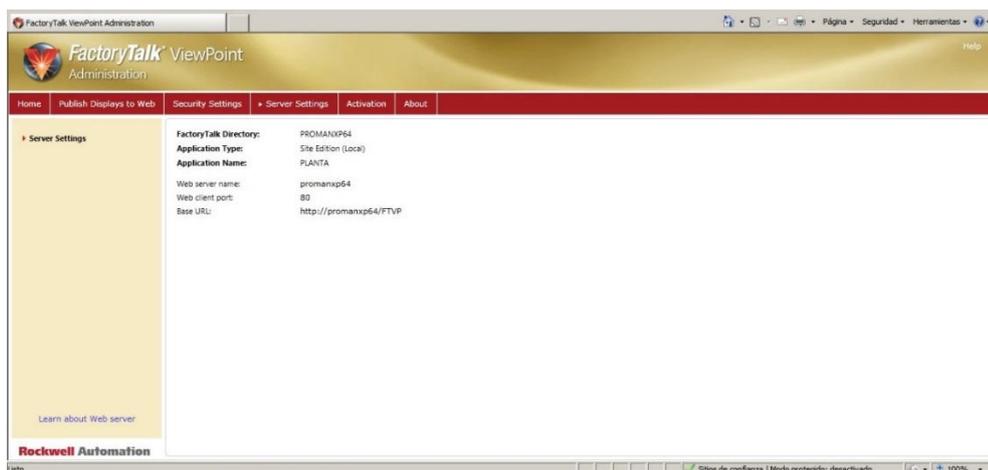


Figura N° 3.64 FactoryTalk View Point

En esta página web se puede visualizar los valores instantáneos de las tags, indicadores de estado, y la información detallada de cada proceso en tiempo real.

Este programa necesita una configuración inicial el cual es el siguiente:

En los computadores donde se desee monitorear el sistema se necesita que esté instalado software Microsoft Silverlight para su correcto funcionamiento.

- Se elige las licencias que se necesitan para la visualización, ver en la Figura N° 3.65:



Figura N° 3.65 Activación de Licencias FTVP

- Se elige el tipo de aplicación y el HMI a ser supervisado por internet en este caso como el sistema se realizó en el mismo computador será de tipo local como se muestra en la Figura N° 3.66:



Figura Nº 3.66 Elección de aplicación y tipo de aplicación

- En el siguiente paso se elige las pantallas y el macro para la visualización Figura Nº 3.67:

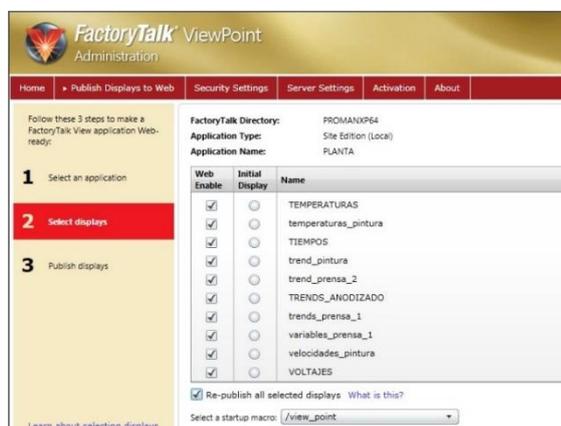


Figura Nº 3.67 Elección de pantallas a visualizar en el servidor

- Por último se da clic en “Publish Display” y el sistema se publica en la web (Figura Nº 3.68).

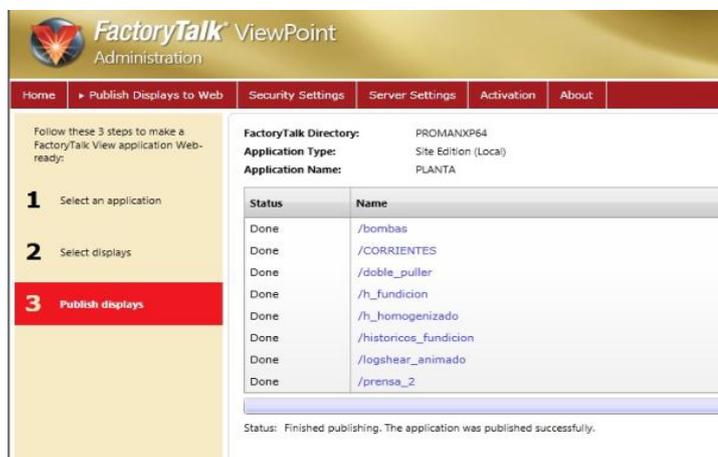


Figura Nº 3.68 Publicación del sistema en la web.

A continuación en la Figura N° 3.69 se muestra página principal del sistema en la web, para ingresar se escribe en el navegador la dirección <http://promanxp64/FTVP> la cual re direccionará a la página del sistema.



Figura N° 3.69 Página principal del sistema en la web

La siguiente imagen (Figura N° 3.70) es de la prensa 2 en esta se muestran los valores instantáneos de las variables, las siguientes pantallas son idénticas.

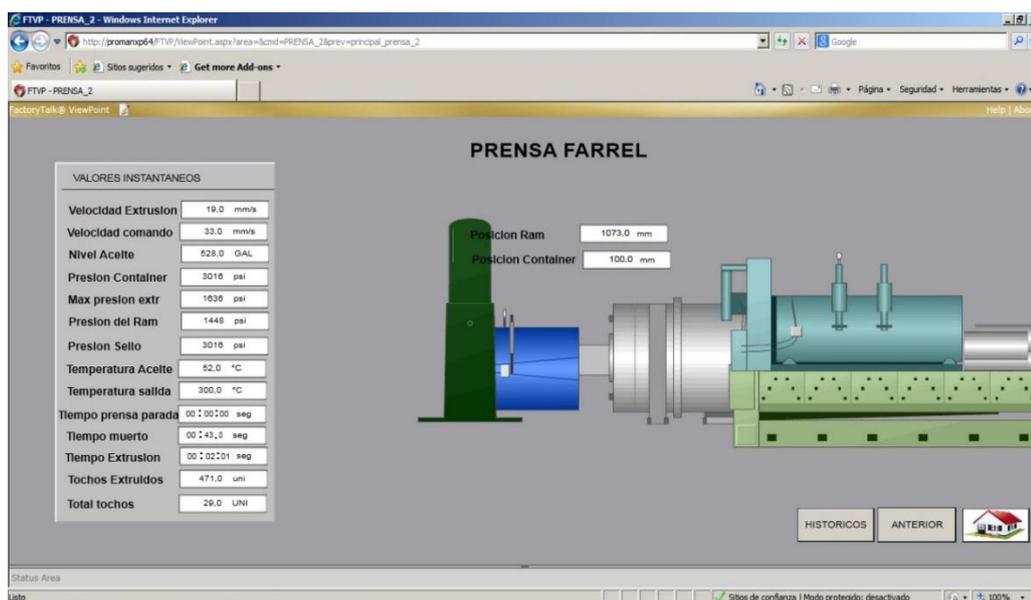


Figura N° 3.70 Display de la Prensa 2 presentado en la web

CAPÍTULO IV

PRUEBAS Y RESULTADOS

4.1. Pruebas Experimentales de Comunicaciones del sistema SCADA

Para la adquisición de datos como se vio anteriormente se utilizó el protocolo de comunicación Ethernet, se determinó si existe velocidad de comunicación entre los dispositivos y el procesador del sistema como se ve en Figura 4.1:

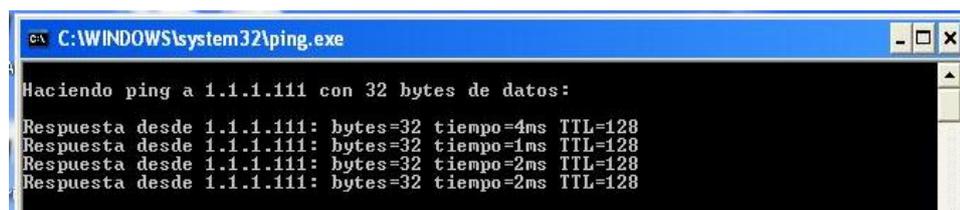


Figura N° 4.1 Velocidad de comunicación con el PLC del área de Pintura

Utilizando el programa RSLinx Classic se determinó que exista comunicación entre el servidor y los dispositivos utilizados en el sistema. (Figura 4.2)

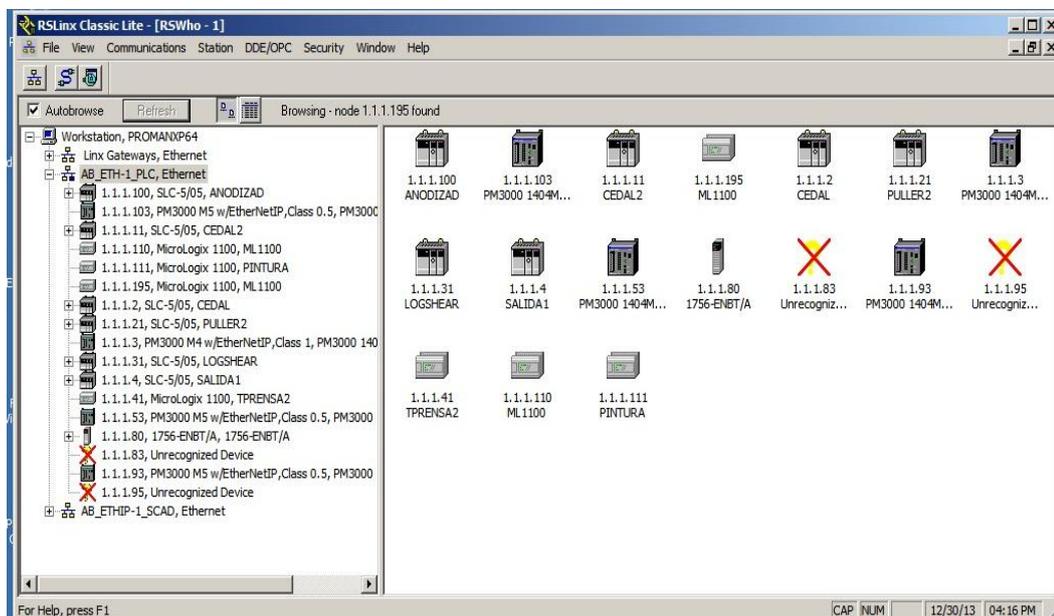


Figura N° 4.2 Comunicación con los PLCs conectados y no conectados

Como se ve en la figura anterior se tiene comunicación con la mayoría de dispositivos utilizados en el sistema; los dispositivos que se encuentran con signo de interrogación tienen problemas de interconexión por velocidad o por que se encuentran desconectados a las red.

4.2. Análisis de Resultados de Comunicaciones del sistema SCADA

La velocidad de comunicación del computador y la red es de 100 Mb/s por segundo como se ve en la Figura 4.3:



Figura N° 4.3 Velocidad comunicación PC – Red.

Utilizando una función del programa RSlinx se determinó el tipo de comunicación, y la calidad de envío y recepción de paquetes: (Figura 4.4) y (Figura 4.5)

The screenshot shows the 'Driver Diagnostics for AB_ETH-1_PLC' window. It has four tabs: 'General', 'Performance', 'Active Connections', and 'Event Log'. The 'General' tab is active. It displays a table of communication statistics with a yellow background. At the bottom, there are 'Refresh' and 'Clear' buttons.

Commands Sent	3.448.244
Replies Received	3.040.824
Unsol. Received	0
Unsol. Replied	0
Broadcast Sent	0
Broadcast Received	19.222
Communication Errors	45.998
Commands canceled	391.283
Commands timed out	134.172
Connections open	7
Total connections initiated	87.307
Server connections open	0
Total connections accepted	0
Total Packets Sent	3.062.143
Total Packets Received	3.062.832

Figura N° 4.4 Vista de pestaña general del diagnóstico de controlador de RSlinx

The screenshot shows a window titled "Driver Diagnostics for AB_ETH-1_PLC" with tabs for "General", "Performance", "Active Connections", and "Event Log". The "Active Connections" tab is selected, displaying a table with the following data:

Node	Station	Host Name	Type	Opened	L...	Refused	Timed Out	
1.1.1.100	0	1.1.1.100	CSPv4	1	0	0	0	1
1.1.1.103	1	1.1.1.103	EtherNet/IP	39	1	0	38	1
1.1.1.11	2	1.1.1.11	CSPv4	52	0	0	51	1
1.1.1.2	3	1.1.1.2	CSPv4	91	1	0	90	1
1.1.1.21	4	1.1.1.21	CSPv4	51	0	0	50	1
1.1.1.3	5	1.1.1.3	EtherNet/IP	58	1	0	57	1
1.1.1.31	6	1.1.1.31	CSPv4	64	0	0	63	1
1.1.1.4	7	1.1.1.4	CSPv4	59	1	0	58	1
1.1.1.53	9	1.1.1.53	EtherNet/IP	52	1	0	51	1
1.1.1.80	10	1.1.1.80	EtherNet/IP	8.380	0	0	8.380	1
1.1.1.93	12	1.1.1.93	EtherNet/IP	45	1	0	44	1
1.1.1.41	8	1.1.1.41	EtherNet/IP	646	1	0	645	1
1.1.1.110	14	1.1.1.110	EtherNet/IP	1	0	0	0	1
1.1.1.195	16	1.1.1.195	EtherNet/IP	178	1	0	177	1
1.1.1.111	15	1.1.1.111	EtherNet/IP	15.510	1	0	15.509	1
1.1.1.83	11	1.1.1.83	CSPv4	1	0	0	0	1
1.1.1.95	13	1.1.1.95	CSPv4	1	0	0	0	1

Figura N° 4.5 Tipo de comunicación PLC de Planta

Como se muestra en la figura N° 4.4 se verifica que no se ha perdido ningún paquete al ser enviado y recibido por lo tanto el tipo de comunicación es confiable.

Ante lo anteriormente expuesto se determinó que al momento de tener una comunicación con todos los dispositivos al servidor se tiene una disminución de la velocidad de comunicación, por lo que debe ser necesaria la segmentación de red de la planta.

El tipo de cable utilizado para la comunicación (Cable UTP categoría 5E) no dio problemas de conexión en todo el ambiente industrial que se tiene en la planta, además que los switch, hub y otros dispositivos de red utilizados para la conexión tienen confiabilidad en su manejo.

4.3. Puesta a Punto del Sistema SCADA

Al tener problemas de comunicación entre los dispositivos y el sistema por ser de distintos fabricantes se tuvo la necesidad de utilizar un OPC que permita la comunicación con estos dispositivos.

Se estandarizó el sistema de comunicación entre los dispositivos y el servidor (Protocolo Ethernet Industrial) por lo que en varios de los dispositivos que tenían otro tipo de comunicación se tuvo que adicionar convertidores de comunicación para mantener el estándar.

Al tener demasiados datos por el número de variables utilizados en el sistema se tuvo la necesidad de hacer una base de datos (SQL server) para poder tener un control de todas estas variables.

Se tuvo la facilidad de instalar la base de datos adjunta al software utilizado en el sistema donde se almacenan los históricos que se generan por el sistema SCADA.

4.4. Análisis de Costos del Sistema SCADA

- a) Para la implementación del sistema SCADA se utilizaron los siguientes equipos que se muestran en la tabla N° 4.1:

**Tabla N° 4.1 Costos de los equipos utilizados en el sistema SCADA
(Realizado Autor)**

Ítem	Cantidad	Descripción	Costo Unitario	Costo Total
1	1	CPU Intel Core i7 2.4 Ghz, 4 GB Ram	1.200,00	1.200,00
2	2	PLC Micrologix 1100 AC IN/relay	550,00	1.100,00
3	2	Módulo de entradas análogas 4 Corriente/Voltaje (1762-IF4)	306,00	612,00
4	1	Módulos de salidas análogas de 24 voltios para el PLC Micrologix 1100	182,81	182,81
5	3	Módulos de 4 Canales para Termocuplas del PLC Micrologix 1100 (1762-IT4)	424,44	1.285,31
6	1	Módulo de 4 entradas Análogas a voltaje 1746-NO4V para el PLC SLC/500	1.245,36	1.245,36
7	3	VRS-EXT N-TRON ETHER. SWITCH 4 PORT 10/100BASE TX INDUSTR	237,83	713,49
8	1	Software FactoryTalk View SE Station 100 Display Includes RSLinx Classic for FactoryTalk View and RSLinx Enterprise, neither require separate activations	4.645,30	4.645,30
9	1	Software FactoryTalk Historian 500 Tags	7.625,25	7.625,25
10	1	Software FactoryTalk View Studio	3.560,50	3.560,50
11	150 mts	Cable compensación termocupla tipo K	560,00	560,00
12	1	Tablero de control IP:51 (50 x 40 x 20 cm)	80,00	80,00
13	500 mts	Cable UTP 5e	250,00	250,00
14	150mts	Cable BELDEN 4 hilos 22 AWG	600,00	600,00
15	200 mts	Manguera anillada BX de ½	400,00	400,00
16	2	Fuente de alimentación SITOP Siemens 24 V 5 amperios entrada 110v	150,00	300,00
17	1	Ups CELCO 110v 1KVA	500,00	500,00
			Sub Total	24.860,02
			IVA	2.983,20
			TOTAL	27.843,22

b) El costo de la mano de Obra se muestra en la tabla N° 4.2

Tabla 4.2 Costo de la mano de obra de la implementación del Sistema SCADA (Realizado Autor)

Ítem	Cantidad	Descripción	C. Unitario	Costo Total
1	1800 horas	Instalación de módulos, cableado de red, conexión equipos, puesta a punto de los dispositivos	0,80	1440,00
2	1600 horas	Instalación de software, programación PLCs, Diseño, programación, puesta a punto, pruebas de Sistema SCADA,	2,00	3200,00
			Sub Total	4640,00
			IVA	556,80
			TOTAL	5196,80

COSTO TOTAL DEL SISTEMA: \$33040,02 DOLARES

4.5. Verificación de la hipótesis

La hipótesis propuesta en el anteproyecto fue:

¿El diseño y la implementación del sistema SCADA mediante la plataforma FactoryTalk en la planta Industrial de CEDAL S.A. en Latacunga permitirán adquirir, monitorear y registrar las variables de los procesos de la planta?

Una vez realizada la implementación del sistema y en base al cumplimiento de los objetivos propuestos se verifica el cumplimiento de la hipótesis.

El sistema permite la verificación y monitoreo de las variables de control de los procesos que se realizan en la planta así como el registro de estas en una base de datos lo que nos ayuda con información válida para el tratamiento de estas variables con el fin de tener mayor control de los procesos de la planta, además de poder monitorear el sistema remotamente desde cualquier lugar sin necesidad de estar en la planta.

Por lo tanto la hipótesis fue validada.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Muchos factores suscitaron en este proyecto de los cuales se puede concluir que:

- Se ha diseñado e implementado el sistema SCADA en la planta, utilizando el software RSLogix 500 para la programación de los PLC, el software FactoryTalk Studio para la creación de los HMI, selección de tags, pantallas de visualización, trends, y el FactoryTalk Historian para la generación de históricos, además se utilizaron los siguientes servidores de OPC: RSLinx y KEPServer cumpliendo de esta manera el objetivo propuesto conforme a los lineamientos planteados.
- Se ha implementado un sistema de comunicación por medio de una red Ethernet donde se interactúa con todos los PLC y el computador que trabaja como concentrador y servidor de todo el sistema.
- Para el diseño de la red industrial del sistema SCADA se utilizó el protocolo Ethernet sin un servidor DHCP ni DNS, únicamente habilitando una IP estática para todos los componentes con el fin de estandarizar la conexión y diferenciarlos de los computadores de la red corporativa al no tener segmentación de redes.
- En el sistema SCADA se necesita que la adquisición sea en tiempo real en orden de los milisegundos para mantener los datos con una variación muy pequeña.
- Es necesario que la red de comunicación para el sistema Scada debe ser independiente de la red de empresa para que se mantenga la velocidad de adquisición de datos y que no exista interferencia entre redes.

- El software FactoryTalk de Rockwell Automation es muy amigable con el usuario final, pero muy complejo en su instalación, configuración, diseño y programación, por lo que se debe tener en cuenta con este software tener una capacitación previa antes de realizar un proyecto de este nivel.
- Tener muy en cuenta la redirección de las licencias ya que es un software propietario, y estas licencias tienen muchas restricciones al no estar activadas correctamente, o al sufrir algún daño el dispositivo donde están almacenadas.
- En un sistema SCADA es más factible utilizar un software y hardware de un mismo fabricante porque permite la integración de todos los componentes y como son software y hardware dedicado la comunicación e interoperabilidad es más rápida.
- Si bien este sistema está realizado íntegramente para el monitoreo y generación de históricos para control en el Área de mantenimiento puede ser utilizado para controlar de forma remota a los procesos de la planta.
- La implementación de este sistema fue necesario ya que el costo de la implementación está siendo compensado con la facilidad que se tiene para el monitoreo de las variables utilizadas, además de dar soporte al Área de Mantenimiento para realizar acciones correctivas y preventivas en los equipos previniendo y ayudando a disminuir las paradas de los procesos.

5.2.RECOMENDACIONES

- Al asignar los tags se debe poner nombres que tengan una relación con los nombres de las variables del PLC para que sean fáciles de identificar ante cualquier inconveniente.
- Es preferible realizar y almacenar todos los cálculos necesarios en los PLC, para tener la factibilidad de que en el HMI solo realizar la asignación de variables de no ser factible; utilizar tags derivadas para los cálculos.
- Determinar la memoria libre que se tiene en los PLC que se encuentran conectados al sistema SCADA para no tener problemas de comunicación, velocidad de enlace y no afectar en si al proceso que se está controlando.
- Realizar la segmentación de la red industrial de los PLC de la red corporativa de la empresa, para proteger la información de monitoreo de los PLC y que no exista alguna comunicación externa que produzca algún problema.
- Capacitar adecuadamente al personal que se encuentra a cargo del Sistema SCADA para que haya una correcta utilización del sistema tanto en su monitoreo, aplicación y mantenimiento.
- Ampliar la memoria del CPU del sistema SCADA, con el fin de mantener por mayor tiempo los datos originados diariamente, además realizar siempre un Backup del sistema para prevenir problemas futuros por funcionamiento.
- Entender el funcionamiento, características, alcances y limitaciones de todos los dispositivos utilizados en el sistema antes de realizar una ampliación de uso y mantenimiento de los mismos.

- Antes de realizar un sistema de este nivel se debe tener en cuenta escoger y recolectar los datos esenciales, para tener una optimización del sistema y reducir el tráfico de la red.
- Para tener una lectura correcta de las variables es preferible utilizar dispositivos con patrones de calificación estandarizados para no tener lecturas erróneas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- RODRÍGUEZ, Aquilino (2006) Sistemas SCADA (1era Edición) España Editorial: MARCOMBO, S.A.
- MOLINARI, Norberto (2004) Controladores lógicos programables PLC (1era Edición) Argentina Editorial: Saavedra.
- DONAHUE Christopher (2010) Tipos de sistemas SCADA consultado el 25 de julio del 2012 de: http://www.ehowenespanol.com/tipos-sistemas-scada-lista_87004
- D'SOUSA Carmen (2006) TIPOS DE SISTEMAS SCADA (cap. 2) consultado el 25 de julio del 2012 de: www.monografias.com/scada/009876.htm
- VILLANUEVA MOLINA Félix Jesús (2006) Redes Industriales de Comunicación consultado el 28 de julio del 2012 de: http://infoplcn.net/files/documentacion/comunicaciones/infoPLC_net_Reddes_Industriales.pdf
- MARTÍNEZ PÉREZ María Del Rosario (2008) Arquitectura de redes industriales consultado el 2 de agosto del 2012 de <http://tecnoredes.mx.tripod.com/page26.html>
- UNIVERSIDAD DE OVIEDO REDES INDUSTRIALES (s.e año) consultado el 10 de septiembre del 2012 de www.isa.uniovi.es/~chema/ri_archivos/Tema3-notas.pdf
- Centro de Formación Schneider Electric (2010) obtenido consultado el 10 de septiembre del 2012 de: http://tv.uvigo.es/uploads/material/Video/1113/JAI05_15-02-Anx1.pdf

- ENGUITA GONZÁLEZ José María (actualización 2012) Redes Locales en Entornos Industriales. Buses de Campo consultado el 2 de marzo del 2013 de: <http://www.isa.uniovi.es/docencia/redes/Apuntes/tema9.pdf>
- GONZÁLEZ MATIAS Jesús Alejandro (2001) Modelo OSI consultado el 10 de marzo del 2013 de: http://docente.uco.mx/al980347/public_html/capas.htm
- SÁNCHEZ DE LA CHICA Eduardo (23/02/2010) Topologías de Red consultado el 10 de marzo del 2013 de: <http://www.abcdatos.com/tutoriales/tutorial/v760.html>
- PAZ E SILVA Ariel (2009) TOPOLOGIAS DE RED consultado el 12 de marzo del 2013 de: <http://www.monografias.com/trabajos53/topologias-red/topologias-red.shtml>
- MODESTI Mario (S.E.) Sistemas de comunicación por bus de campo consultado el 20 de marzo del 2012 de: <http://www.profesores.frc.utn.edu.ar/industrial/sistemasinteligentes/UT5/busses.pdf>
- QuimiNet (2011) Buses de campo existentes consultado el 20 de marzo del 2013 de: <http://www.quiminet.com/articulos/buses-de-campo-existentes-2571210.htm>
- ROMERO Diego (Octubre 2005) Introducción a Ethernet Industrial consultado el 20 de marzo del 2013 de: <http://www.ieee.org.ar/downloads/Romero-Eth-Ind.pdf>
- PLC MICROLOGIX 1100 consultado el 3 de abril del 2013 de: <http://www.ab.com/programmablecontrol/plc/micrologix1100/controller.html>

- PLC SLC 500 consultado el 3 de abril del 2013 de:
<http://ab.rockwellautomation.com/Programmable-Controllers/SLC-500>
- Brochure Controllogix consultado el 3 de abril del 2013 de:
http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/br/1747-br017_-es-p.pdf
- Programación PLC SLC 500 consultado el 3 de abril del 2013 de:
<http://ab.rockwellautomation.com/Programmable-Controllers/SLC-500>
- Información sobre PLC control Logix consultado el 3 de abril de:
<http://ab.rockwellautomation.com/Programmable-Controllers/ControlLogix#/tab2>
- Datos técnicos del PLC OMRON CJ1M obtenido el 3 de abril del 2013 de: http://industrial.omron.es/es/products/catalogue/automation_systems/programmable_logic_controllers/modular_plc_series/cj1m/default.html
- Página web proveedor de OPC KEP server consultado el 20 de abril del 2013 de: http://www.kepware.com/Products/kepserverex_features.asp
- Publicación LINX-GR001A-ES-E-August 2008 consultado el 20 de abril del 2013 de: <http://rockwellautomation.com>
- ACOSTA LAZO Gerardo Gabriel (2008) Controladores Lógicos Programables consultado el 22 de abril del 2013 de:
<http://www.fio.unicen.edu.ar/usuario/ggacosta/TranspaSSCC/06capitulo%28PLC%29.pdf>
- INGENIASTE.COM(n.d) consultado el 22 de abril del 2013 de:
<http://ingeniaste.com/ingenias/telecom/clasificacion-plc.htm>

GLOSARIO

A

Amperaje: El amperaje es la medida de la intensidad eléctrica expresada en amperios.

Arquitectura de red: es el diseño de una red de comunicaciones. Es un marco para la especificación de los componentes físicos de una red y de su organización funcional y configuración, sus procedimientos y principios operacionales, así como los formatos de los datos utilizados en su funcionamiento.

C

Chasis: es el módulo donde se conecta todos los componentes de los PLC modulares, como el procesador, módulos de E/S y de Ethernet.

Convertidor: es un dispositivo para convertir señales digitales con datos binarios en señales de corriente o de tensión analógica.

D

Devices: en español dispositivo; es un aparato o mecanismo que desarrolla determinadas acciones; sirve para la interpretación o generación de lenguaje de comunicación de los PLC.

Dirección IP: es una etiqueta numérica que identifica, de manera lógica y jerárquica, a un interfaz de un dispositivo dentro de una red que utilice el protocolo IP (Internet Protocol), que corresponde al nivel de red del Modelo OSI.

E

Ethernet: es un estándar de redes de área local para computadores con acceso al medio por contienda (CSMA/CD). Su nombre viene del concepto físico de ether. 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.

H

HMI: (por sus siglas en inglés Human Interface Machine) es el medio con que el usuario puede comunicarse con una máquina, un equipo o una computadora, y comprende todos los puntos de contacto entre el usuario y el equipo. Normalmente suelen ser fáciles de entender y fáciles de accionar.

I

Interfaz: se utiliza para nombrar a la conexión física y funcional entre dos sistemas o dispositivos de cualquier tipo dando una comunicación entre distintos niveles.

M

Magnitud física: es una propiedad o cualidad medible de un sistema físico, es decir, a la que se le pueden asignar distintos valores como resultado de una medición o una relación de medidas.

P

PLC: por sus siglas en inglés (Programmable Logic Controller), es una computadora utilizada en la ingeniería automática o automatización industrial, para automatizar procesos electromecánicos, tales como el control de la maquinaria de la fábrica en líneas de montaje u otras.

Presión: es una magnitud física que mide como la proyección de la fuerza en dirección perpendicular por unidad de superficie, y sirve para caracterizar cómo se aplica una determinada fuerza resultante sobre una línea. En el Sistema Internacional la presión se mide en una unidad derivada que se denomina pascal (Pa)

Protocolo de Comunicación: es un conjunto de reglas y normas que permiten que dos o más entidades de un sistema de comunicación se comuniquen entre ellos para transmitir información por medio de cualquier tipo de variación de una magnitud física.

R

Rectificación: permite convertir la corriente alterna en corriente continua, puede ser de media onda, cuando sólo se utiliza uno de los semiciclos de la corriente, o de onda completa, donde ambos semiciclos son aprovechados.

RS-232: es una interfaz que designa una norma para el intercambio de una serie de datos binarios entre un DTE (Equipo terminal de datos) y un DCE (Equipo de Comunicación de datos).

RS-485: también conocido como EIA-485, es un estándar de comunicaciones en bus de la capa física del Modelo OSI; es ideal para transmitir a altas velocidades sobre largas distancias y a través de canales ruidosos, ya que reduce los ruidos que aparecen en los voltajes producidos en la línea de transmisión.

S

Señal Analógica: es un tipo de señal generada por algún tipo de fenómeno electromagnético y que es representable por una función matemática continua en la que es variable su amplitud y periodo en función del tiempo.

Señal Digital: es un tipo de señal generada por algún tipo de fenómeno electromagnético en que cada signo que codifica el contenido de la misma puede ser analizado en término de algunas magnitudes que representan valores discretos, en lugar de valores dentro de un cierto rango

Servidor: es una aplicación informática o programa que realiza algunas tareas en beneficio de otras aplicaciones llamadas clientes. Algunos servicios habituales son los servicios de archivos, que permiten a los usuarios almacenar y acceder a los archivos de una computadora y los servicios de aplicaciones, que realizan tareas en beneficio directo del usuario final.

Shorcuts: (en español acceso directo) es un término usado en los sistemas operativos Microsoft Windows para referirse a un fichero u objeto cuyo contenido contiene instrucciones que redirigen a otro fichero del sistema de ficheros o a un lugar de la red.

T

Temperatura: es una magnitud referida a las nociones comunes de caliente, tibio o frío que puede ser medida con un termómetro. En física, se define como una magnitud escalar relacionada con la energía interna de un sistema termodinámico

Trends: (en español Tendencias) es un patrón de comportamiento de los elementos de un entorno particular durante un período.

ANEXOS

ANEXOS

ANEXO A PLANO HIDRÁULICO PRENSA LOEWY

ANEXO B P&D PLANTA

B-1 PRENSA LOEWY

B-2 PRENSA FARREL

B-3 HORNO Y PLANTA FUNDICION

B-4 HORNO HOMOGENIZADO

B-5 ANODIZADO Y PLANTA ANODIZADO

B-6 PINTURA

ANEXO C

C-1 PLANO RED DE COMUNICACIÓN

C-2 CONEXIONES TABLERO PINTURA

C-3 CONEXIONES ENTRADAS ANÁLOGAS PLC PINTURA

ANEXO D

D-1 PROGRAMACIÓN PLC PINTURA

D-2 MANEJO DEL SISTEMA SCADA DISEÑADO EN
FACTORYTALK

ANEXO E

CARTA DE APROBACION EMPRESA CEDAL S.A.