

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

**SUPERVISIÓN Y MONITOREO REMOTO BASADA EN
PROTOCOLOS DE ENRUTAMIENTO DE INTERNET DE UN
SISTEMA DE CONTROL CONTINUO O DISCRETO**

ANDRÉS FELIPE OROZCO HERRERA

JAVIER ESTEBAN GIRALDO RODRIGUEZ

JOSÉ JULIÁN SANDOVAL ZAPATA

Ingeniería Electromecánica

Asesor:

Jaime Andrés Román Herrera

Ingeniero de Control

Especialista en Gerencia de Proyectos

INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO

FACULTAD DE INGENIERIAS

MEDELLÍN 2014

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

RESUMEN

Con la realización del proyecto se pretende desarrollar una interface mediante la cual un usuario pueda supervisar y monitorear un determinado proceso industrial tanto local como remotamente desde cualquier lugar con acceso a internet. Con esto ayudamos a cambiar la percepción que se tiene sobre un sistema de control industrial y vamos un poco más lejos de lo que normalmente encontramos en los procesos colombianos. Con miras a cumplir los objetivos planteados, se diseñó una estructura de Software y Comunicación, abarcando cada punto a tener en cuenta durante la implementación de este tipo de proyectos, teniendo como producto final un paso a paso detallado del diseño realizado y de la configuración de todos los componentes utilizados, además de una serie de recomendaciones y soluciones a problemas encontrados que ayudarán al lector a implementar este tipo de sistemas de una forma práctica y sencilla.

Palabras clave: Sistema SCADA, Control Lógico Programable, Internet, Sistema de Control, LabView, DNS.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

RECONOCIMIENTOS

En primera instancia brindamos agradecimientos a nuestras familias, las cuales apoyaron de principio a fin el trabajo constante y la ausencia en cada uno de los hogares. También agradecemos el acompañamiento de nuestro asesor Jaime Andrés Román Herrera que con su amplio conocimiento sobre redes de comunicación, se convirtió en un pilar de consulta muy importante. Al personal del laboratorio de Redes y PLC por su disposición y acompañamiento durante el montaje y realización de pruebas del proyecto. A todo el personal administrativo y técnico de la Universidad, y especialmente al perteneciente a la Facultad de Ingenierías, que durante nuestra estadía en el complejo educativo nos brindaron apoyo incondicional.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Direcciones de Red.	41
Tabla 2. Tabla de Símbolos.	45
Tabla 3. Cronograma de Actividades.	91
Tabla 4. “Características de las CPUs 314C-2 DP relativas a interfaces, entradas y salidas integradas”	93

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Palabra de Mando 1	111
Anexo 2. Palabra de Mando 2	112
Anexo 3. Palabra de Estado 1.....	113
Anexo 4. Palabra de Estado 2.....	114

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. “Imagen del CardioMessenger”	16
Figura 2. “Funcionamiento del Sistema Home Monitoring”	16
Figura 3. “Arquitectura típica tradicional de automatización”	18
Figura 4. “Arquitectura de bus de campo”	19
Figura 5. Ethernet en el modelo OSI	22
Figura 6. Tipo maestro en un ambiente multi-maestro. DPM1 y DPM2	27
Figura 7. Esquema DPV2	29
Figura 8. Estructura DNS	37
Figura 9. Diagrama DMZ	39
Figura 10. Estructura general de la red de Comunicación	42
Figura 11. Configuración Entradas Analógicas PLC	46
Figura 12. Configuración red Ethernet	48
Figura 13. Configuración módulo CP 343-1 terminada	49
Figura 14. Bloques programados	50
Figura 15. Programa Bloque de Organización OB1	51
Figura 16. Programa DB20 Datos Variador	52
Figura 17. Programa FC1 Temperatura	53
Figura 18. Programa FC2 Escalizar Velocidad	54
Figura 19. Programa FC30 Control	56
Figura 20. Programa FC4 ON OFF	57

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

Figura 21. Programa FC3 Alarmas.....	59
Figura 22. Pantalla Principal Panel Siemens.	61
Figura 23. Datos de Proceso # 1 Panel Siemens.	62
Figura 24. Datos de Proceso # 2 Panel Siemens.	63
Figura 25. Alarmas Panel Siemens.....	64
Figura 26. Página Web Inicial sin Plug-in instalado.	65
Figura 27. HOME.vi.....	66
Figura 28. Diagrama de control HOME.vi.....	67
Figura 29. LOGIN.vi.....	68
Figura 30. Diagrama de control LOGIN.vi.....	68
Figura 31. DESKTOP.vi.	69
Figura 32. Diagrama de control DESKTOP.vi.	69
Figura 33. MONITOR PANEL.vi.	70
Figura 34. Diagrama de control MONITOR PANEL.vi.	71
Figura 35. CONTROL PANEL.vi.	72
Figura 36. Diagrama de control CONTROL PANEL.vi.....	72
Figura 37. Estructura comunicación Nivel 1.	74
Figura 38. Configuración del Drive.	76
Figura 39. Estructura de comunicación Nivel 2.	77
Figura 40. OPC Server. Asignación nombre del Canal.....	78
Figura 41. OPC Server. Resumen asignación del Canal	79
Figura 42. OPC Server. Configuración dispositivo y variables.	80
Figura 43. OPC Server. Resumen configuración del dispositivo.	80

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

Figura 44. OPC Server. Configuración variables enlazadas.	81
Figura 45. Software DUC para cuenta DNS.	82
Figura 46. Plataforma principal del Router.	83
Figura 47. Configuración Virtual Server.	84
Figura 48. Configuración del DMZ (Zona desmilitarizada).	85
Figura 49. Opciones del Web Server.....	86
Figura 50. Construcción del Web Server.	87
Figura 51. Configuración del Web Server.....	88
Figura 52. LabView. Configuración de Variables.	89
Figura 53. LabView. Visualización final del proyecto.....	90
Figura 54. PLC Siemens S7-300 con CPU 314C-2DP.....	93
Figura 55. Modulo CP343-1 V1.0 referencia 343-1EX21-0XE0.....	94
Figura 56. Cable Industrial Ethernet TP 4x2 categoría 6.	95
Figura 57. Panel Touch Siemens Modelo TP 177B 6in color PN/DP.....	96
Figura 58. Switch Scalance x108 Siemens y Fuente 24VDC.	97
Figura 59. Servidor.	98
Figura 60. Router TP-LINK.	99
Figura 61. Cable Profibus DP.	100
Figura 62. Drive Micromaster 440 marca Siemens.	101
Figura 63. Motor trifásico Siemens de 0,4 HP.	102
Figura 64. Placa de características Motor Trifásico.	102
Figura 65. Sensor PT100 3 Hilos.....	103
Figura 66. Montaje completo.....	104

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	10
2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	12
3. OBJETIVOS.....	13
GENERAL	13
ESPECÍFICOS	13
4. MARCO TEÓRICO	14
4.1 Antecedentes.	14
4.2 Bases teóricas.....	17
5. METODOLOGÍA.....	40
5.1 Arquitectura software y comunicación	41
5.1.1 Estructura de Software.....	43
5.1.1.1 Control PLC.	49
5.1.1.2 HMI Local	60
5.1.1.3 Panel Remoto.....	64
5.1.2 Estructura de Comunicación.	73
5.1.2.1 Nivel Uno.	73
5.1.2.2 Nivel dos.	76
5.1.2.3 Nivel tres.....	82
5.2 Cronograma de actividades.....	91
5.3 Recursos utilizados.	92
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	105
7. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO	107
REFERENCIAS.....	109
ANEXOS	111

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo pretende cambiar la percepción de lo que se puede hacer con un sistema de control industrial, dando solución a ciertos problemas que aquejan a la gran mayoría de empresarios e ingenieros que se encuentran a la cabeza de algún proceso dentro de sus industrias, brindándoles un sistema de supervisión y monitoreo remoto basado en enrutamientos de internet que les ayudará a tener pleno control de las variables. Esto se logra gracias a que estamos en un mundo globalizado en donde no solo la información real de los procesos es vital, sino también el poder controlar y monitorear las variables críticas de los procesos de forma remota.

Aunque el proyecto abarca todos los niveles del control de un sistema industrial desde la parte de control, la motivación principal radica en el control y monitoreo remoto. Esta es la parte que nos interesa que sea homologada para su uso en diversos procesos industriales.

El foco de lo descrito a través de este documento es la comunicación remota de un usuario o cliente por medio de la red de internet con un proceso industrial, para esto se requiere básicamente una identificación única en la red por parte del sistema donde esta albergado el proceso, sumado a los protocolos de seguridad para que solo pueda ser usado por el personal autorizado. En el siguiente nivel se requiere una programación estructurada y estandarizada para controlar y monitorear el proceso desde un sistema externo, en este caso un servidor, que hará las funciones de puente entre el proceso y el cliente externo. Por último se tiene un sistema basado en PLC que controla el proceso industrial.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

Los invitamos a continuar ampliando su conocimiento sobre este tipo de sistemas, y además si lo desean, seguir el paso a paso que se describe durante el desarrollo del trabajo y poder tener una idea sobre el diseño y estructuración de sistemas de monitoreo que pueden ayudar a mejorar la operatividad y confiabilidad de los procesos de cualquier planta industrial.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Debido al crecimiento acelerado que están teniendo nuestras industrias y a los avances tecnológicos que nos plantea la sociedad moderna, los empresarios y los ingenieros de planta de hoy en día se encuentran en constante movimiento y no pueden estar enterados de los cambios o inconvenientes que puedan tener ciertos procesos críticos para su producción. Tratando de satisfacer esta necesidad, y tomando como apoyo la Internet que nos permite estar conectados desde cualquier sitio, planteamos un sistema de supervisión y monitoreo remoto de un proceso industrial, que busca ayudar al operador a tener pleno control de las variables sin importar si se encuentra en planta o conectado de forma remota por medio de la internet.

Una de las necesidades a nivel industrial es facilitar la movilidad en el control y monitoreo de los procesos, mediante la implementación de un sistema de control y supervisión el usuario podrá tener a su alcance el medio para darse cuenta de cualquier irregularidad que se pueda presentar durante el proceso de producción. El único requisito indispensable para el usuario es tener acceso a internet, en donde podrá visualizar el estado actual del sistema de control y del comportamiento de ciertas variables críticas que puedan afectar su proceso. Además ayudará a tomar decisiones de forma rápida y remota por parte del gerente de planta, ingenieros de producción o jefe de mantenimiento, con lo que se logra optimizar costos debido a la toma temprana de decisiones, ayudando al desempeño de la planta lo que favorece a los indicadores debido la posibilidad de reducir paros y tiempos muertos por averías, además de la posibilidad de identificar tempranamente problemas a futuro que se puedan presentar en el equipo.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

3. OBJETIVOS

GENERAL

Desarrollar una interface que permita supervisar y monitorear desde cualquier lugar con acceso a internet, el sistema de control de un determinado proceso industrial; y así ayudar a los interesados y responsables del comportamiento de la planta a tener pleno control y a estar enterados del estado funcional del proceso.

ESPECÍFICOS

- Especificar componentes necesarios para la realización del control; listado de componentes, especificaciones, marcas, listado de variables internas y externas.
- Establecer arquitectura de comunicación del sistema, tanto en modo local y remoto.
- Brindar al usuario final un instructivo para la implementación de este tipo de sistemas en procesos industriales.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

4. MARCO TEÓRICO

4.1 Antecedentes.

Como estudios previos relacionados con el monitoreo remoto de sistemas a través de internet, podemos encontrar grandes avances en el área de la medicina.

“En la actualidad existen varios proyectos open source sobre telemedicina en varias plataformas diferentes. Entre los proyectos de telemedicina open source vivientes y relevantes podemos mencionar el proyecto iPath de la universidad de Basel que consta de una plataforma de colaboración para el intercambio de conocimientos médicos y de enseñanza médica a distancia; así como también, el portal Open ECG que además de publicar varios sistemas open source, publica estándares abiertos sobre ECG y la telemedicina. Otro caso es el de PhysioNet proyecto del MIT que incluye una gran biblioteca de señales biomédicas capturadas de varios hospitales para su intercambio, el análisis cooperativo de los datos obtenidos, la evaluación de nuevos algoritmos propuestos a partir del análisis y el desarrollo del software open source, consecuente de la aplicación de estos algoritmos” (Andrada & Sparhaki, 2006)

El ingeniero Biomédico Alex Villar nos expone una nueva tecnología de monitoreo remoto llamada “Home Monitoring”, desarrollada por la compañía BIOTRONIK, la cual tiene como finalidad realizar un seguimiento remoto de los pacientes con problemas cardiacos.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

“Por medio del monitoreo continuo y automatizado por completo, así como de la red inalámbrica, será posible adecuar las terapias de forma óptima a las necesidades de cada paciente y ello en estos momentos sólo es posible a través de seguimientos de rutina en fechas fijas que se programan en forma anticipada. Este monitoreo continuo también permite actuar de manera preventiva. Además, el sistema permite incrementar la eficiencia clínica y tiene gran potencial para ahorrar costos al sector salud. La finalidad médica general de esta tecnología consiste en que los médicos dispongan de manera directa de información para efectuar diagnósticos, recolectando datos para: diagnosticar el funcionamiento del ritmo cardiaco, analizar la efectividad de la terapia que proporciona el generador, supervisar el estado técnico del generador y los electrodos, así como permitir al médico tomar decisiones sobre posteriores medidas terapéuticas de seguimiento para los pacientes”(Villar-montini, 2009)

Este sistema tiene un esquema de comunicación basado en tres pasos:

- “El primer paso es la comunicación entre el generador implantado y el dispositivo del paciente (CardioMessenger).”(Villar-montini, 2009)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

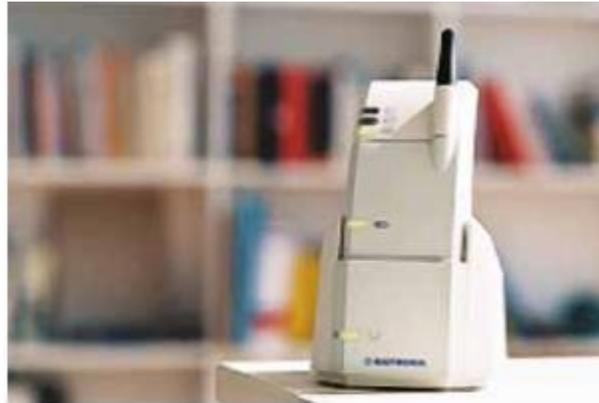


Figura 1. “Imagen del CardioMessenger”.

(Villar-montini, 2009)

- “El segundo paso se establece entre el dispositivo del paciente y la Central de Servicios en Alemania. Se envía la información por medio de un mensaje vía red de celular GSM/gPRS. Este mensaje se envía en forma de mensaje escrito (SMS).”(Villar-montini, 2009)
- “El tercer paso es el envío de los datos al consultorio del médico. El médico recibe un informe (CardioReport) de la central de servicios en Alemania, el cual tiene acceso a este informe a través de una página web que es un sitio seguro en internet. También puede recibir un mensaje escrito (SMS), un fax o un e-mail en el que se le avisa que debe revisar a su paciente debido a que ha presentado algún tipo de evento adverso.”(Villar-montini, 2009)



Figura 2. “Funcionamiento del Sistema Home Monitoring”

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

“1, paciente con Home Monitoring implantado; 2, equipo móvil del paciente (CardioMessenger); 3, datos transmitidos vía red inalámbrica (gSM/gPRS); 4, BIOTRONIK Service Center; 5, datos enviados al médico vía internet, correo electrónico o SMS”(Villar-montini, 2009)

4.2 Bases teóricas.

Para el desarrollo del proyecto debíamos utilizar un Bus de campo para poder realizar la transmisión de datos entre las diferentes terminales. El sistema escogido para el desarrollo del trabajo fue el “Industrial Ethernet” para la comunicación entre el PLC, la pantalla HMI y el Router, esto debido a versatilidad de la comunicación basada en protocolos IP que fácilmente es implementada sobre Ethernet, facilitando la integración de diferentes redes. Para la comunicación con el variador Micromaster utilizamos el bus de campo “Profibus”, el cual nos permite tener una respuesta en tiempo real entre el PLC y el variador en el nivel de sensores y actuadores. Para poder comprender como se va a realizar la transmisión de datos debemos tener muy claros estos y otros términos que definiremos a continuación.

- **Bus de Campo:** “Un bus de campo es un sistema de transmisión de información (datos) que simplifica enormemente la instalación y operación de máquinas y equipamientos industriales utilizados en procesos de producción. El objetivo de un bus de campo es sustituir las conexiones punto a punto entre los elementos de campo y el equipo de control a través del tradicional bucle de corriente de 4-20mA.” (Kaschel & Pinto, 2001)

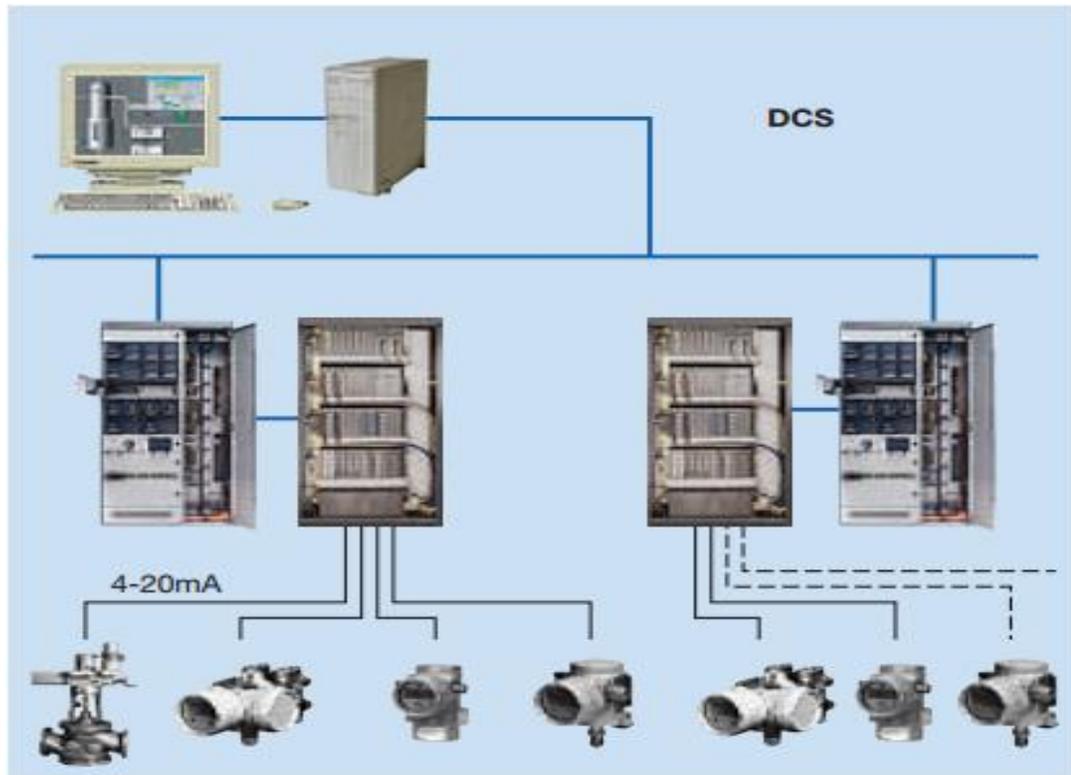


Figura 3. “Arquitectura típica tradicional de automatización”

“Los dispositivos de campo se conectan a los racks de adaptación y a las barreras de seguridad por medio de interfaces de bucle de 4 a 20 mA. A continuación, los controladores transfieren las entradas/salidas al sistema DCS de control distribuido” (Tolfo, 2002)

“Típicamente son redes digitales, bidireccionales, multipunto, montadas sobre un bus serie, que conectan dispositivos de campo como PLCs, transductores, actuadores y sensores. El objetivo es reemplazar los sistemas de control centralizados por redes de control distribuido mediante el cual permita mejorar la calidad del producto, reducir los costos y mejorar la eficiencia. Para ello se basa en que la información que envían y/o reciben los dispositivos de campo es digital, lo que resulta mucho más preciso que si se recurre a métodos analógicos.” (Kaschel & Pinto, 2001).

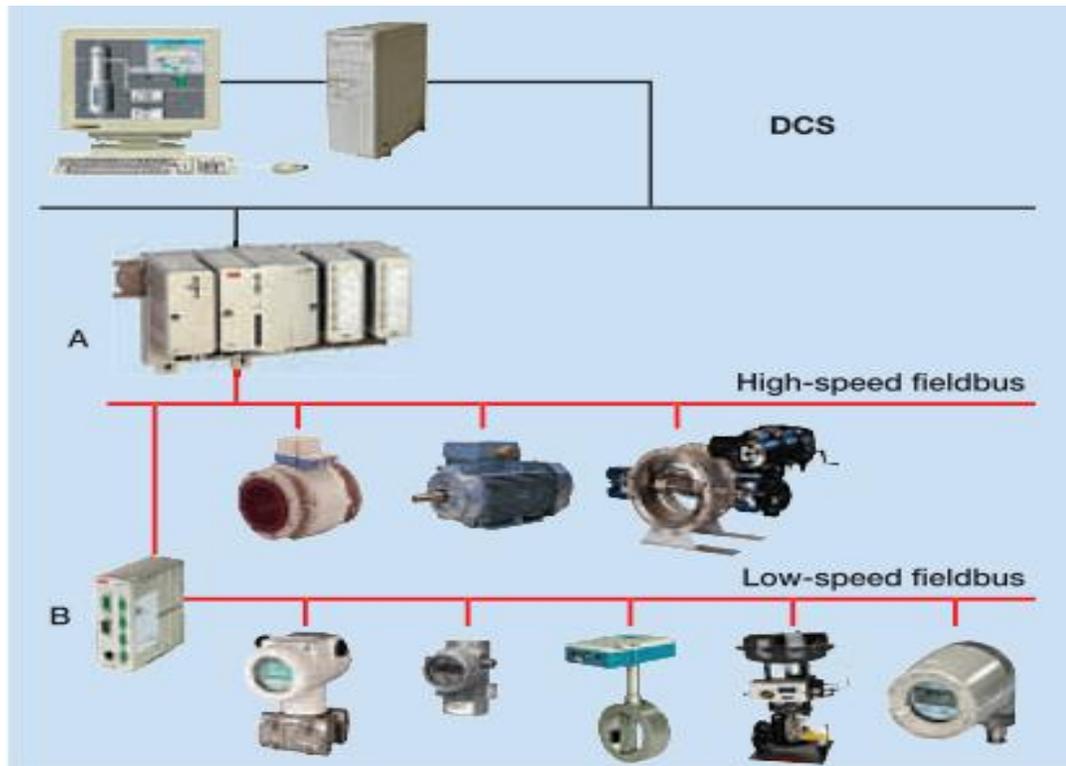


Figura 4. “Arquitectura de bus de campo”

“El controlador (A) actúa como interfaz entre los DCS. El bus de campo que trabaja con los dispositivos de alta potencia (PLC, controladores, analizadores) se conecta al bus de campo que maneja los dispositivos cuyos requisitos de potencia son menos estrictos (instrumentos, válvulas) por medio de un dispositivo de enlace (B). (Tolfo, 2002)

“Una de las principales características de los buses de campo es su significativa reducción en el cableado necesario para el control de una instalación. El hecho de que los buses de campo sean más sencillos que otras redes de uso industrial, hace que las necesidades de mantenimiento de la red sean menores, de modo que la fiabilidad del sistema a largo plazo aumenta.” (Kaschel & Pinto, 2001)

Existen gran variedad de Buses de Campo, debido a que por falta de un estándar que los regule, muchas compañías han diseñado sus propios

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

sistemas. Para dar una primera clasificación se integran en los siguientes grupos:

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” (Kaschel & Pinto, 2001). Algunos ejemplos de este tipo de Buses son el CAN, SDS y el ASI.

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. Algunos incluyen funciones estándar para distintos tipos de dispositivos (perfiles) que facilitan la inter-operatividad de dispositivos de distintos fabricantes. Algunos ejemplos de este tipo de Buses son: DivaceNet (Desarrollado por Allen-Bradley, utiliza como base el bus CAN), LONWorks (Red desarrollada por Echelon) y el BitBus (Red desarrollada por INTEL)” (Kaschel & Pinto, 2001).

Buses de altas prestaciones: “Son capaces de soportar comunicaciones a nivel de todos los niveles de la producción CIM. 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. Entre sus características incluyen: redes multi-maestro con redundancia, comunicación maestro-esclavo según el esquema pregunta-

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

respuesta, recuperación de datos desde el esclavo con un límite máximo de tiempo, capacidad de direccionamiento unicast, multicast y broadcast, petición de servicios a los esclavos basada en eventos, comunicación de variables y bloques de datos orientada a objetos, descarga y ejecución remota de programas, altos niveles de seguridad de la red, opcionalmente con procedimientos de autenticación, conjunto completo de funciones de administración de la red. Algunos ejemplos de este tipo de Buses son el Profibus, el WorldFIP y el Fieldbus Foundation.

- **Industrial Ethernet:** “La norma IEEE 802.3 basada en la red Ethernet de Xerox se ha convertido en el método más extendido para interconexión de computadores personales en redes de proceso de datos. Diversos buses de campo establecidos como Profibus, Modbus etc. han adoptado Ethernet como la red apropiada para los niveles superiores. En todo caso se buscan soluciones a los principales inconvenientes de Ethernet como soporte para comunicaciones industriales: el intrínseco indeterminismo de Ethernet se aborda por medio de topologías basadas en conmutadores, en todo caso esas opciones no son gratuitas; se han de aplicar normas especiales para conectores, blindajes, rangos de temperatura etc.” (Kaschel & Pinto, 2001).

“Ethernet el estándar más popular para las LAN, usa el método de transmisión de datos llamado Acceso múltiple con detección de portadora y detección de colisiones (CSMA/CD). Antes de que un nodo envíe algún dato a través de una red Ethernet, primero escucha y se da cuenta si algún otro nodo está transfiriendo información; de no ser así, el nodo transferirá la información a través de la red. Todos los otros nodos escucharán y el nodo seleccionado recibirá la información. En caso de que dos nodos traten de enviar datos por la red al mismo tiempo, cada nodo se dará cuenta de la colisión y esperará una cantidad de tiempo aleatoria antes de volver a hacer el envío. Cada paquete enviado contiene la dirección de la estación destino,

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

la dirección de la estación de envío y una secuencia variable de bits que representa el mensaje transmitido. El dato transmitido procede a 10 millones de bits por segundo y el paquete varia en una longitud de 64 a 1518 bytes, así el tiempo de transmisión de un paquete en la Ethernet esta en un rango de 50 a 1200 microsegundos dependiendo de su longitud. Cada estación recibe una copia de cada paquete, pero ignora los paquetes que son dirigidos a otras computadoras y procesa solamente los que son dirigidos a ella.” (li & Tcp, 2005)

- **Ethernet en el modelo OSI:** “Ethernet opera en dos áreas del modelo OSI, la mitad inferior de la capa de enlace de datos, conocida como subcapa MAC y la capa física.”(Galvis, 2008)

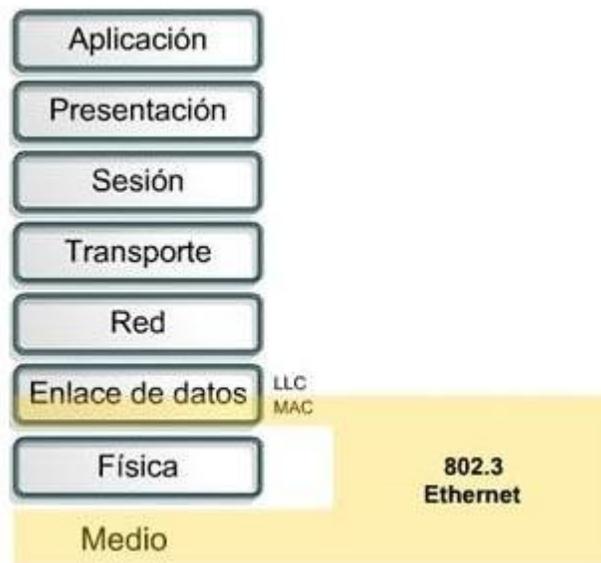


Figura 5. Ethernet en el modelo OSI.

(Galvis, 2008)

“La Capa 1 de Ethernet tiene un papel clave en la comunicación que se produce entre los dispositivos, pero cada una de estas funciones

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

tiene limitaciones. La Capa 2 se ocupa de estas limitaciones”(Galvis, 2008).

- “La capa 1 no se puede comunicar con las capas de niveles superiores. La capa 2 hace esto con el Control de Enlace Lógico (LLC).”(Galvis, 2008)
- “La capa 1 no puede identificar computadoras. La capa 2 usa un proceso de direccionamiento.”(Galvis, 2008)
- “La capa 1 sólo puede describir corrientes de bits. La capa 2 usa el entramado para organizar o agrupar bits.”(Galvis, 2008)
- “La capa 1 no puede descifrar cual de los computadores transmitirá los datos binarios desde un grupo en el que todos están tratando de realizar la transmisión al mismo tiempo. La capa 2 usa un sistema denominado Control de Acceso al Medio (MAC).”(Galvis, 2008)

“Las subcapas de enlace de datos contribuyen significativamente a la compatibilidad de tecnología y comunicación con el computador. La subcapa MAC trata los componentes físicos que se utilizarán para comunicar la información. La subcapa de Control de Enlace Lógico (LLC) sigue siendo relativamente independiente del equipo físico que se utiliza en el proceso de comunicación.”(Galvis, 2008)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

- PROFIBUS DP:** Es un estándar de comunicaciones para buses de campo. Deriva de las palabras PROcess FieId BUS. “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, Klóckner-Moeller, entre otros. Está controlado por la PNO (Profibus User Organisation) y la PTO (Profibus Trade Organisation).” (Kaschel & Pinto, 2001).

Existen tres clases de Profibus:

- Profibus DP (Periferia descentralizada)
- Profibus PA (automatización de proceso)
- Profibus FMS (Fieldbus Message Specification)

En la realización de este trabajo utilizamos Profibus DP para la emisión y recepción de Datos entre el PLC y el Drive (micromaster).

Profibus DP: “La versión más utilizada es Profibus DP (Periferia Distribuida; Decentralized Peripherals), y fue desarrollada en 1993. Profibus tiene, conforme al estándar, cinco diferentes tecnologías de transmisión, que son identificadas como:

- “RS-485: Utiliza un par de cobre trenzado apantallado, y permite velocidades entre 9.6 kbps y 12 Mbps. Hasta 32 estaciones, o más si se utilizan repetidores.”(Pérez Verde-Ramo, 2009)

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

- “*MBP (Manchester Coding y Bus Powered)*: Es transmisión sincrónica con una velocidad fija de 31.25 Kbps.”(Pérez Verde-Ramo, 2009)
- “*RS-485 IS*: Las versiones IS son intrínsecamente seguras, utilizadas en zonas clasificadas.”(Pérez Verde-Ramo, 2009)
- “*Fibra Óptica*: Incluye versiones de fibra de vidrio multimodo y monomodo, fibra plástica y fibra HCS.”(Pérez Verde-Ramo, 2009)

“Orientado a sensores/actuadores enlazados a procesadores (PLCS) o terminales. En Profibus DP se distingue entre: maestro clase 1 (estaciones de monitorización y diagnóstico), maestro clase 2 (elementos centralizadores de información como PLCs, PCs, etc.) y esclavo (sensores, actuadores). (Kaschel & Pinto, 2001)

“El transporte en Profibus-DP se realiza por medio de tramas según IEC 870-5-1. La comunicación se realiza por medio de datagramas en modo broadcast o multicast. Se utiliza comunicación serie asíncrona por lo que es utilizable una UART genérica. Profibus DP prescinde de los niveles ISO 3 a 6 y la capa de aplicación ofrece una amplia gama de servicios de diagnóstico, seguridad, protecciones etc. Es una capa de aplicación relativamente compleja debido a la necesidad de mantener la integridad en el proceso de paso de testigo (un y sólo un testigo)” (Kaschel & Pinto, 2001)

Profibus DP está actualmente disponible en tres versiones:

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

- “*DP-V0*: Provee las funcionalidades básicas incluyendo transferencia cíclica de datos, diagnóstico de estaciones, módulos y canales, y soporte de interrupciones”(Pérez Verde-Ramo, 2009)
- “*DP-V1*: Agrega comunicación acíclica de datos, orientada a transferencia de parámetros, operación y visualización.”(Pérez Verde-Ramo, 2009)
- “*DP-V2*: Permite comunicaciones entre esclavos. Está orientada a tecnología de drives, permitiendo alta velocidad para sincronización entre ejes en aplicaciones complejas.”(Pérez Verde-Ramo, 2009)

Desde el punto de vista del control de las comunicaciones, el protocolo Profibus es maestro esclavo, pero permite:

- “*Aplicaciones mono maestro*: Un sólo maestro está activo en el bus, usualmente un PLC. Los demás dispositivos son esclavos. Este esquema es el que permite los ciclos de lectura más cortos”(Pérez Verde-Ramo, 2009)
- “*Aplicaciones multi maestro*: Permite más de un maestro. Pueden ser aplicaciones de sistemas independientes, en que cada maestro tenga sus propios esclavos. U otro tipo de configuraciones con dispositivos de diagnóstico y otros”(Pérez Verde-Ramo, 2009)

En un ambiente multi-maestro, pueden existir dos tipos de maestros:

- “DPM1. DP Master Class 1: Es un controlador central que intercambia información con sus esclavos en forma cíclica. Típicamente un PLC.”(Pérez Verde-Ramo, 2009)
- “DPM2.DP Master Class 2: Son estaciones de operación, configuración o ingeniería. Tienen acceso activo al bus, pero su conexión no es necesariamente permanente.”(Pérez Verde-Ramo, 2009)

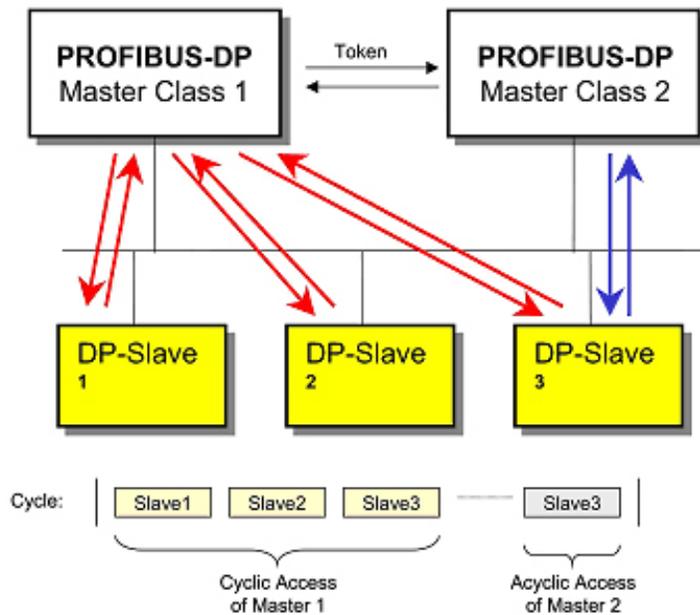


Figura 6. Tipo maestro en un ambiente multi-maestro. DPM1 y DPM2.

(Pérez Verde-Ramo, 2009)

“Analicemos primeramente la situación más simple. Un solo maestro DPM1 y usando DP-V0. Este proceso pasa por tres fases: Parametrización,

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

configuración y transferencia de datos. Durante los dos primeros se define la forma en que se hará la comunicación, y esto es verificado por errores y consistencia, para luego pasar a la fase de transmisión.”(Pérez Verde-Ramo, 2009)

“Adicional a los comandos a una estación, el DPM1 puede enviar comandos a un grupo o a todos los esclavos. Estos se conocen como comandos multicaste, y son utilizados para funciones de sincronización.”(Pérez Verde-Ramo, 2009)

“DPV1 por otro lado, agrega las transferencias acíclicas. Estas son realizadas en paralelo a la comunicación cíclica, pero en un esquema de menor prioridad. DPV2 permite a su vez comunicaciones esclavo-esclavo. Uno de los esclavos se define como emisor ("publisher") y uno o más esclavos como suscriptores. El emisor envía un mensaje, que es recibido directamente por todos los suscriptores, sin necesidad de pasar por el maestro.”(Pérez Verde-Ramo, 2009)

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

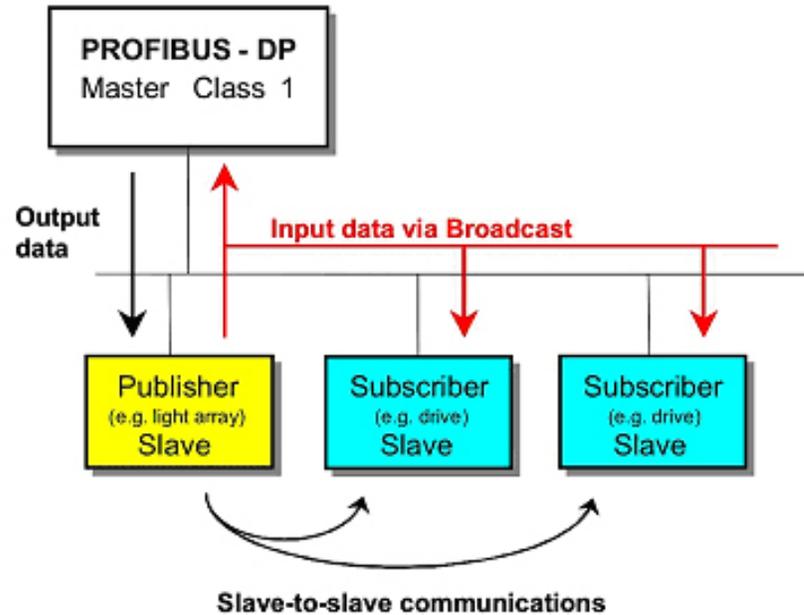


Figura 7. Esquema DPV2. (Pérez Verde-Ramo, 2009)

“DPV2 tiene otras funciones, como comunicación isocrónica, control de reloj, y carga y descarga de datos.”(Pérez Verde-Ramo, 2009)

- OPC Server:** Es el software que nos permite comunicar las variables del PLC con el servidor para tener acceso a estas por medio de un SCADA o programa de control. Existen diversos software que se pueden utilizar para tal fin sin ningún problema ya que manejan el estándar de OPC (OLE for Process Control) que permite el intercambio de datos entre diferentes dispositivos como PLC, Servidores, HMI o SCADAS. Estos software son supervisados por la organización OPC Foundation lo que permite que existan unos estándares mínimos de compatibilidad entre las plataformas de diferentes marcas. Dentro de los programas disponibles para tal fin, podemos encontrar el OPC Server de National instruments y MatrikonOPC Server de Matrikon, ambos con gran cantidad de documentación para su fácil aplicación. Para este proyecto se uso el OPC Server de National

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

Instrument, debido que el SCADA se realizara con un software de esta misma compañía, reduciendo así la necesidad de manejar varios lenguajes de programación, agilizando y simplificando la configuración.

- **Que es OPC:** “OPC es el estándar de interoperabilidad para el intercambio seguro y confiable de los datos en el espacio de la automatización industrial y de otras industrias. Es independiente de la plataforma y asegura el flujo continuo de información entre dispositivos de múltiples proveedores. OPC Foundation es responsable del desarrollo y mantenimiento de esta norma.

El estándar OPC es una serie de especificaciones desarrolladas por proveedores de la industria, los usuarios finales y desarrolladores de software. Estas especificaciones definen la interfaz entre clientes y servidores, así como servidores y servidores, incluyendo el acceso a datos en tiempo real, monitoreo de alarmas y eventos, el acceso a los datos históricos y otras aplicaciones”.(OPC Foundation, 2014)

Dentro del estándar de OPC existen tres tipos de tecnología de OPC: Arquitectura unificada, Clásica y .NET 4.0.

- **Arquitectura Unificada:** “La Arquitectura Unificada OPC (UA), lanzada en 2008, es una arquitectura orientada a servicios de plataforma independiente que integra toda la funcionalidad de las especificaciones OPC Clásicos individuales en un solo marco extensible.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

Este enfoque de múltiples capas logra las metas de especificaciones de diseño originales de:

- *Equivalencia funcional:* Todas las especificaciones COM OPC clásicos se asignan a UA.
- *La independencia de la plataforma:* Desde un micro-controlador integrado a la infraestructura basada en la nube.
- *Seguridad:* Encriptación, autenticación y auditoría.
- *Extensible:* Posibilidad de añadir nuevas funciones sin afectar a las aplicaciones existentes.
- *Modelado de información exhaustiva:* Para la definición de información compleja.”(OPC Foundation, 2014)
- **Clásico:** “Las especificaciones OPC clásicos se basan en la tecnología de Microsoft Windows utilizando el COM / DCOM (Distributed Component Object Model) para el intercambio de datos entre los componentes de software. Las especificaciones proporcionan definiciones separadas para acceder a los datos de proceso, alarmas y datos históricos.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

- *Acceso a datos OPC (OPC DA):* La especificación OPC DA define el intercambio de datos, incluidos los valores, el tiempo y la información de calidad.

- *OPC Alarmas y Eventos (OPC AE):* El A & E especificación OPC define el intercambio de información de los mensajes de alarma y el tipo de evento, así como los estados de variables y la administración del estado.

- *OPC Historical Data Access (OPC HDA):* La especificación OPC HDA define métodos de consulta y análisis que se pueden aplicar a los datos históricos, con fecha y hora.

Las especificaciones OPC clásicos también han servido a la comunidad OPC. Sin embargo, como la tecnología ha evolucionado, también lo hizo la necesidad de especificaciones OPC.

En 2008, la OPC Foundation lanzó OPC Unified Architecture (OPC UA), una arquitectura orientada a servicios independiente de la plataforma que integra todas las funcionalidades de las especificaciones existentes OPC clásicos, y es compatible con OPC Clásico. Hay varios factores que influyeron en la decisión de crear OPC UA:

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

- Microsoft ha desenfatisadas COM (Component Object Model) y DCOM (Distributed COM) a favor de SOA multiplataforma (Arquitectura Orientada a Servicios).
- Vendedores OPC quieren un único conjunto de servicios para exponer los modelos de datos de OPC, como el acceso a datos, alarmas y eventos, Historical Data Access, etc
- Para seguir siendo competitivos, los proveedores OPC necesitan implementar OPC en sistemas que no son de Microsoft, incluidos los dispositivos integrados.
- Otras organizaciones que colaboran necesitan una forma fiable y eficiente para el transporte de datos estructurados de alto nivel.
- Los usuarios requieren la capacidad de acceder a los servidores OPC a través de servidores de seguridad de un modo seguro.”(OPC Foundation, 2014)
- **.NET 4.0:** “OPC.NET 4.0 (anteriormente OPC expreso Interface o OPC Xi) representa la evolución continua de OPC clásico en las plataformas de Microsoft. La tecnología se basa en .NET Framework de Microsoft y se utiliza Windows Communications Foundation (WCF) en lugar de COM / DCOM. La especificación incluye la compatibilidad con OPC Clásico.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

El .NET OPC 4.0 dispone:

- Nativo .NET para el acceso OPC Data Access (OPC DA), OPC Historical Data Access (OPC HDA) y OPC Alarmas y Eventos (OPC A & E)

- Comunicaciones seguras a través de WCF (el neto de sustitución de DCOM.) A través del servidor de seguridad.

- Mecanismos de auto-recuperación que vuelva a conectar el cliente al servidor después de fallas de comunicación transitorios sin pérdida del contexto de cliente con el servidor.

- Total compatibilidad con OPC Clásico.” (OPC Foundation, 2014)

- **Web Server:** “Un servidor web es un programa que sirve datos en forma de Páginas Web, hipertextos o páginas HTML (HyperText Markup Language): textos complejos con enlaces, figuras, formularios, botones y objetos incrustados como animaciones o reproductores de sonidos. La comunicación de estos datos entre cliente y servidor se hace por medio un protocolo, concretamente del protocolo Http. Con esto, un servidor Web se mantiene a la espera de peticiones HTTP, que son ejecutadas por un cliente HTTP, lo que solemos conocer como un Navegador Web. A modo de ejemplo: al teclear (<http://www.cnice.mec.es>) en un

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

navegador, éste realizará una petición HTTP al servidor que tiene asociada dicha URL.

El servidor responde al cliente enviando el código HTML de la página; el navegador cuando recibe el código, lo interpreta y lo muestra en pantalla. El Cliente es el encargado de interpretar el código HTML, es decir, de mostrar las fuentes, los colores y la disposición de los textos y objetos de la página. El servidor se encarga de transferir el código de la página sin llevar a cabo ninguna interpretación de la misma.”(“Servidores Web - EcuRed,” n.d.)

- DNS (Domain Name System):** Este protocolo tiene una gran complejidad, sobretodo sino manejamos conocimientos de informática. Lo que presentamos a continuación son extractos de documentos sobre conceptos que nos interesa sean comprendidos por ustedes, ya que contiene la explicación de la importancia para este proyecto. En resumen la comunicación entre los equipos de una red de computadores se da a través de sus direcciones IP (ejemplo 192.168.20.100), resultaría complicado tener que memorizar dichas direcciones para ingresar a las diferentes aplicaciones que encontramos hoy día gracias a internet. Esta es una de las principales funciones del DNS en las aplicaciones de internet. Como la mayoría de los prestadores de servicio de internet provén direcciones IP dinámicas, es decir que cambian en el tiempo, el protocolo de DNS se hace indispensable para poder ubicar el host o equipo donde tenemos la aplicación, haciendo transparente para el usuario final la búsqueda de este equipo ya que el solo tendrá que digitar el DNS, que para nuestro caso es <http://itmstudents.serveftp.com/Home.html> y será dirigido a la aplicación.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

Para una base teórica más relevante nos permitimos citar un extracto de IP Address Management Principles and Practice.

“DNS es el tercer pilar de IPAMand un elemento fundamental de las comunicaciones IP.

DNS proporciona los medios para mejorar la usabilidad de las aplicaciones IP, aislando a los usuarios finales de escribir las direcciones IP directamente en aplicaciones como los navegadores web. Ciertamente, para comunicarse a través de una red IP, un dispositivo IP necesita enviar paquetes IP al dispositivo IP de destino previsto; y como hemos visto, las cabeceras de los paquetes IP requieren direcciones IP de origen y destino. DNS proporciona la traducción de un nombre de destino introducida por el usuario, por ejemplo, la dirección del sitio web, a su dirección IP.

Como un servicio de red, DNS ha evolucionado desde la simple búsqueda de nombres de host de utilidad a IP dirección a permitir muy sofisticadas aplicaciones de "búsqueda" de soporte de voz, datos, multimedia y aplicaciones de seguridad. DNS ha demostrado ser extremadamente escalable y confiable para este tipo de funciones de búsqueda. Hablaremos de cómo funciona este proceso de búsqueda después de la primera introducción de cómo se organiza la información.”(Rooney, 2011)

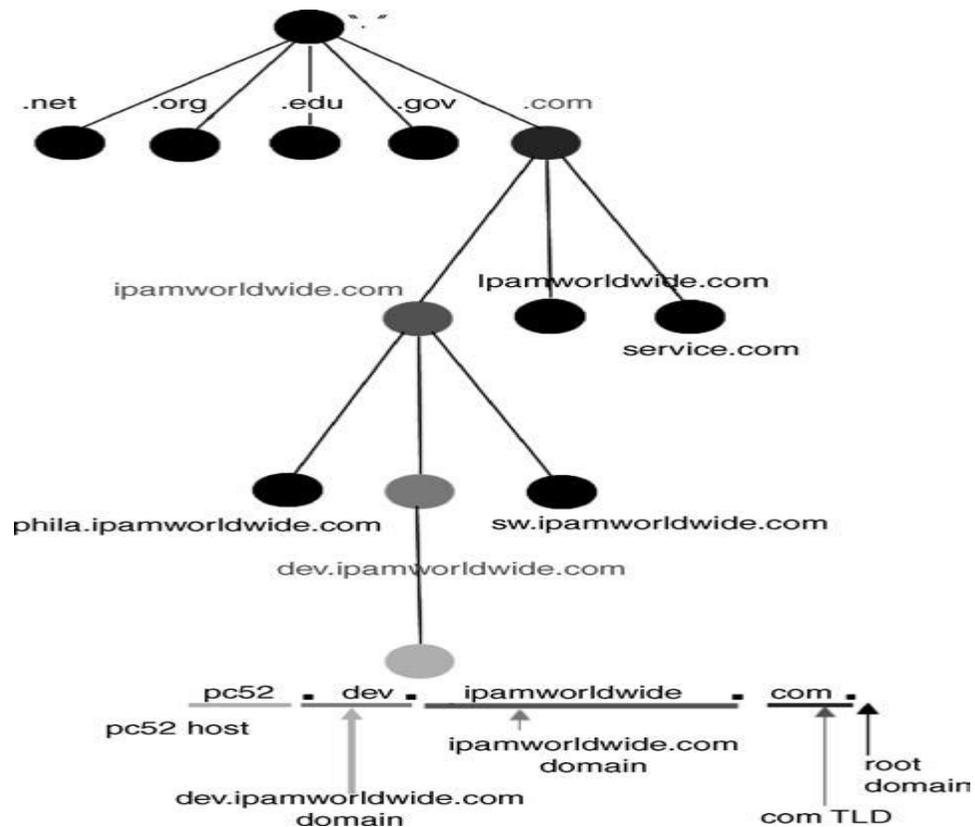


Figura 8. Estructura DNS.

(Rooney, 2011)

“El sistema de nombres de dominio mundial es en realidad una base de datos jerárquica distribuida. Cada "punto" en un nombre de dominio indica un límite entre los niveles de la jerarquía, con cada nombre de entre los puntos indicados como una etiqueta. La parte superior de la jerarquía, el "." O dominio raíz proporciona referencias a dominios de nivel superior, como. Com,. Net,. Nosotros. Reino Unido, que en referencia a su vez respectivos subdominios. Cada uno de estos dominios de nivel superior o TLD es un elemento secundario del dominio raíz. Cada TLD dispone de varios Pequeños dominios, así como ipamworldwide.com con el dominio ipamworldwide bajo el dominio com. Y estos Pequeños pueden tener hijos dominios y así sucesivamente. A medida que leemos entre los puntos de derecha a izquierda, podemos

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

identificar una ruta única para el huésped que estamos buscando. La izquierda el texto del punto más a la izquierda es generalmente * el nombre de host, que se encuentra dentro del dominio indicado por el resto del nombre de dominio. Un nombre de dominio completo (FQDN) se refiere a este completo [absoluta] nombre de ruta única para el nodo o host dentro de la jerarquía global DNS data. La Figura ilustra un nombre de dominio de asignación completa a la estructura de árbol de la base de datos DNS. Tenga en cuenta que el punto final después. Com. denota explícitamente el dominio raíz en el nombre de dominio, que los hagan plenamente cualificado. Tenga en cuenta que, sin explicitarlo FQDN arrastrando notación de puntos, un nombre de dominio dado puede ser interpretado de manera ambigua, ya sea completo o en relación con el dominio "actual". Esto es ciertamente la notación abreviada legal y más fácil, pero acaba de ser conscientes de la ambigüedad potencial.”(Rooney, 2011)

- DMZ (zona desmilitarizada):** Las aplicaciones que utilizan protocolos IP requieren del intercambio de paquete de datos este tráfico de datos en monitorizado constantemente por el Firewall el cual permite proteger nuestro equipo de ataques provienen del exterior (internet), como nuestra aplicación requiere del acceso al público para su interacción con el sistema, allí es donde entra a trabajar el servicio de zona desmilitarizada proveyendo un espacio donde pueda acceder desde el exterior sin comprometer la seguridad.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

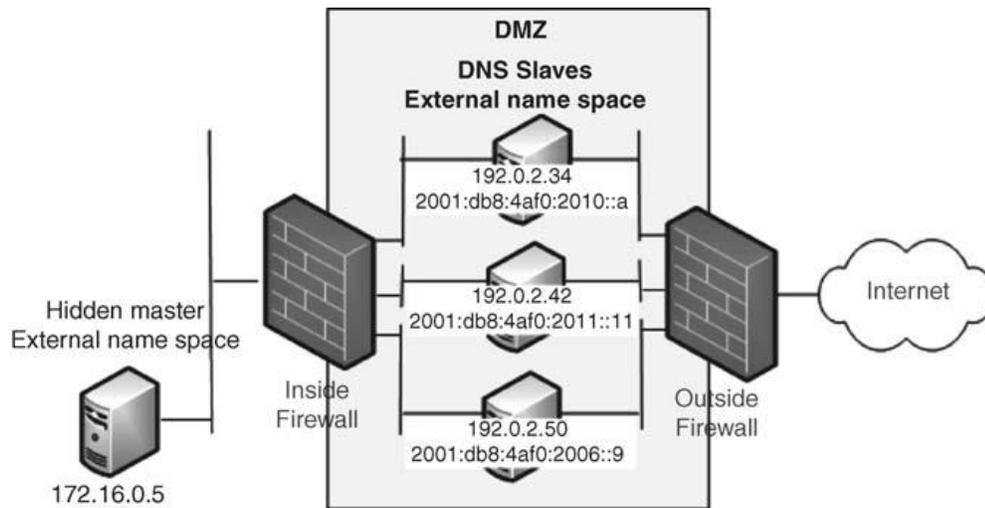


Figura 9. Diagrama DMZ.

(Rooney, 2011)

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

5. METODOLOGÍA

Inicialmente se identificó y verificó el proceso al cual queríamos intervenir y monitorear. Para su búsqueda tomamos en cuenta varios aspectos:

- La viabilidad de utilizar los recursos puestos a nuestra disposición por la Universidad.
- Escoger un proceso que utilizara variables comunes en la industria, y así poder enfocarnos en explicar de forma detallada la construcción del sistema de transmisión de datos.
- Que dentro de su monitoreo se presentaran variables físicas, tales como presión, temperatura, velocidad, peso, entre otros, que pudiéramos medir y llevar a un controlador.
- Presentar una serie de alarmas o eventos que le indicaran al usuario lo que puede estar sucediendo con su sistema en sitio.

Después de analizar los diferentes recursos que tenemos en los laboratorios y ver que variables podíamos medir, nos decidimos por utilizar un proceso comandado por un dato de temperatura, con el cual lograríamos variar la velocidad de un motor trifásico por medio de un variador de velocidad.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

Con esto abarcaríamos tanto variables analógicas como digitales, logrando mostrar la viabilidad del proyecto al poder ajustarlo a los requisitos de control de diferentes tipos de procesos utilizados comúnmente en la industria.

Luego de tener el proceso identificado, comenzamos a especificar y a consultar sobre los componentes que debíamos utilizar para la implementación del proyecto. (Remitirse al numeral 4.2. Recursos utilizados)

5.1 Arquitectura software y comunicación

Para garantizar el flujo de información desde el Sistema monitoreado hacia los sistemas de control remoto se debe establecer una arquitectura de comunicación bien definida y estandarizada, por tal razón se decidió por una red de industrial Ethernet y Profibus DP para la comunicación entre los diferentes dispositivos del sistema. Es fundamental tener definido con antelación la red Ethernet con su respectivo direccionamiento.

Dispositivo	Dirección IP en la Red
PLC Siemens CPU 314C2 DP	192.168.20.100
HMI Siemens	192.168.20.102
Router TP Link	192.168.20.1
Servidor	192.168.20.104

Tabla 1. Direcciones de Red. (Construcción Propia)

La siguiente figura muestra la estructura general de comunicación utilizada en el sistema.

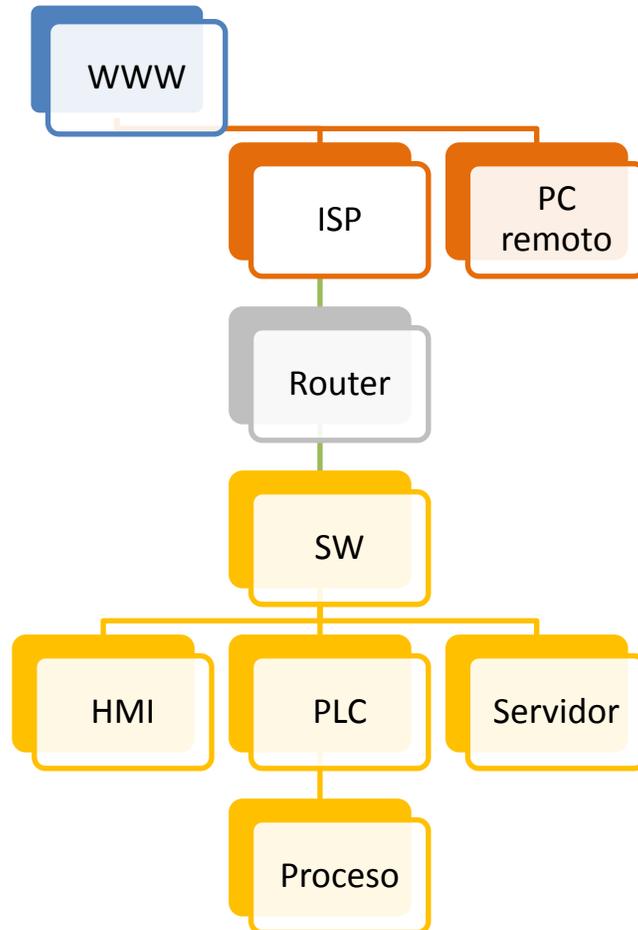


Figura 10. Estructura general de la red de Comunicación.
(Construcción Propia)

Como se puede apreciar en la base de la estructura tenemos el proceso a intervenir (un ejemplo puede ser caldera, un horno, o cualquier otro proceso a nivel industrial), este proceso es controlado y monitoreado por el PLC (Controlador Lógico Programable) el cual está provisto de unos módulos de hardware y software que permiten esta labor, a la vez el PLC intercambia información en forma bidireccional con otros dispositivos en este caso un panel de control HMI (Interfaz Hombre Maquina), en la cual el usuario puede ver y controlar variables

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

del proceso y un Servidor (Equipo de Computo con software específicos para la comunicación con PLC).

Los tres dispositivos anteriores PLC, HMI y Servidor están interconectados por medio de un cable Ethernet formando una red a través de un SW o Switch (swiche) de tipo industrial, el cual presta las mismas de uno informático pero por diseño está construido para ambientes más agresivos sin perder fiabilidad. El router que es el encargado de conectar nuestra red privada con el exterior por medio de sus protocolos internos hace el direccionamiento de nuestra aplicación a la IP (protocolo de internet) publica de nos suministra nuestro ISP (proveedor de servicios de internet), para que así nuestra aplicación esté disponible en internet WWW (World Wide Web).

5.1.1 Estructura de Software

Dentro de la estructura del software tenemos tres frentes que debimos construir, el primero es el software de control cargado en el PLC, el segundo es el HMI local y el tercero es la interfaz remota.

Antes de pasar a mostrar la programación realizada en cada uno de los bloques, se hace importante conocer la Tabla de Símbolos y la configuración del Hardware utilizado para la realización del proyecto.

- **Tabla de Símbolos:** La tabla de símbolos nos permite tener control de las memorias utilizadas dentro del programa del PLC, además brinda

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

información importante sobre la direcciones, lo que ayuda a facilitar la comprensión de la programación.

Símbolo	Dirección	Tipo de Dato	Comentario
Datos Variador.Control_Velocidad	DB 20 DBW 2	INT	Consigna de Velocidad del Motor
Datos Variador.Estado_Velocidad	DB 20 DBW 6	INT	Velocidad Real del Motor
Datos Variador.Marcha	DB 20 DBX 1.0	BOOL	Dar marcha al Variador
Datos Variador.Maxima_Velocidad_Alcanza	DB 20 DBX 4.2	BOOL	Máxima velocidad del motor alcanzada
Datos Variador.Alarma_Limite_corriente	DB 20 DBX 4.3	BOOL	Alarma Variador al Límite de Corriente
Datos Variador.Sobrecarga_Motor	DB 20 DBX 4.5	BOOL	Motor Sobrecargado
Datos Variador.Sobrecarga_Variador	DB 20 DBX 4.7	BOOL	Variador Sobrecargado
Datos Variador.Listo_arranque	DB 20 DBX 5.0	BOOL	Variador energizado y listo para arrancar
Datos Variador.Variador_funcionando	DB 20 DBX 5.2	BOOL	Variador en funcionamiento
Datos Variador.Fallo	DB 20 DBX 5.3	BOOL	Variador con Fallo
Datos Variador.Alarma	DB 20 DBX 5.7	BOOL	Variador con Alarma
Marcha variador	M 10.0	BOOL	
velocidad auto manual	M 16.0	BOOL	
Start	M 16.1	BOOL	
Cargar velocidad	M 16.2	BOOL	
Variador con Alarma	M 22.0	BOOL	
Variador en Fallo	M 22.1	BOOL	
Motor Sobrecargado	M 22.2	BOOL	
Alamar Limite corriente	M 22.3	BOOL	
Sobrecarga del variador	M 22.4	BOOL	
Frecuencia máxima	M 22.5	BOOL	
Reset Alarmas	M 50.0	BOOL	
Señal Temp Doble Int	MD 0	DINT	Pasar de temp int a doble int
Señal Temp en Real	MD 4	REAL	Pasar de temp doble int a Real
Señal Temp Final	MD 8	REAL	Temperatura final a mostrar

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

Velocidad Manual	MW 12	INT	Valor ingresado para velocidad manual
Velocidad Temporal	MW 17	INT	
Velocidad real	MW 19	INT	Velocidad Real del Motor a mostrar
Palabra de Alarma	MW 21	WORD	Palabra utilizada para las alarmas
Velocidad auto	MW 23	INT	Valor para velocidad en automático
Palabra de estado 1	PID 288	DWORD	Palabra de Estado Variador 1
Señal analógica temp	PIW 760	INT	Señal analógica Temperatura
Palabra de mando 1	PQW 288	WORD	Palabra de Mando Variador 1
Palabra de mando 2	PQW 290	WORD	Palabra de Mando Variador 2

Tabla 2. Tabla de Símbolos. (Construcción Propia)

- Configuración del Hardware:** Antes de comenzar con la programación del PLC se deben definir los módulos a utilizar con sus respectivas configuraciones. Esta configuración se realiza para que el PLC reconozca todos los módulos conectados a él por el bus de comunicación que se defina.

Para nuestro caso debemos comenzar configurando las entradas analógicas que vamos a utilizar para que el PLC sepa en qué direcciones se van a guardar los datos. Comenzamos dando clic en el “Hardware” ubicado en la subcarpeta “Equipo SIMATIC 300” de la pantalla principal del Simatic, para luego ingresar en el SLOT 2.3 “AI5/AO2” a la configuración de las entradas y salidas analógicas.

En la ventana emergente debemos ingresar a la pestaña “Direcciones” donde indicaremos la dirección de inicio de las entradas y salidas analógicas que posee el controlador. Para nuestro caso lo dejamos con la configuración estándar iniciando en 752 para ambos casos. Como en nuestro proyecto solo vamos a utilizar una entrada analógica, no configuraremos las salidas. En la pestaña “Entradas” debemos indicar la unidad de temperatura en la que debe leer el PLC (Grados Centígrados para nuestro caso) y activar en la entrada número 4 correspondiente a la dirección PIW760, como un tipo “RTD-2L” lo que equivale a una termorresistencia lineal de 2 hilos o PT100, que es el sensor que vamos a utilizar.

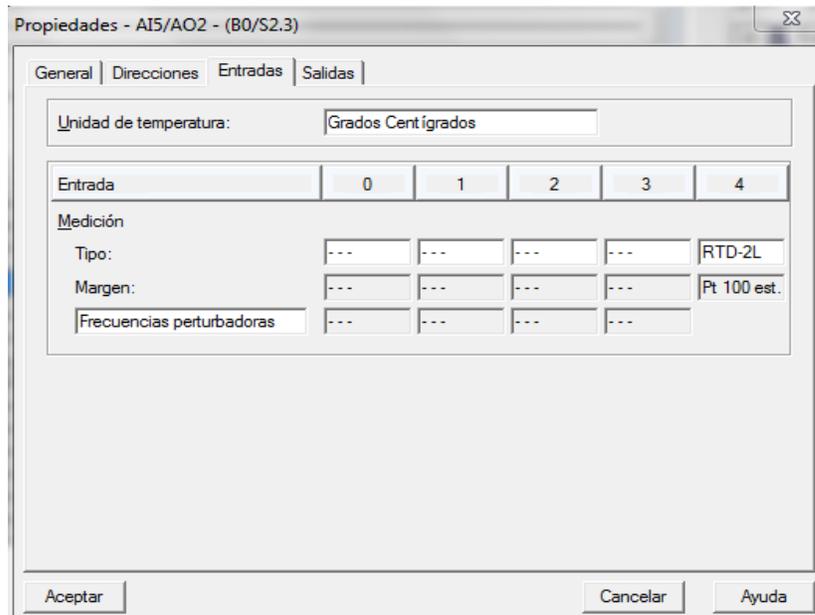


Figura 11. Configuración Entradas Analógicas PLC.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

Luego de tener definidas las direcciones y entradas analógicas, debemos configurar los módulos que van conectados al PLC. Para esto seguimos los siguientes pasos:

- *Módulo Ethernet CP343-1:* Este es el primer módulo que debemos configurar. Para esto debemos ingresar al “Hardware” y dirigimos a la zona derecha de la ventana donde se encuentran las carpetas con los módulos que permite asignar el Simatic. Para encontrar el módulo seguimos la siguiente ruta: SIMATIC 300 / CP-300 / Industrial Ethernet / CP 343-1 / 6GK7 343-1EX21-0XE0 / V1.1. Esta ruta puede variar dependiendo del módulo que se está utilizando.

Para agregar el módulo solo se debe arrastrar hasta el SLOT 4. Automáticamente el sistema pedirá crear la red Ethernet a la que estará ligado el módulo.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

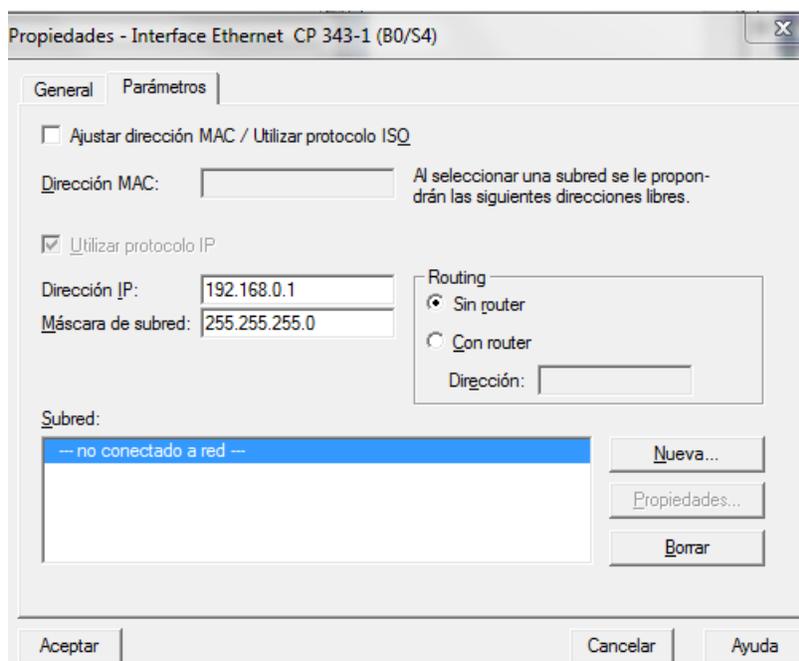


Figura 12. Configuración red Ethernet.

Solo debemos dar clic en “Nueva...” y asignarle el nombre que deseemos, para luego dar Aceptar en las dos ventanas que abrió el sistema.

Como resultado obtenemos una configuración del módulo como se muestra en la siguiente figura.

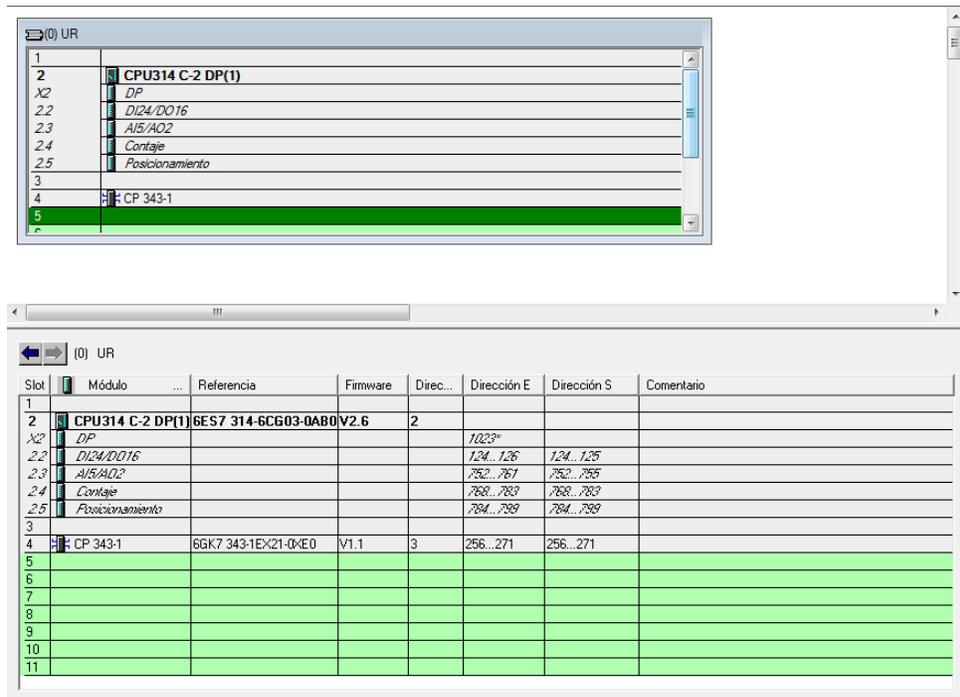


Figura 13. Configuración módulo CP 343-1 terminada.

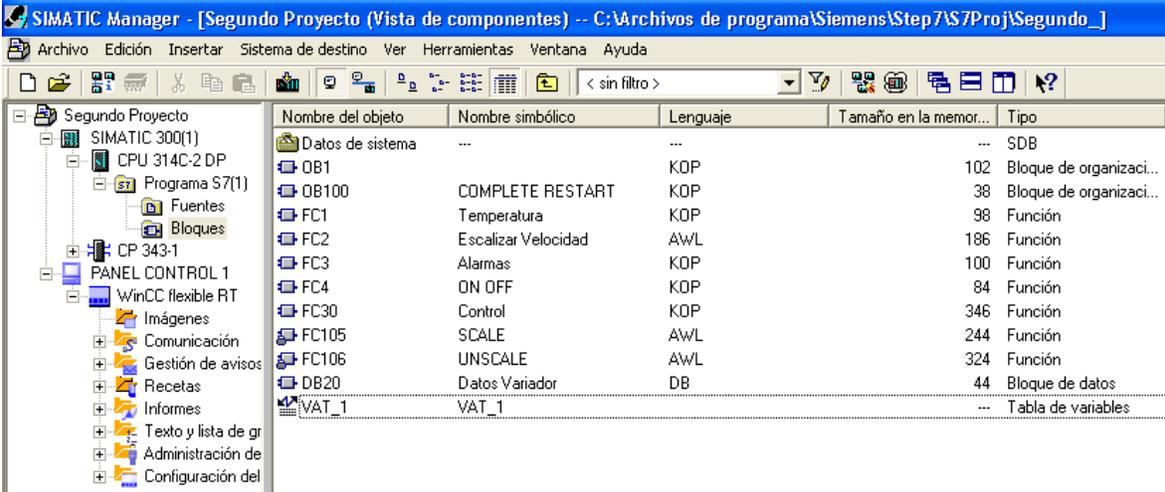
- La configuración de la pantalla local y del drive, que también van conectados al PLC, se explica más adelante dentro de la estructura de comunicación.

5.1.1.1 Control PLC.

El primer nivel se relaciona con el software de control cargado en el PLC, el cual nos permite recolectar y enviar información desde y hacia los actuadores y sensores, logrado tomar decisiones sobre el proceso y mostrándola en un sistema scada. El segundo frente hace referencia al diseño del primer scada de la HMI Siemens para la realización del monitoreo del sistema en sitio. El tercer frente es la interfaz diseñada para el monitoreo remoto del sistema.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

El software de control se elaboró en Step 7 V5.5, programa diseñado por Siemens para la programación de sus PLCs. El programa consta de un bloque de organización principal u OB1, de un bloque de datos nombrado BD20 y cinco funciones en las que realizamos la programación de cada proceso dentro del sistema controlado.



Nombre del objeto	Nombre simbólico	Lenguaje	Tamaño en la memor...	Tipo
Datos de sistema	---	---	---	SDB
OB1		KOP	102	Bloque de organizaci...
OB100	COMPLETE RESTART	KOP	38	Bloque de organizaci...
FC1	Temperatura	KOP	98	Función
FC2	Escalar Velocidad	AWL	186	Función
FC3	Alarmas	KOP	100	Función
FC4	ON OFF	KOP	84	Función
FC30	Control	KOP	346	Función
FC105	SCALE	AWL	244	Función
FC106	UNSCALE	AWL	324	Función
DB20	Datos Variador	DB	44	Bloque de datos
VAT_1	VAT_1		---	Tabla de variables

Figura 14. Bloques programados.

En el Bloque de Organización OB1 cargamos el programa principal que va a estar corriendo cíclicamente durante el funcionamiento del PLC. Para nuestro caso, este bloque fue utilizado para realizar el “llamado” de las 4 Funciones principales utilizadas en el programa.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

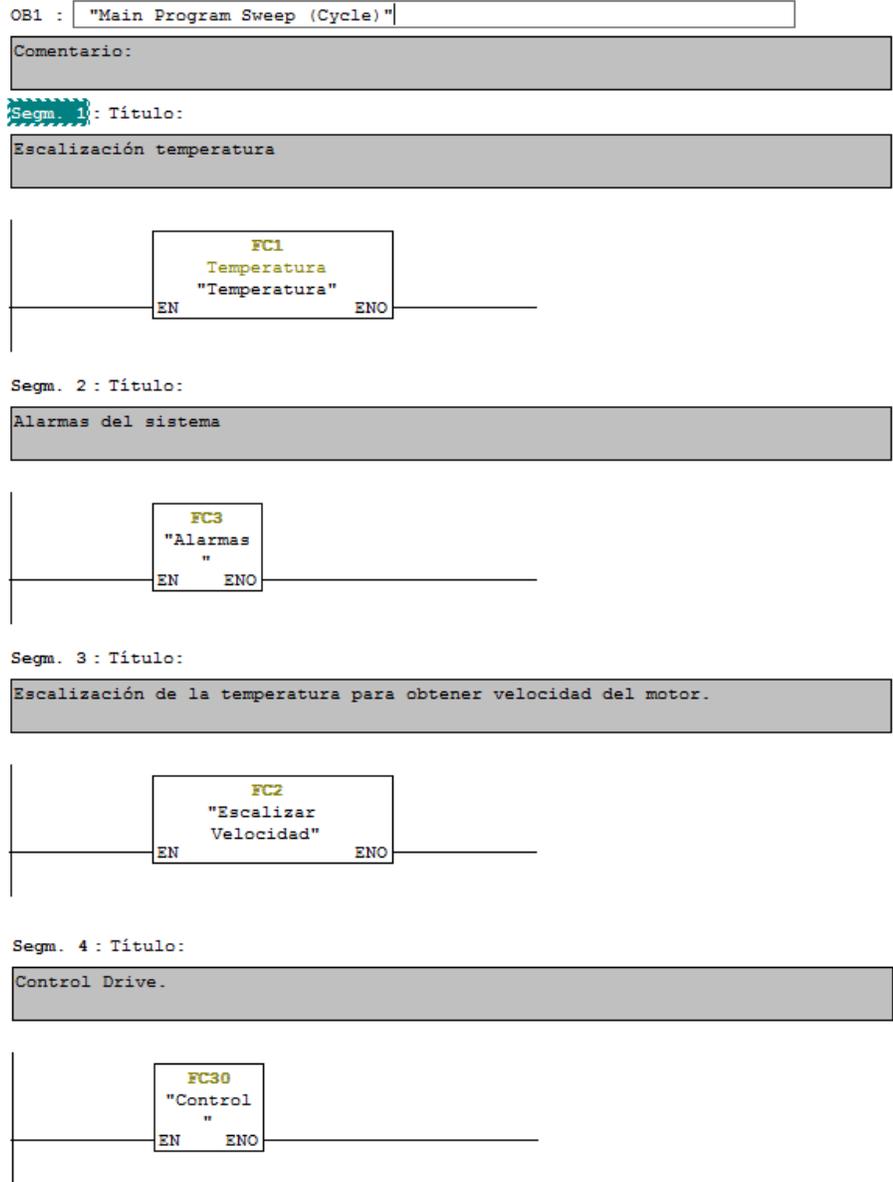


Figura 15. Programa Bloque de Organización OB1

Teniendo claros los símbolos utilizados en los diferentes bloques del programa podemos entrar a analizar cada uno de las funciones cargadas en el OB1 y el bloque de datos DB20.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

- DB20 Datos Variador: Este bloque se utilizó para enviar y recibir los datos del variador. Para su desarrollo se utilizaron las tablas de los Anexos 1 al 4 que nos indican las palabras de mando y estado que el variador tiene predeterminados desde fábrica.

Dirección	Nombre	Tipo	Valor inicial	Comentario
0.0		STRUCT		
+0.0	CW_Inch	BOOL	FALSE	CW inching
+0.1	CCW_Inch	BOOL	FALSE	CCW inching
+0.2	SetpointValid	BOOL	FALSE	Master transfers valid setpoints
+0.3	SetpointInverted	BOOL	FALSE	Setpoint inverted (CW=0, CCW=1)
+0.4	NotUsed1	BOOL	FALSE	Not used
+0.5	MotionPotenticUP	BOOL	FALSE	Motion potentiometer UP
+0.6	MotionPotenticDOWN	BOOL	FALSE	Motion potentiometer DOWN
+0.7	NotUsed2	BOOL	FALSE	Not used
+1.0	Marcha	BOOL	FALSE	Marcha
+1.1	OperationOff2	BOOL	FALSE	Operation condition Off2
+1.2	OperationOff3	BOOL	FALSE	Rapid stop: Shutdown at fastest possible acceleration rate
+1.3	Enable_Disable	BOOL	FALSE	Enable / Disable operation
+1.4	DisableRamp	BOOL	FALSE	Disable ramp function generator
+1.5	EnableRFG	BOOL	FALSE	Enable RFG/ Stop RFG
+1.6	EnableSetPoint	BOOL	FALSE	Enable/disable setpoint
+1.7	ACK_Fault	BOOL	FALSE	Fault is acknowledged with a positive edge
+2.0	Control_Velocidad	INT	0	Control Frecuencia de Velocidad.
+4.0	Setpoint_On_Off	BOOL	FALSE	Setpoint/actual value deviation within tolerance range
+4.1	MasterControlReq	BOOL	FALSE	Master is being requested to accept status as master control
+4.2	Maxima_Velocidad_Alcanza	BOOL	FALSE	Salida de frecuencia mayor o igual a la frecuencia máxima
+4.3	Alarma_Limite_corriente	BOOL	FALSE	Alarma de Limite de Corriente de Motor.
+4.4	MotorHoldBrake	BOOL	FALSE	Signal can used to control a holding brake
+4.5	Sobrecarga_Motor	BOOL	FALSE	Motor Sobrecargado
+4.6	CW0_CW1	BOOL	FALSE	CW rotation, CCW rotation
+4.7	Sobrecarga_Variador	BOOL	FALSE	p. ej. corriente o temperatura
+5.0	Listo_arranque	BOOL	FALSE	Alimentación de corriente conectada, Listo para el servicio
+5.1	ReadyToRun1	BOOL	FALSE	Converted is switched on, no fault is active
+5.2	Variador_funcionando	BOOL	FALSE	Variador en marcha, sin fallos activos.
+5.3	Fallo	BOOL	FALSE	Fallo véase parámetro de fallo R0947 etc.
+5.4	Off2Command1	BOOL	FALSE	Off2 command applied
+5.5	Off3Command1	BOOL	FALSE	Off3 command applied
+5.6	StartLockout1	BOOL	FALSE	Drive canbe restarted
+5.7	Alarma	BOOL	FALSE	Alarma, Mirar Parametro R2110. El accionamiento permanece en servicio.
+6.0	Estado_Velocidad	INT	0	Estado de la frecuencia de velocidad.
=8.0		END_STRUCT		

Figura 16. Programa DB20 Datos Variador.

- FC1 Temperatura: En este bloque se realiza el tratamiento a la señal de temperatura que ingresa al PLC desde el Sensor PT100 instalado. En este bloque se toma la señal del sensor de temperatura que entra al PLC como un entero en el registro PIW760. Este valor se convierte a un Doble Entero

(MD0), luego se convierte a un Real (MD4), y por ultimo dividimos este Real por 10 para obtener el valor de la temperatura a mostrar (MD8).

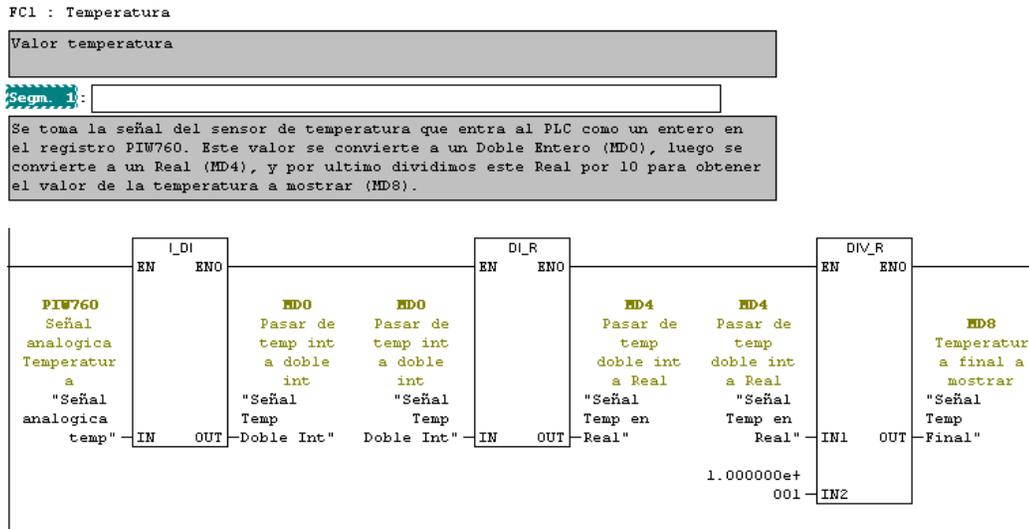


Figura 17. Programa FC1 Temperatura.

- FC2 Escalzar Velocidad: En esta Función se realiza una normalización o desescalización del valor de la temperatura para luego volver a escalizarla entre los límites asignados por nosotros. Con esto logramos obtener que cuando la temperatura sea de 30 grados centígrados nos arroje un valor en PLC de cero, y cuando la temperatura sea de 100 grados nos arroje un valor de 100. El valor final entre 0 y 100 será utilizado para enviar la consigna de velocidad en automático al drive (0 corresponde a 0 Hz y 100 a 60 Hz).

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

FC2 :

Comentario:

Segm. 1: Título:

Comentario:

```
// escaliza la temperatura de 30.0-100.0 equivalente 0-27648
CALL "UNSCALE"          FC106          -- Unscaling Values
IN   := "Señal Temp Final"      MD8          -- Temperatura final a mostrar
HI_LIM := 1.000000e+002
LO_LIM := 3.000000e+001
BIPOLAR:=FALSE
RET_VAL:=#error1
OUT   :=#temporal_1

//valor escalizado de 0-27648 equivale de 0.0-100.0
CALL "SCALE"            FC105          -- Scaling Values
IN   :=#temporal_1
HI_LIM := 1.000000e+002
LO_LIM := 0.000000e+000
BIPOLAR:=FALSE
RET_VAL:=#error2
OUT   :=#vel_Escalizada

// convertir la velocidad escalizada real a entero
L     #vel_Escalizada
RND
T     MW  14

// si no esta en auto salta a "siga"
AN   "velocidad auto_manual"      M16.0
JC   siga

//si esta en automatica coge la velocidad deseada de la MW14 y la transfiere a la velocidad del variador
L     MW  14
T     "Velocidad auto"            MW23

// no hacer nada.
siga: NOP  0
```

Figura 18. Programa FC2 Escalizar Velocidad

- FC30 Control: En este bloque se realiza el control del drive para poder enviar las palabras de mando y recibir las palabras de estado, las cuales nos ayudaran a realizar el monitoreo de las variables del Micromaster y del motor.

Las palabras de estado y de mando se guardan en la DB20 la cual analizaremos más adelante.

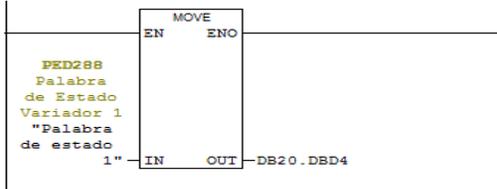
 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

FC30 : Título:

Comentario:

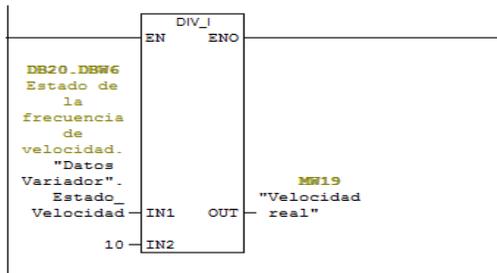
Segm. 1: Título:

Comentario:



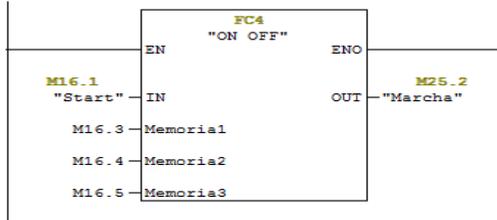
Segm. 2 : Título:

Comentario:



Segm. 3 : Marcha

Comentario:



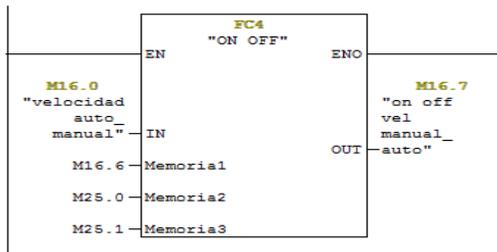
Segm. 4 : Marcha

Comentario:



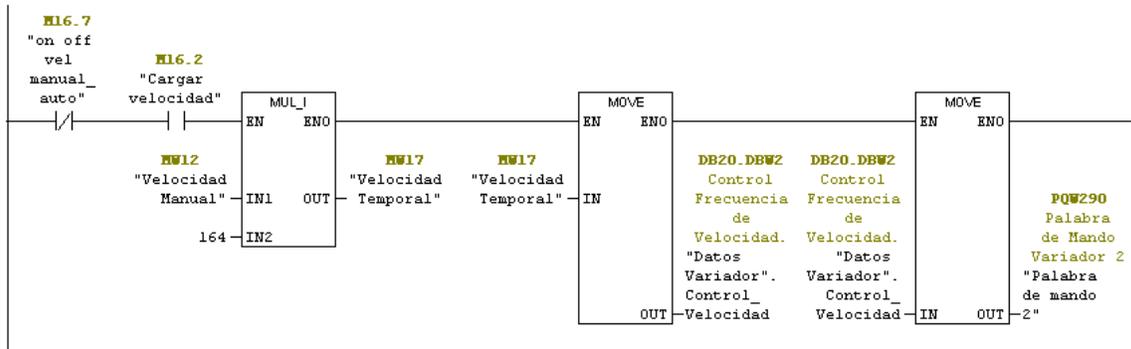
Segm. 5 : Título:

Comentario:



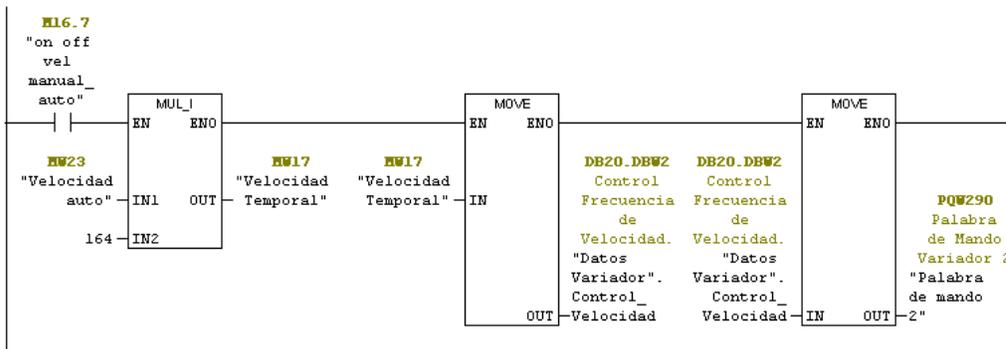
Segm. 5 : Título:

Comentario:



Segm. 6 : Título:

Comentario:



Segm. 7 : Título:

Comentario:



Figura 19. Programa FC30 Control

- FC4 ON OFF: Este bloque se creó para poder controlar el cambio entre encendido/apagado y manual/automático desde las dos pantallas diseñadas (física en WinCC y Virtual en Labview). Este bloque nos permite

activar o desactivar una salida solo cuando la entrada presente un flanco positivo, es decir, si la salida se encuentra apagada y la entrada presenta un cambio de 0 a 1, la salida se encenderá, pero no volverá a apagarse hasta que la entrada presente otro flanco positivo.

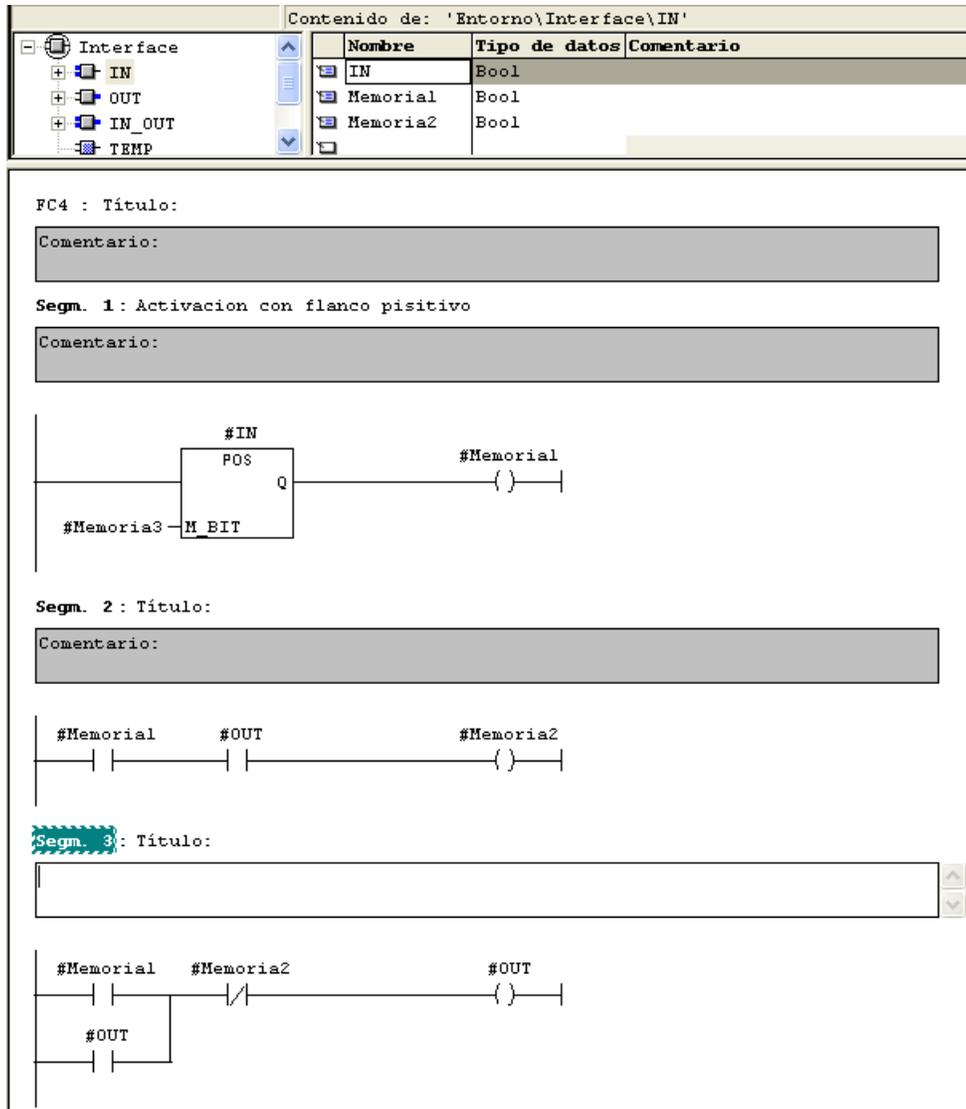


Figura 20. Programa FC4 ON OFF

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

5.1.1.2 HMI Local

El segundo paso dentro de la estructura del Software consiste en el diseño de la Interfaz para el HMI local, que nos ayudará a monitorear y controlar el sistema. Para esta aplicación utilizamos un Panel Touch marca Siemens modelo TP 177B 6in color PN/DP, para cual realizamos un programa en WinCC flexible 2008 que consta de 4 Imágenes.

La primera imagen es la pantalla principal, en la cual se da “START” y “STOP” al sistema, se da el cambio de estado del proceso entre Manual (la velocidad del motor varia respecto a un valor numérico ingresado entre 0 y 100) y Automático (la velocidad varia respecto a la temperatura leída arrancando a los 30° y llegando a su máxima frecuencia a los 100°) y se visualiza por medio de un piloto el estado de encendido o apagado del motor. Además nos da la opción de ingresar a la imagen de los datos de proceso y a la de alarmas.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

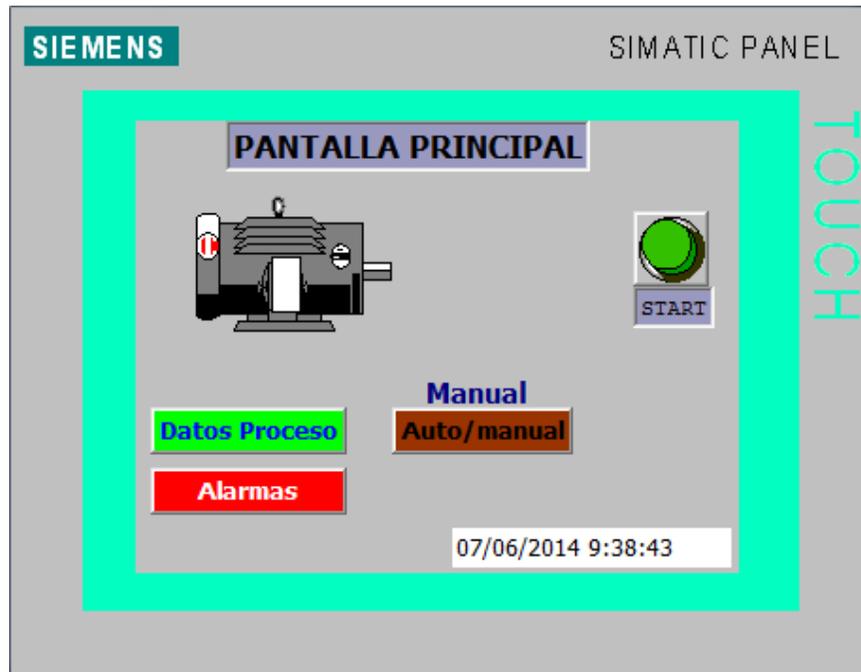


Figura 22. Pantalla Principal Panel Siemens.

La segunda imagen corresponde a la primera página de los datos del proceso. En esta imagen se puede visualizar la temperatura que está leyendo el sensor PT100 y que nos dará el cambio de velocidad en modo manual, la velocidad real en RPM a la que está trabajando el motor y nos permite ingresar un dato numérico entre 0 y 100 para indicar la velocidad a la que debe girar el motor en modo manual.

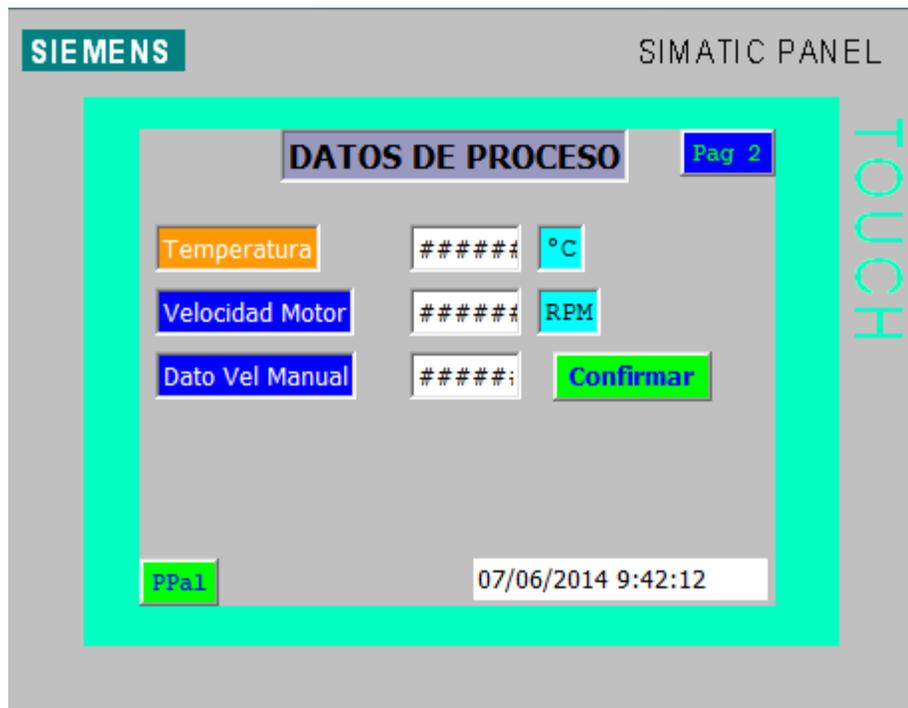


Figura 23. Datos de Proceso # 1 Panel Siemens.

En la segunda página de los datos del proceso, podemos encontrar una serie de pilotos que nos indican el estado en el que se encuentra el variador y el motor, como por ejemplo: si el variador está en marcha, si alguna alarma, si el variador o el motor se encuentran sobrecargados, entre otros.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

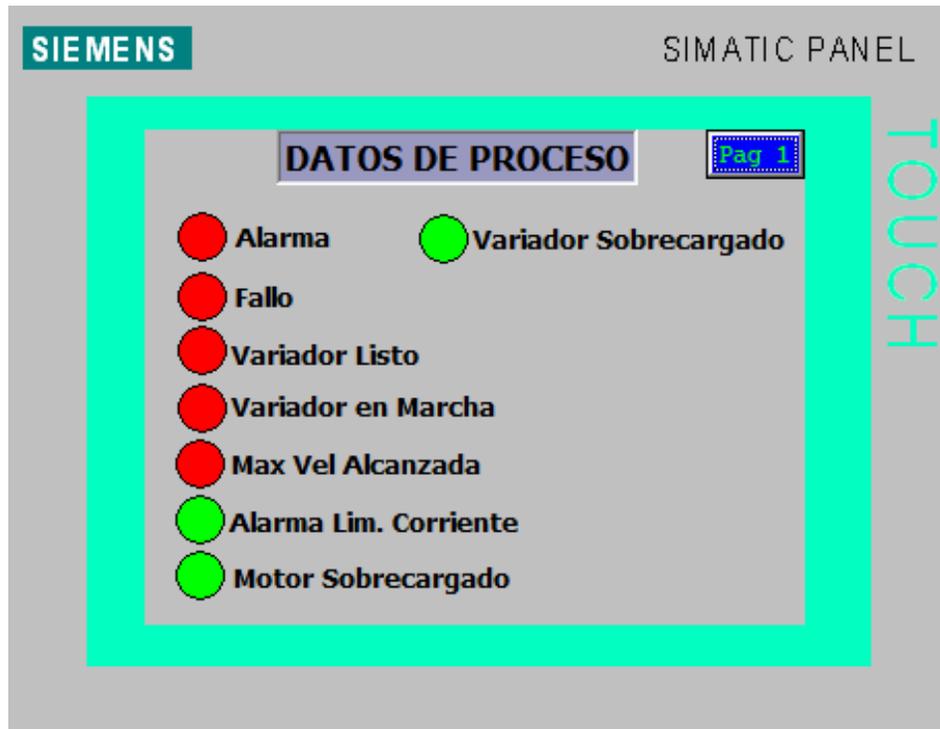


Figura 24. Datos de Proceso # 2 Panel Siemens.

En la cuarta y última imagen se puede apreciar un historial de alarmas, fallos o acontecimientos con su hora y fecha, el cual se puede actualizar y solo dejar las que se encuentren activas pulsando en el button Actualizar.

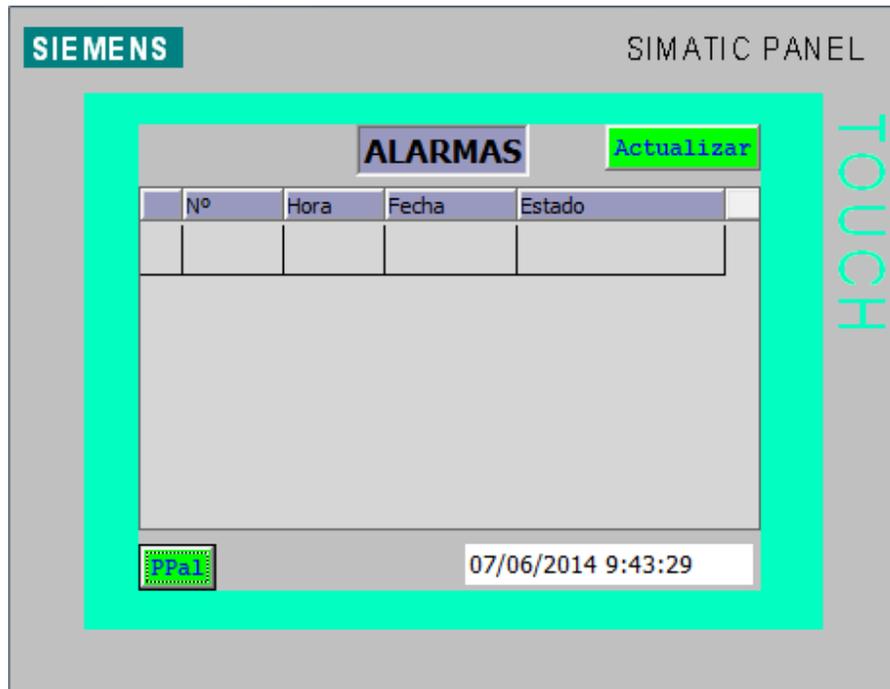


Figura 25. Alarmas Panel Siemens.

5.1.1.3 Panel Remoto

En el tercer frente se diseñaron los paneles virtuales para monitoreo remoto. Estos se realizaron en Labview versión 2010 SP1 con el propósito de monitorear y controlar remotamente el proceso ya sea directamente desde el servidor o desde la internet. Estos paneles virtuales (VI, Virtual Instruments) están en línea y corren en paralelo con la pantalla local HMI del proceso registrando cualquier cambio de este y actualizándose cada 2000 milisegundos.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

Debido a que se pretende acceder a la aplicación a través de internet fue necesario crear una página web inicial por medio de la cual se puede ingresar a los paneles virtuales. Como se puede observar en la figura, la página consta de una breve descripción del proyecto, una conexión con los paneles remotos y un link para descargar los plug-in necesarios para la correcta visualización de los paneles.

De no tener instalado el plug-in con el Run-Time de Labview en nuestros ordenadores, no podremos visualizar los Vis cargados en la página.

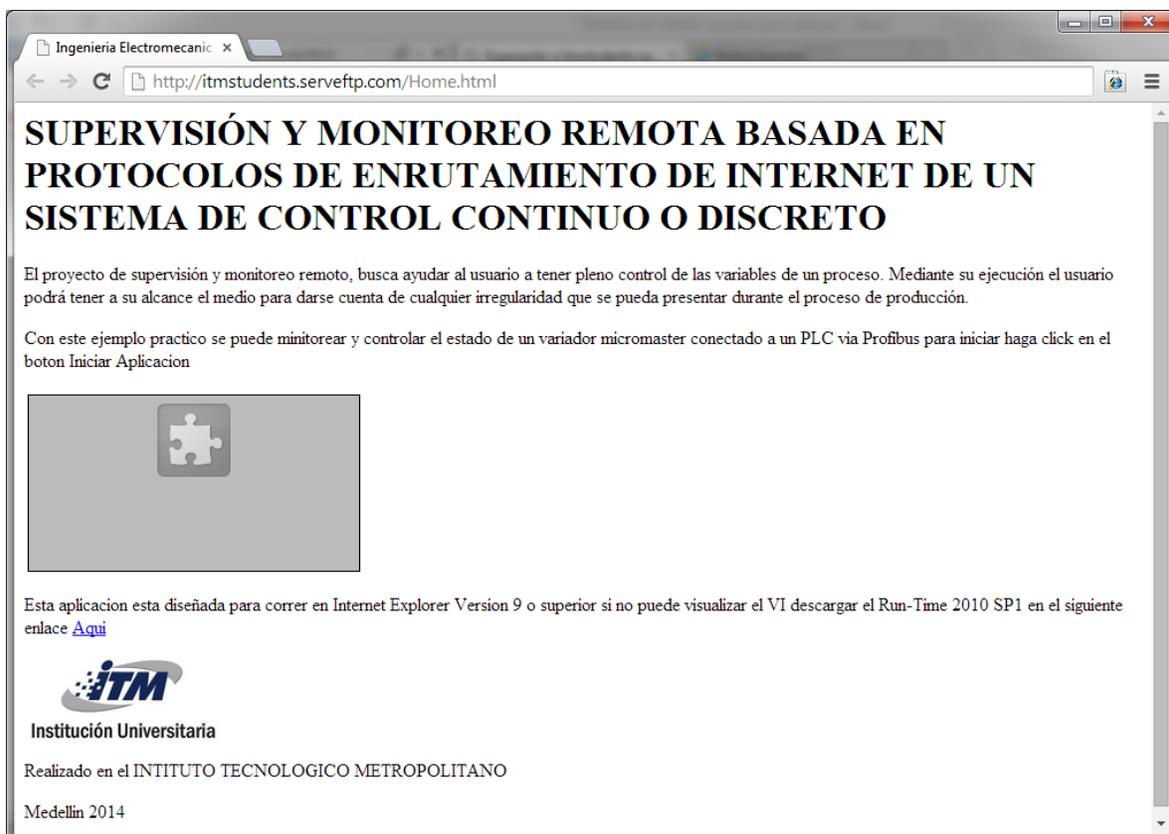


Figura 26. Página Web Inicial sin Plug-in instalado.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

Además se debe ejecutar con el explorador de internet de Microsoft (Internet Explorer V9.0 o superior) ya que el plug-in no está soportado para otros navegadores.

Siguiendo la descripción de los Vis comenzaremos con el que se encuentra alojado en la página inicial. Este VI es el que nos permite acceder a todo el sistema de monitoreo, en su parte frontal se aprecia así.

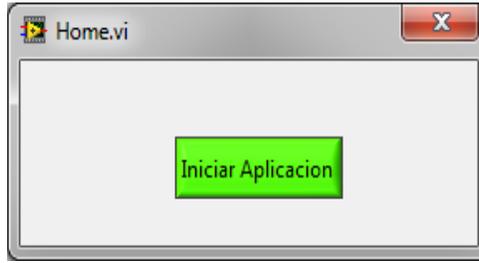


Figura 27. HOME.vi.

En su diagrama de control, se aprecia su sencillez pues este simplemente nos ejecuta un subVI de inicio de sesión el cual garantiza que el acceso al sistema de control solo lo realice el personal autorizado.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

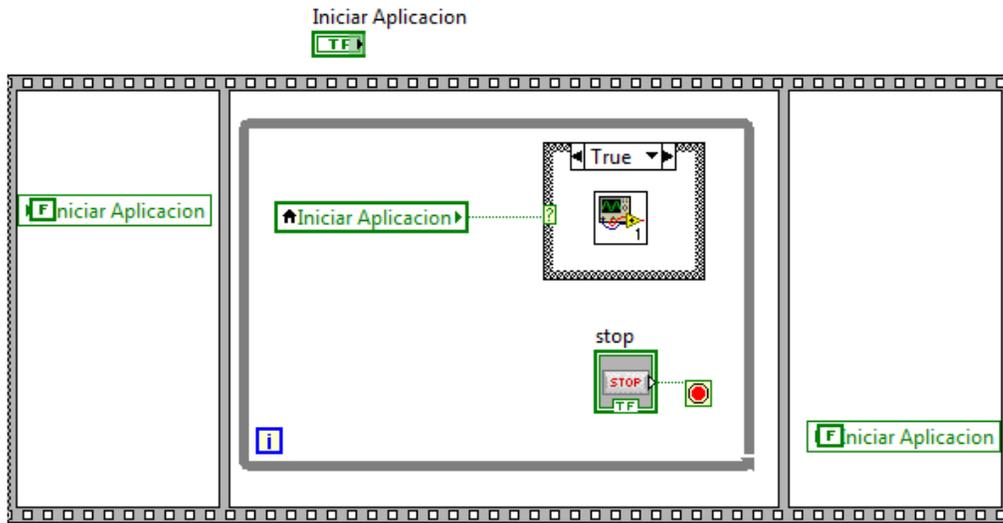


Figura 28. Diagrama de control HOME.vi.

El control de acceso se realiza por medio de la solicitud de un usuario y contraseña, la cual para nuestro caso es Usuario "ITM" Contraseña "electromecanica". Este VI verifica los datos ingresados y si son correctos nos despliega el VI central donde correrán las aplicaciones de Monitor y Control, si es incorrecto aparecerá un cuadro de dialogo con la frase "Usuario o Clave incorrecta".

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

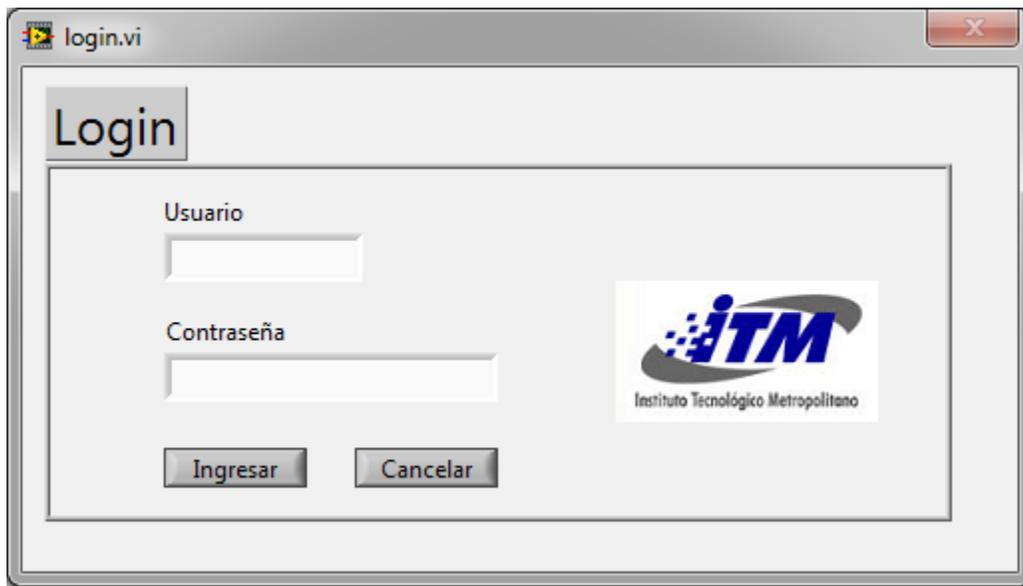


Figura 29. LOGIN.vi.

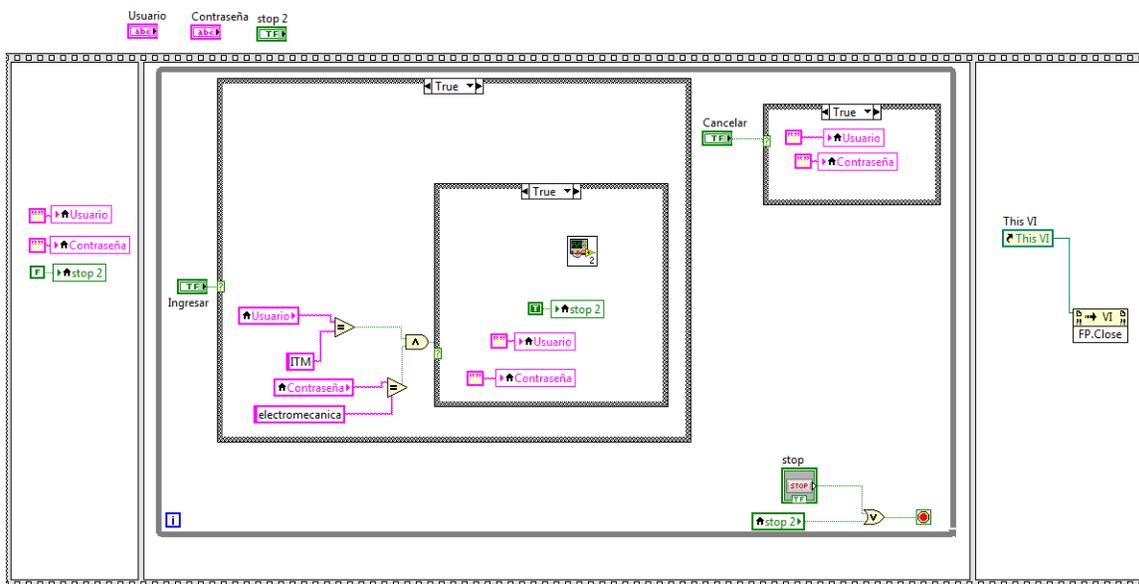


Figura 30. Diagrama de control LOGIN.vi.

El VI central o Desktop nos aparece en pantalla completa. Este consta de un menú en su lado izquierdo y fondo en blanco donde podremos ver los Vis de Control Y Monitoreo según sea la necesidad.

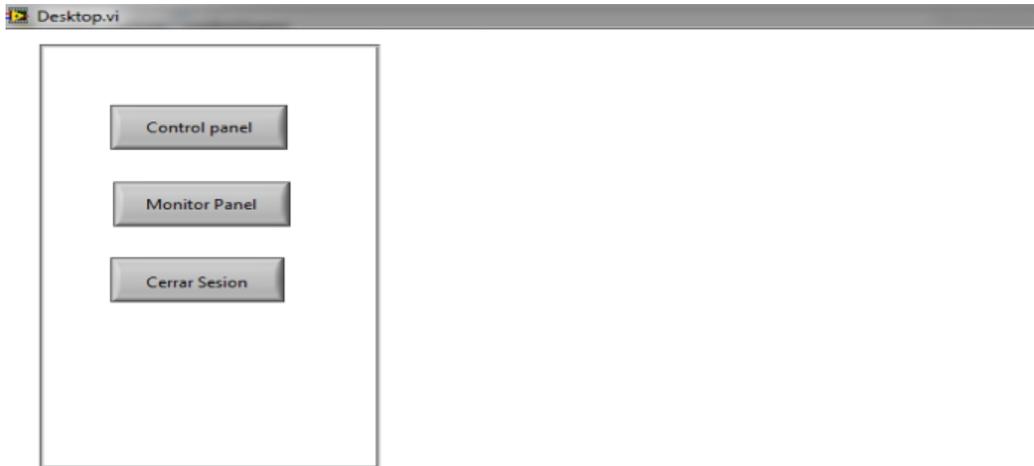


Figura 31. DESKTOP.vi.

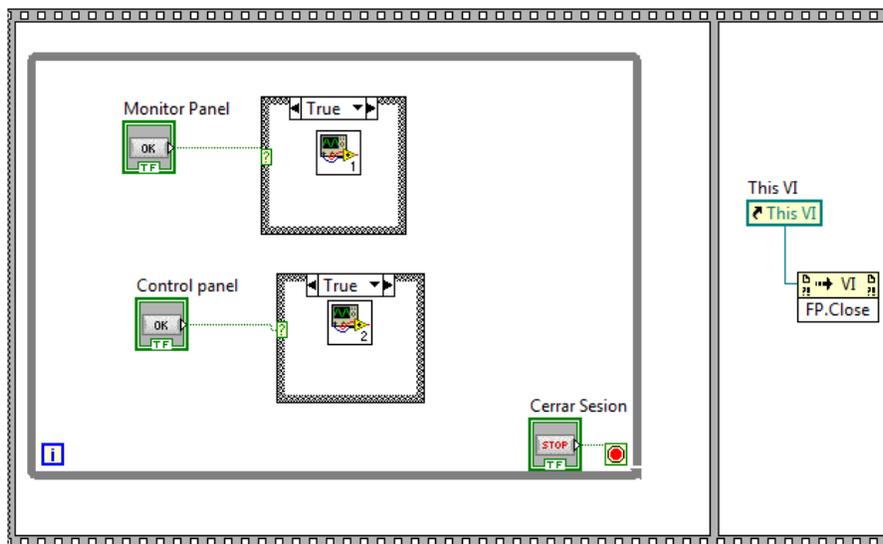


Figura 32. Diagrama de control DESKTOP.vi.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

En el VI Monitoreo se pueden visualizar las variables más relevantes del proceso, es el que nos permite estar informados de los acontecimientos de manera remota y así poder modificar el proceso en caso de ser necesario.

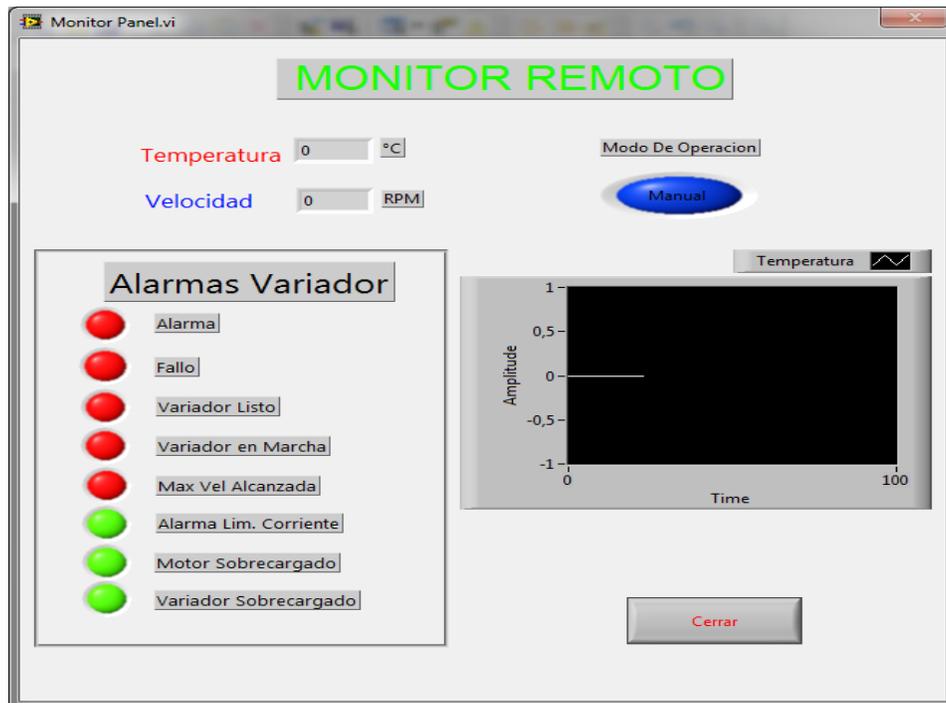


Figura 33. MONITOR PANEL.vi.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

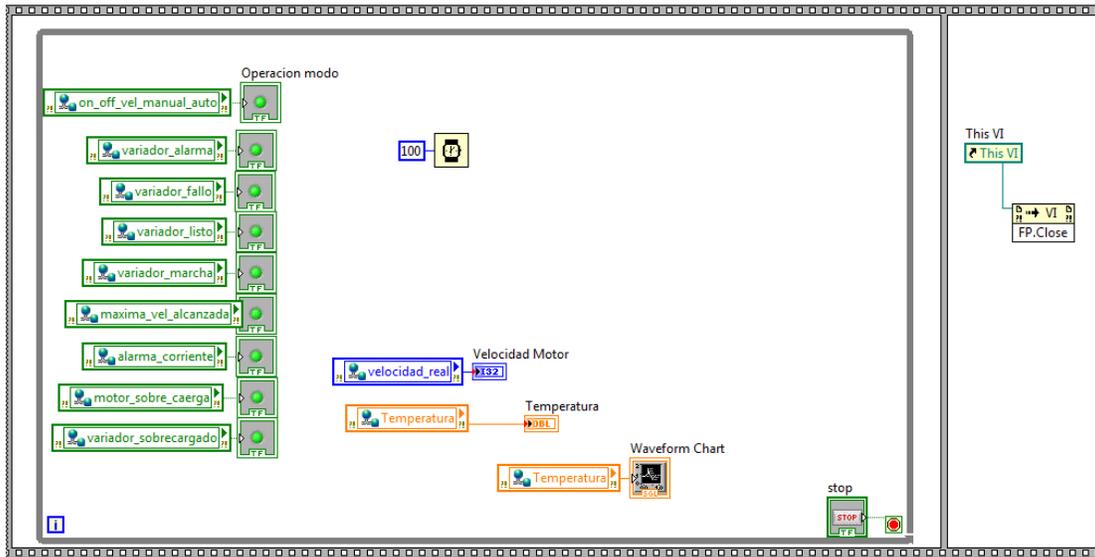


Figura 34. Diagrama de control MONITOR PANEL.vi.

Para salir del Monitor es necesario cerrarlo del botón “cerrar” en la parte inferior derecha y no de la “x” de la ventana ya que esto crea inconvenientes con la ejecución del mismo.

Tras cerrar el monitor y regresar al VI central podemos ingresar al monitor. En este VI podemos interactuar con el sistema no solo controlando las variables del proceso sino que también podemos visualizar dichas variables.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

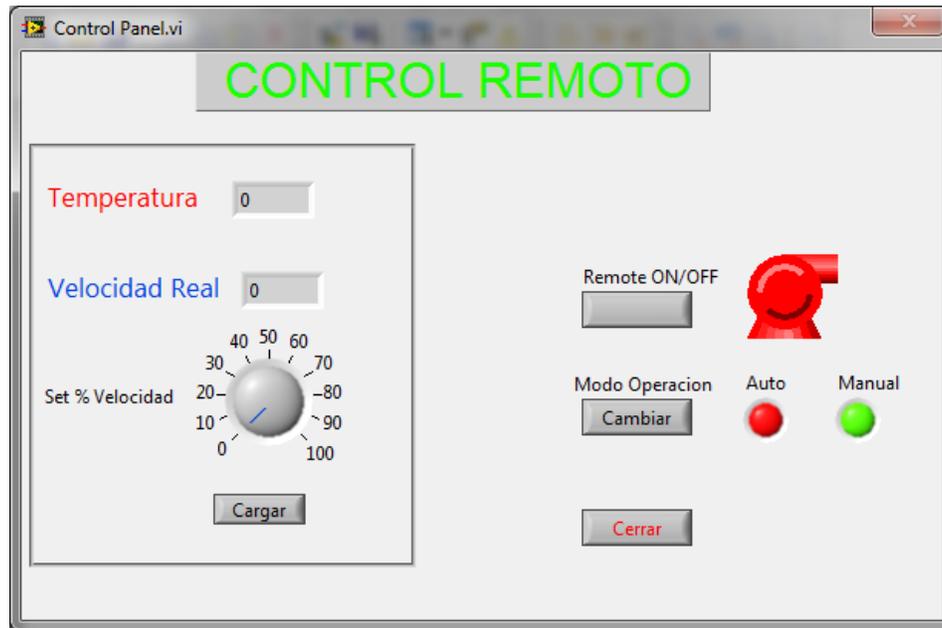


Figura 35. CONTROL PANEL.vi.

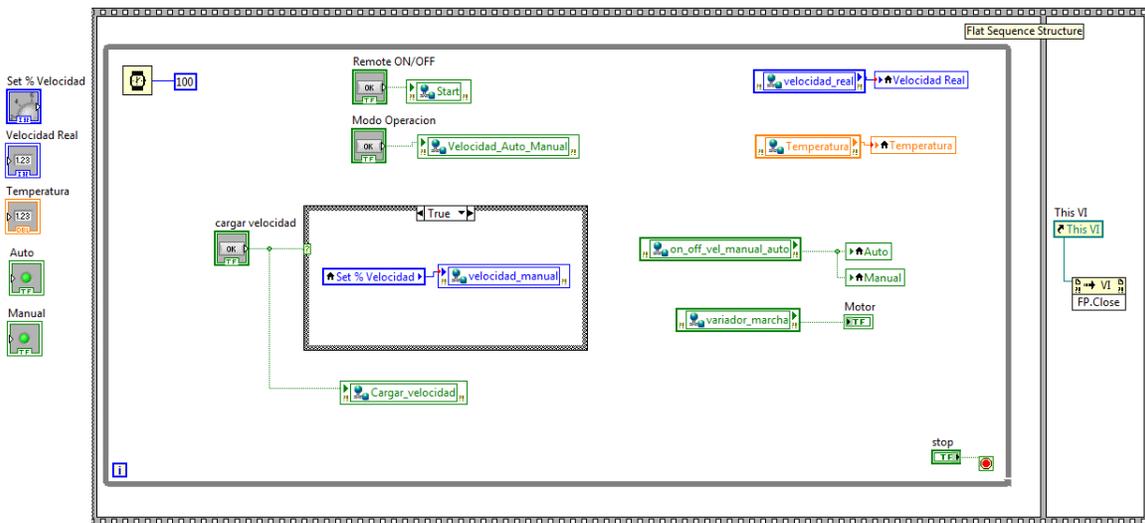


Figura 36. Diagrama de control CONTROL PANEL.vi.

Al igual que el Monitor es necesario cerrar la aplicación del botón dispuesto para ello y no de la “x” del cuadro de dialogo, al cerrarlo regresamos al VI central donde

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

debemos hacer clic en cerrar sesión para terminar la misma y así poder ingresar nuevamente cuando se requiera.

5.1.2 Estructura de Comunicación.

La comunicación entre los diferentes dispositivos del proceso se puede agrupar en tres niveles jerárquicos que comprenden las interacciones entre los diferentes dispositivos.

5.1.2.1 Nivel Uno.

En este nivel se realiza la comunicación entre el PLC, HMI, sensores y actuadores, se utilizó protocolo de comunicación Ethernet y Profibus DP.

Para esta Nivel se planteo la siguiente estructura:

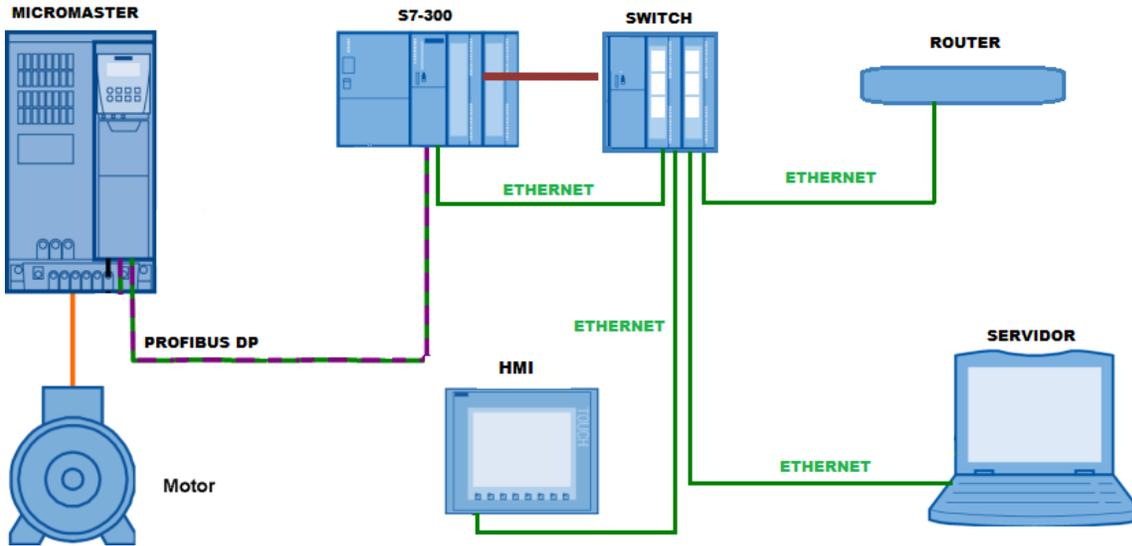


Figura 37. Estructura comunicación Nivel 1.

Verde: Protocolo Ethernet entre PLC, Servidos y HMI. Morado: Profibus DP entre PLC y Micromaster. (Construcción Propia)

Para lograr esta configuración de comunicación debemos realizar la parametrización del Hardware utilizado. Al realizar una buena parametrización de la comunicación y de los elementos de Hardware que vamos a utilizar, garantizamos que el PLC arrancará sin problemas y reconocerá todos los módulos conectados a su red.

Para poder realizar la estructura del Hardware y comunicación en el PLC debemos seguir los siguientes pasos:

- Ya teniendo configurada la CPU que vamos a utilizar (para nuestro caso una CPU 314C-2 DP) y el módulo comunicación Ethernet (Modulo CP343-1 V1.0 referencia 343-1EX21-0XE0), vamos a ingresar a la parametrización de los enlaces que va a tener el PLC. Para esto buscamos en la sección

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

izquierda de la ventana principal del Simatic la carpeta que lleva el nombre de la CPU (CPU 314C-2 DP), damos clic sobre ella y en la parte derecha nos da la opción de ingresar a “Enlaces”.

- Es los enlaces insertamos la estación HMI especificando la referencia y versión del equipo que vamos a utilizar, para luego enlazarla a la red Ethernet que ya se creó al parametrizar el CP343-1.
 - Debemos cambiar las direcciones IP tanto de la CPU, como de la estación HMI por las que vamos a utilizar en el proyecto. Para esto damos doble clic sobre la entrada de la red al módulo a modificar, y en la ventana emergente ingresamos la dirección 192.168.20.100 para la CPU y 192.168.20.102 para el HMI.

- Cuando ya tengamos la red Ethernet lista, procedemos a realizar la configuración de la red Profibus DP. Para esto damos doble clic en la sección “DP” del módulo de la CPU (se identifica porque dice DP y tiene un cuadro color morado) y agregamos una nueva subred a nuestro sistema.

- Para adicionar el Micromaster que nos comandara el motor a la subred Profibus DP que creamos, debemos ingresar al Hardware del PLC.
 - Estando en el Hardware, buscamos el módulo del drive en la sección derecha de la ventana, siguiendo la ruta: PROFIBUS-DP/SIMOVERT/MICROMASTER 4, procediendo a arrastrarlo hasta la red. Por último se desglosa la subcarpeta del micromaster y arrastramos al Slot 1 del drive el modulo “Standard Telegram 1”.
 NOTA: Se puede cambiar la dirección de las entradas y salidas dando doble clic sobre ellas.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

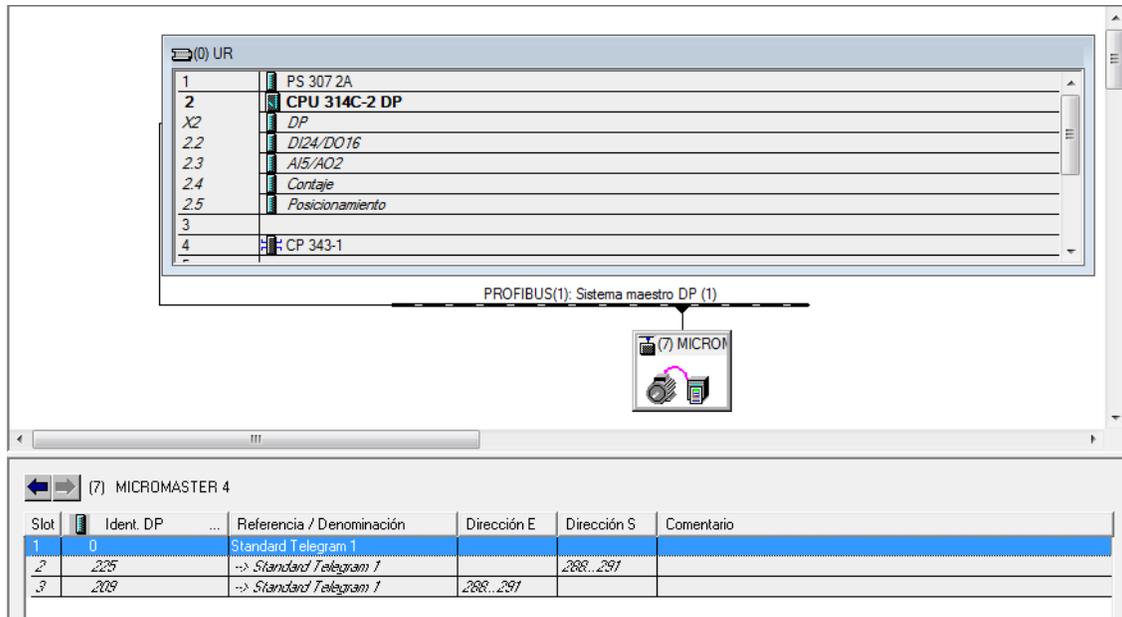


Figura 38. Configuración del Drive.

Con este procedimiento logramos tener estructurada por Software la red de comunicación entre el PLC, el HMI Local y el Drive.

5.1.2.2 Nivel dos.

En este nivel se realiza la comunicación entre el PLC, y el servidor mediante protocolo Ethernet utilizando como plataforma el software OPC server de LabView, mediante el cual por comunicación Ethernet podemos acceder a las diferentes variables que nos interesa monitorear y que ya se encuentran en el programa base de nuestro PLC.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

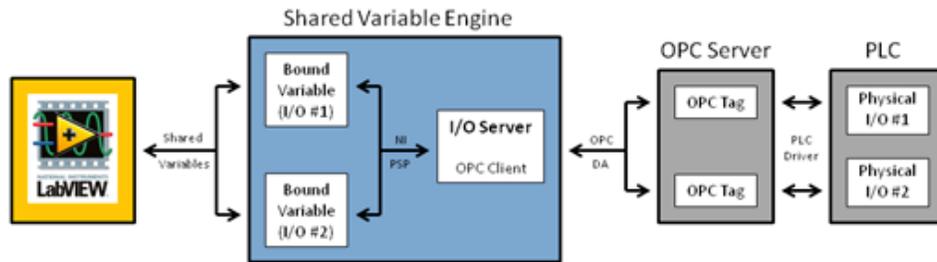


Figura 39. Estructura de comunicación Nivel 2.

(Links, Datalogging, Network, & Physics, 2012)

En los diagramas de bloques de la figura anterior se aprecia que la información del estado de las variables fluye en forma bidireccional partiendo de la información tomada en las entradas físicas del PLC, a unas variables virtuales llamadas Tag que son las que el OPC Server por medio del protocolo OPC intercambia con el PLC, ya sea para su supervisión por un sistema Scada o para un Software ERP.

- **Configuración del OPC Server:**

Se Abre el programa y hacemos clic en adicionar nuevo canal de comunicación y configuramos este canal, se le asigna un nombre, se selecciona la interface con el cual se va a comunicar, en nuestro caso Siemens TCP/IP Ethernet, se selecciona el adaptador de red del servidor y el tiempo de ciclo.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

- Canal

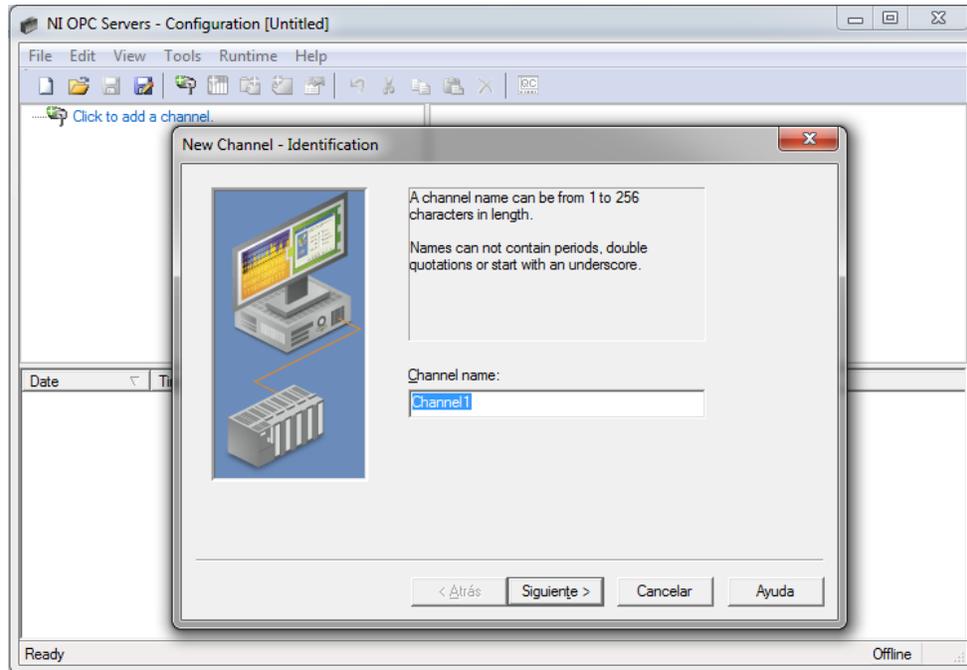


Figura 40. OPC Server. Asignación nombre del Canal

Al finalizar nos muestra un resumen de nuestra configuración del canal.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

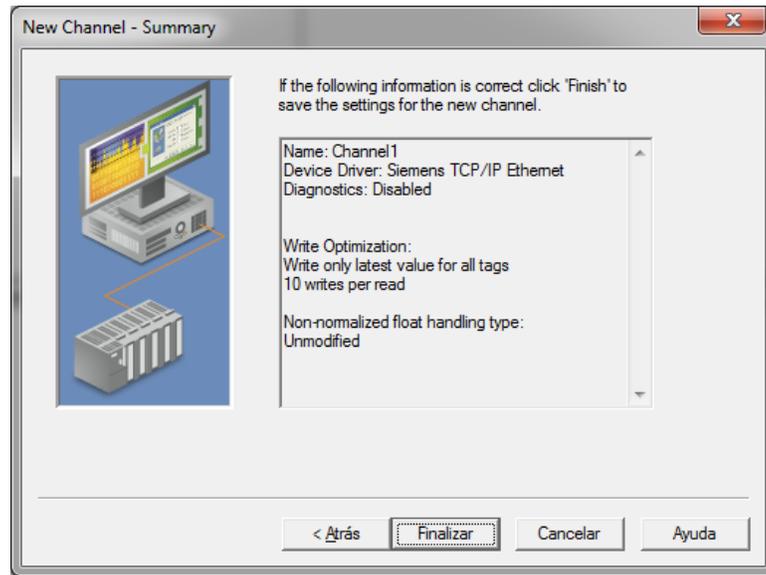
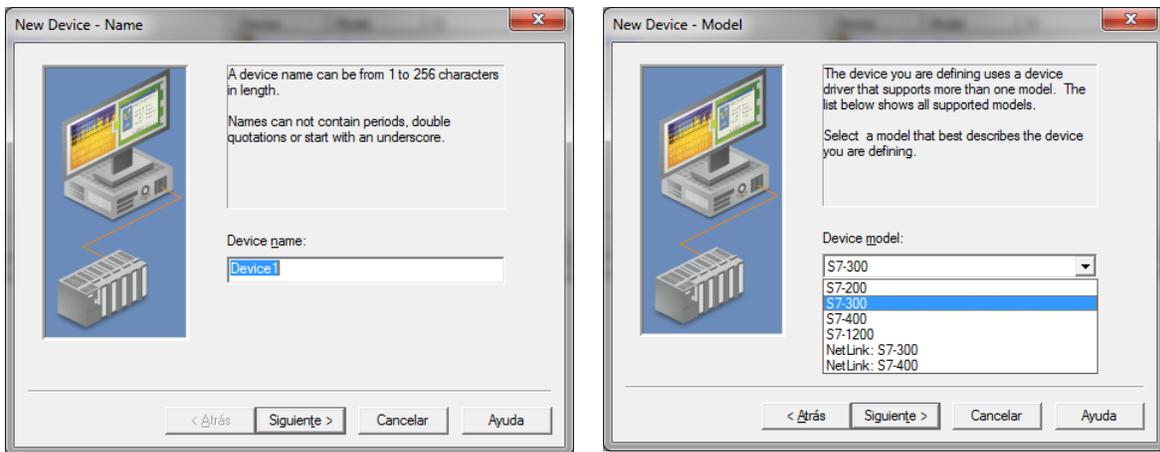


Figura 41. OPC Server. Resumen asignación del Canal

- Dispositivo

Se prosigue configurando el dispositivo y las variables de este a las que accederemos. Iniciamos asignado un nombre al dispositivo, seleccionamos el tipo de dispositivo, la dirección de red del dispositivo y Puerto.



 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

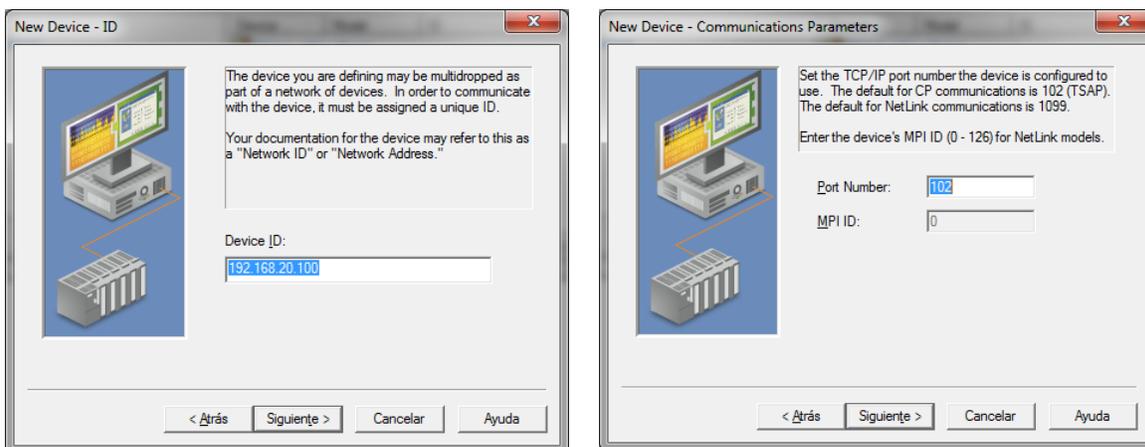


Figura 42. OPC Server. Configuración dispositivo y variables.

Al finalizar nos muestra un resumen de nuestra configuración de dispositivo.

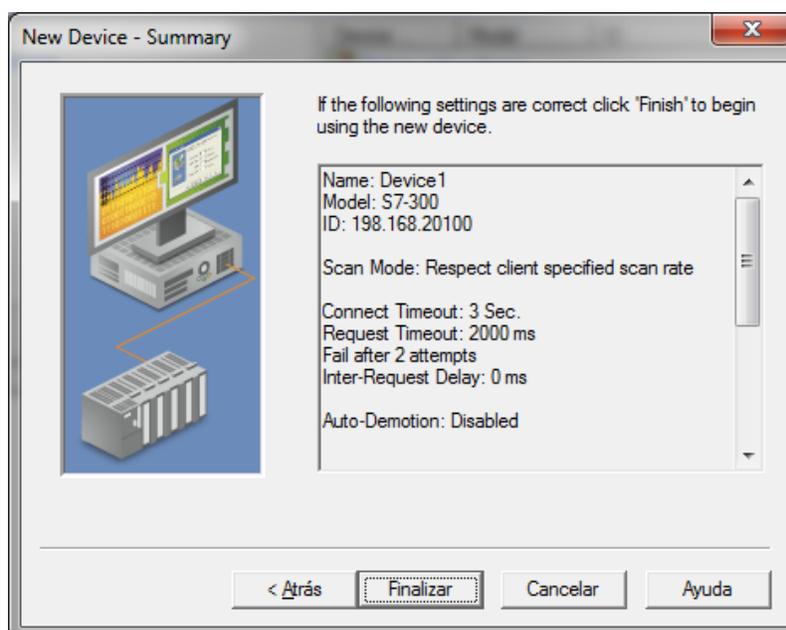


Figura 43. OPC Server. Resumen configuración del dispositivo.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

- Variables

Continuamos configurando la variables que se van a enlazar entre el servidor y el PLC, hacemos clic en adicionar Tag y configuramos el nombre de la variable de acuerdo con la tabla de variables ya definida, es importante tener nombres unificados para no tener problemas a la hora de realizar el scada. Con la información de la tabla ingresamos la dirección (Ejemplo: MW8), el tipo de datos que maneja dicha variable y la acción frente a esta variable (Lectura, escritura o ambas).

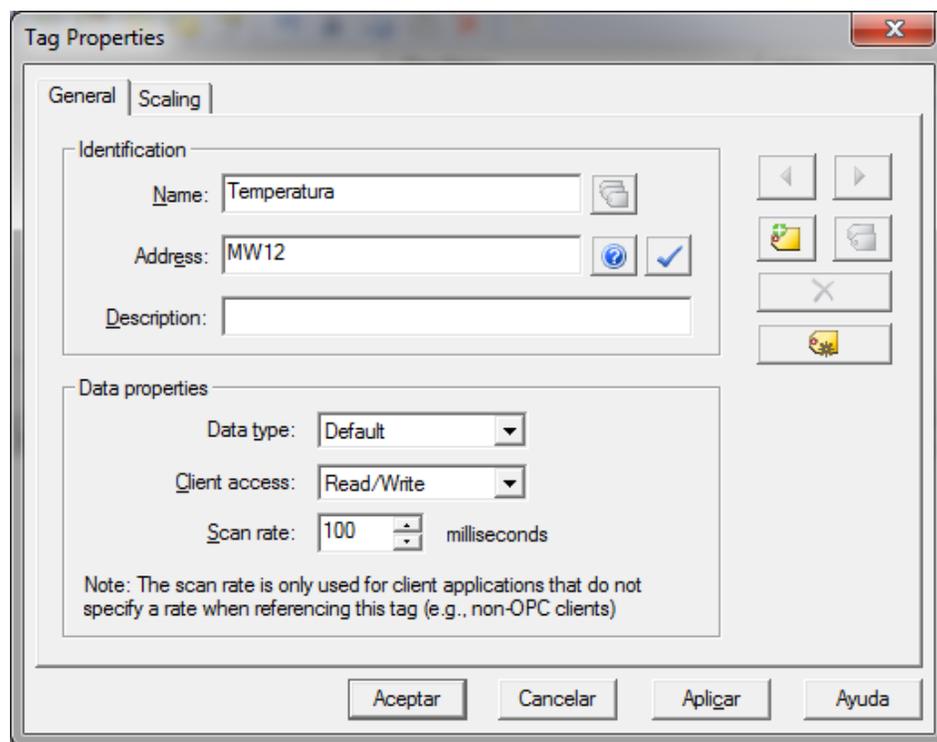


Figura 44. OPC Server. Configuración variables enlazadas.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

En este punto ya podemos acceder a la información de las variables que configuramos con una comunicación de tiempo real a la cual podemos establecer el tiempo de muestreo.

5.1.2.3 Nivel tres.

En este nivel se realiza la publicación de las variables monitoreadas en un web server para su interacción con los usuarios de internet, para esto necesitamos desarrollar una aplicación cliente para la configuración OPC servidor anteriormente configurado, esta aplicación se desarrollo en el programa Labview 2010 SP1 en el cual se diseñaron los paneles de control y monitoreo virtual Vis (Virtual Instruments).

Para este fin se requiere tener una cuenta DNS (ver marco teórico) debido a que las direcciones IP asignadas por el proveedor de servicios son dinámicas (DCHP). Se creó una cuenta con la empresa No-IP la cual nos provee la dirección <http://itmstudents.serveftp.com/> y el software DUC v 4.1.0.

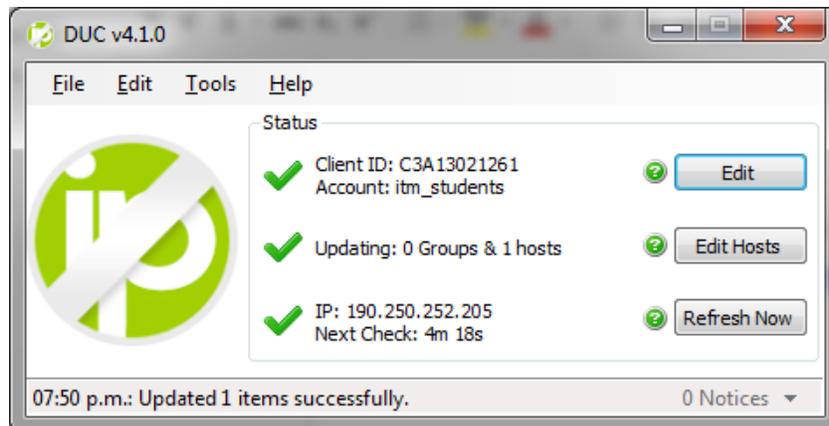


Figura 45. Software DUC para cuenta DNS.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

Con esta cuenta logramos enlazar nuestra IP pública con la dirección DNS, lo que nos permitirá encontrar nuestro router desde cualquier parte del mundo con solo ingresar la dirección DNS. Lo siguiente será parametrizar el router para que permita el acceso al servidor o host donde correrá la aplicación web.

Para esto ingresamos a la plataforma del router con dirección IP privada que este tenga asignada (normalmente en la 192.168.1.1).

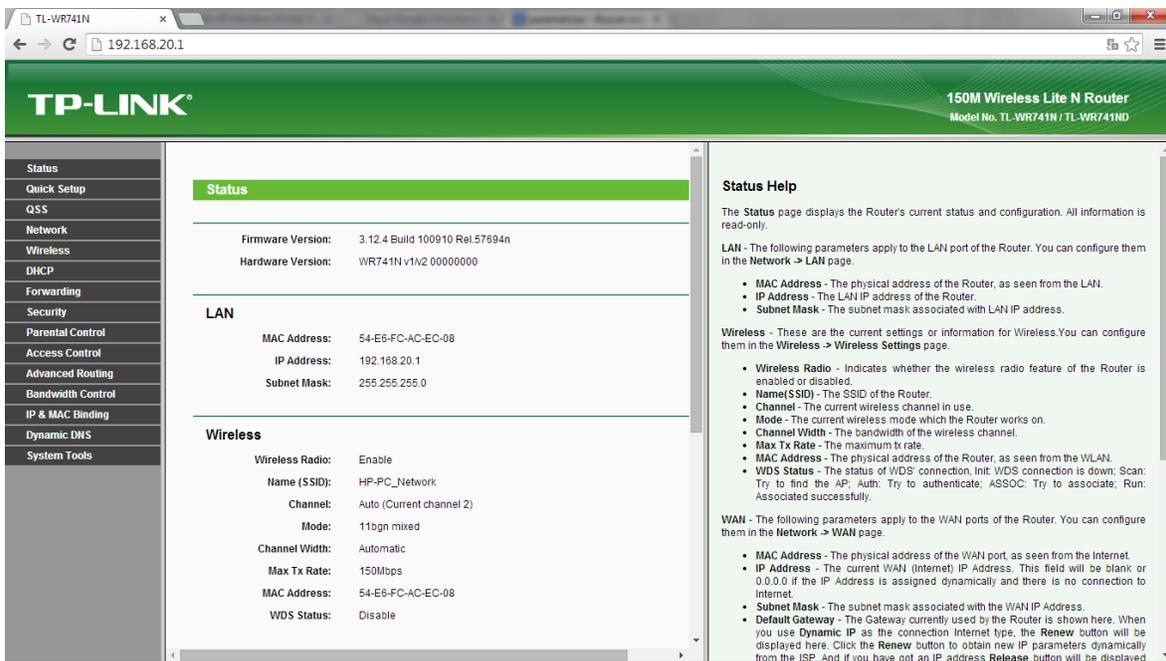
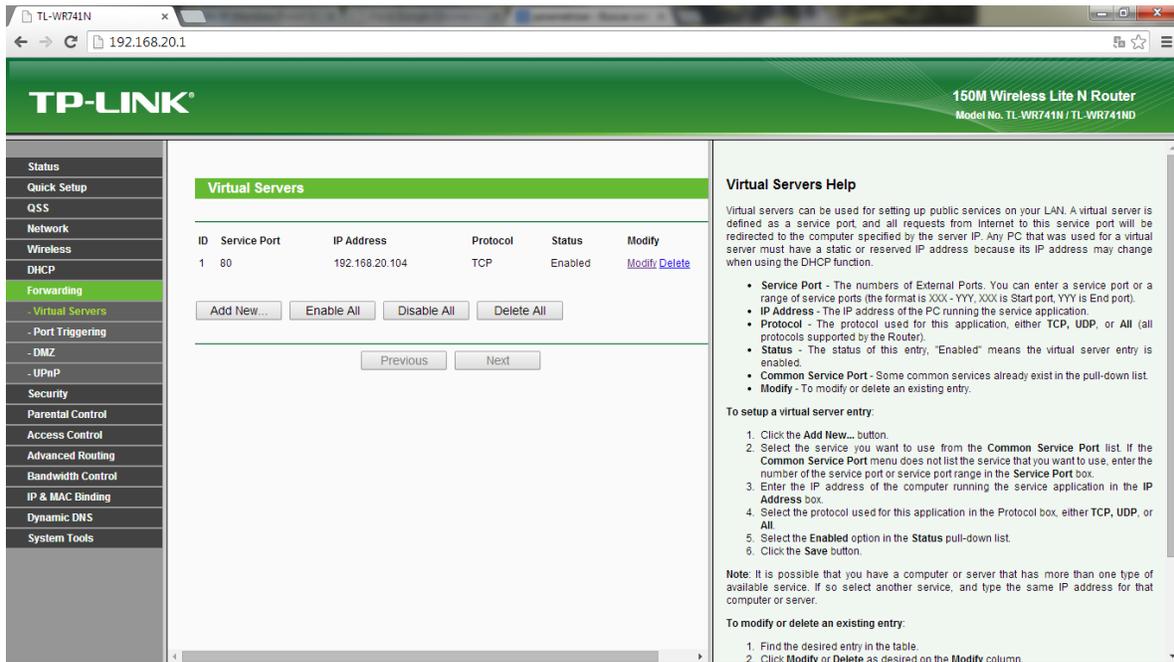


Figura 46. Plataforma principal del Router.

Nos dirigimos a Forwarding donde se configura el servidor virtual y el DMZ (ver marco teórico) para la dirección IP privada del servidor 192.168.20.104 según la

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

tabla Direcciones de Red antes establecida, logrando así que nuestra dirección DNS pueda acceder a la aplicación web.



The screenshot shows the TP-Link web interface for a 150M Wireless Lite N Router. The 'Virtual Servers' section is active, displaying a table with the following data:

ID	Service Port	IP Address	Protocol	Status	Modify
1	80	192.168.20.104	TCP	Enabled	Modify , Delete

Below the table are buttons for 'Add New...', 'Enable All', 'Disable All', and 'Delete All'. There are also 'Previous' and 'Next' navigation buttons.

The 'Virtual Servers Help' section provides the following information:

Virtual Servers Help

Virtual servers can be used for setting up public services on your LAN. A virtual server is defined as a service port, and all requests from Internet to this service port will be redirected to the computer specified by the server IP. Any PC that was used for a virtual server must have a static or reserved IP address because its IP address may change when using the DHCP function.

- Service Port** - The numbers of External Ports. You can enter a service port or a range of service ports (the format is XXX - YYY, XXX is Start port, YYY is End port).
- IP Address** - The IP address of the PC running the service application.
- Protocol** - The protocol used for this application, either TCP, UDP, or All (all protocols supported by the Router).
- Status** - The status of this entry. "Enabled" means the virtual server entry is enabled.
- Common Service Port** - Some common services already exist in the pull-down list.
- Modify** - To modify or delete an existing entry.

To setup a virtual server entry:

- Click the Add New... button.
- Select the service you want to use from the Common Service Port list. If the Common Service Port menu does not list the service that you want to use, enter the number of the service port or service port range in the Service Port box.
- Enter the IP address of the computer running the service application in the IP Address box.
- Select the protocol used for this application in the Protocol box, either TCP, UDP, or All.
- Select the Enabled option in the Status pull-down list.
- Click the Save button.

Note: It is possible that you have a computer or server that has more than one type of available service. If so select another service, and type the same IP address for that computer or server.

To modify or delete an existing entry:

- Find the desired entry in the table.
- Click **Modify** or **Delete** as desired on the **Modify** column.

Figura 47. Configuración Virtual Server.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

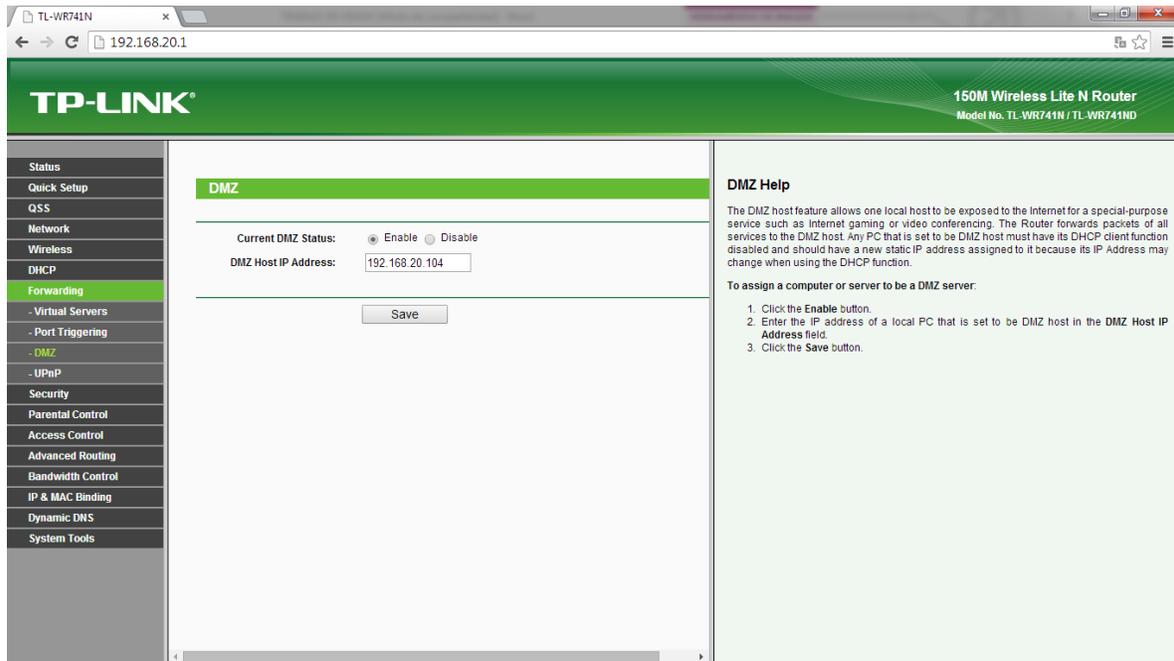


Figura 48. Configuración del DMZ (Zona desmilitarizada).

En la configuración anterior los dos puntos más relevantes y que debemos tener cuidado en ingresarlos correctamente son la dirección IP y el puerto que se va a utilizar. Con esta configuración establecida procedemos desarrollar la aplicación cliente que controlara el proceso de manera remota a través de internet.

La aplicación se segmenta en: configuración del proyecto, configuración de variables del OPC Server y desarrollo de Vis.

Ingresamos a LabView, Herramientas, Opciones, Web Server.

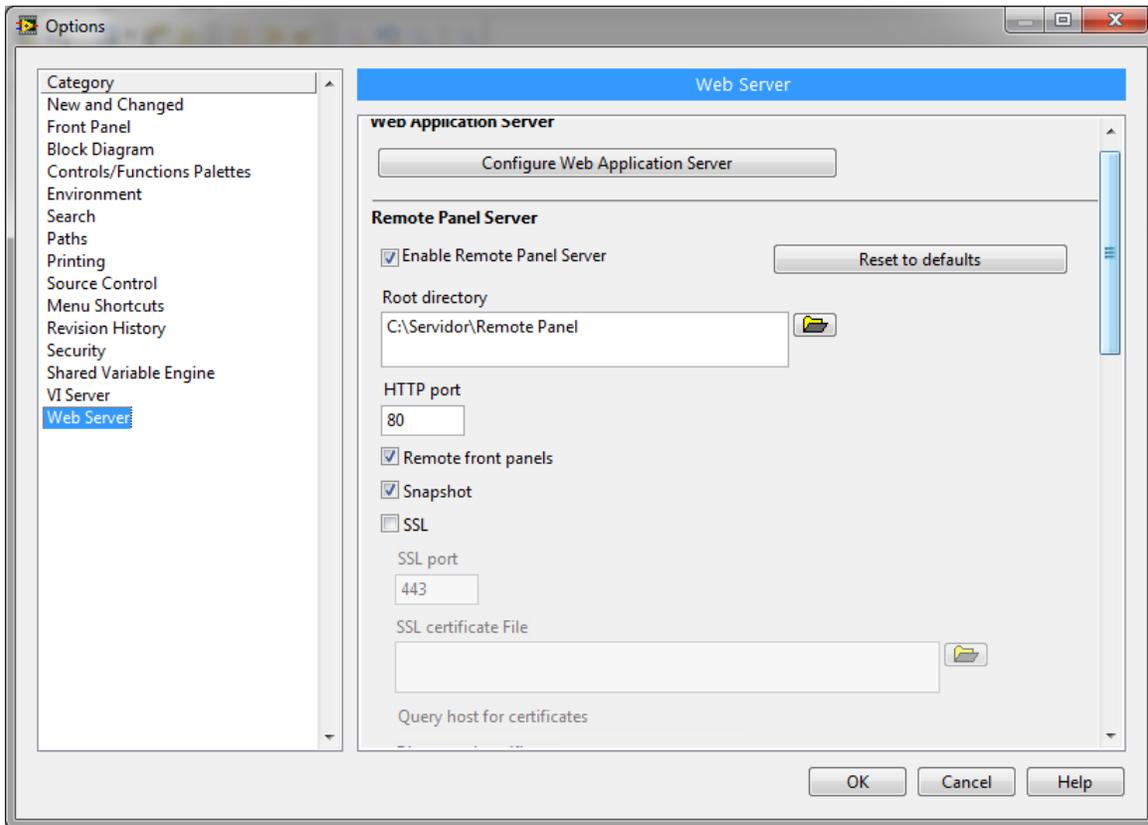


Figura 49. Opciones del Web Server.

Aquí habilitamos la opción de servidor de paneles remotos y configuramos el puerto HTTP 80 que es el que habíamos configurado en el router.

Regresamos al proyecto y anexamos el Web Service (RESful), como lo muestra la imagen a continuación.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

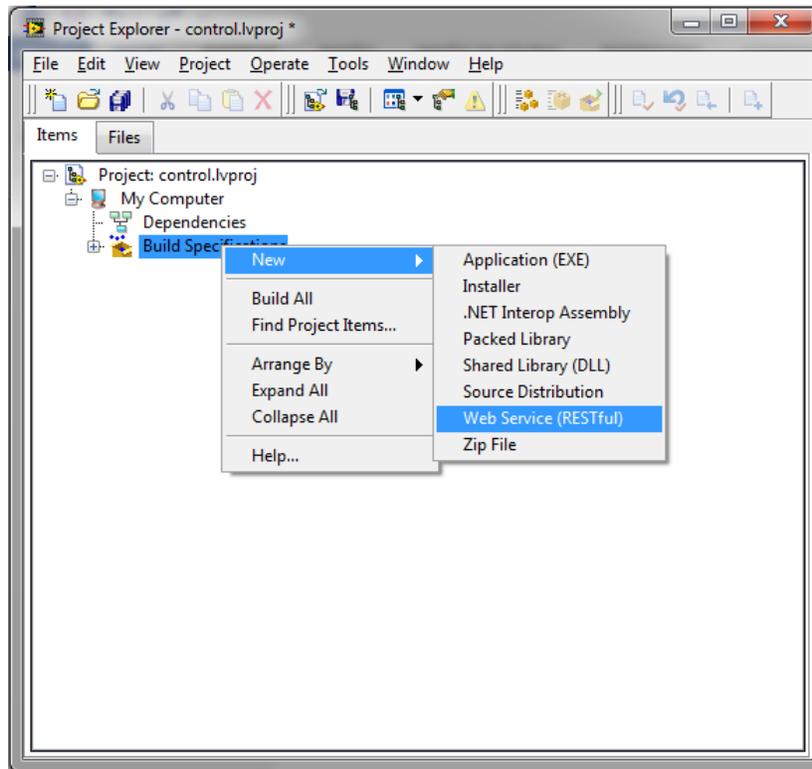


Figura 50. Construcción del Web Server.

Al habilitar este servicio se abre un cuadro configuración donde se deben especificar los Vis que van a estar disponibles en el servidor, el formato de salida (HTML, XML, etc.)

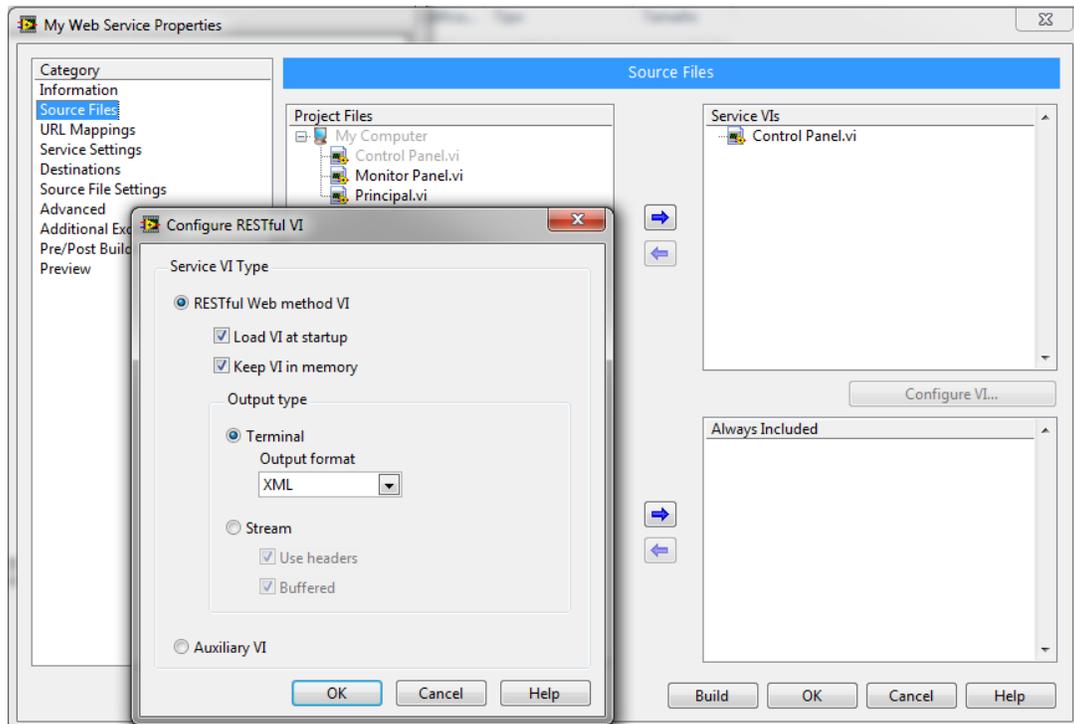


Figura 51. Configuración del Web Server.

El paso siguiente sera agregar la variables que previamente se han configurado en OPC server, para esto agregamos un nuevo servio I/O server, OPC client y adicionamos las variables que conformaran nuestros Vis de control en las siguientes imágenes podemos ver la secuencia de pasos que se deben ejecutar.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

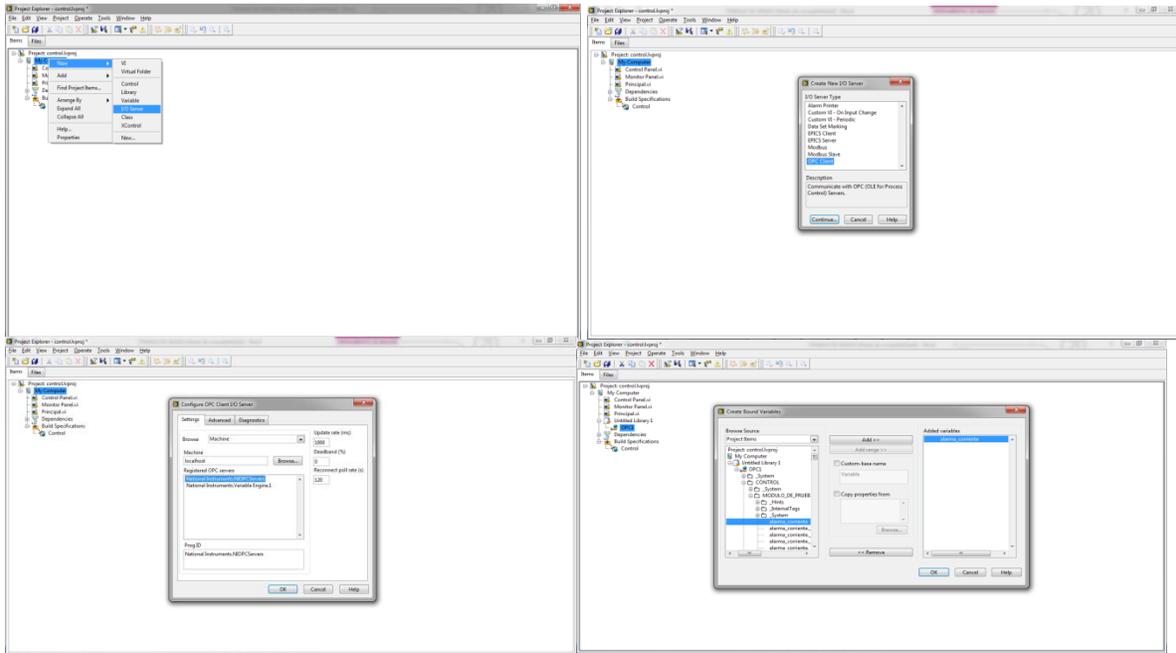


Figura 52. LabView. Configuración de Variables.

Al terminar esto nuestro proyecto se vera de la siguiente manera.

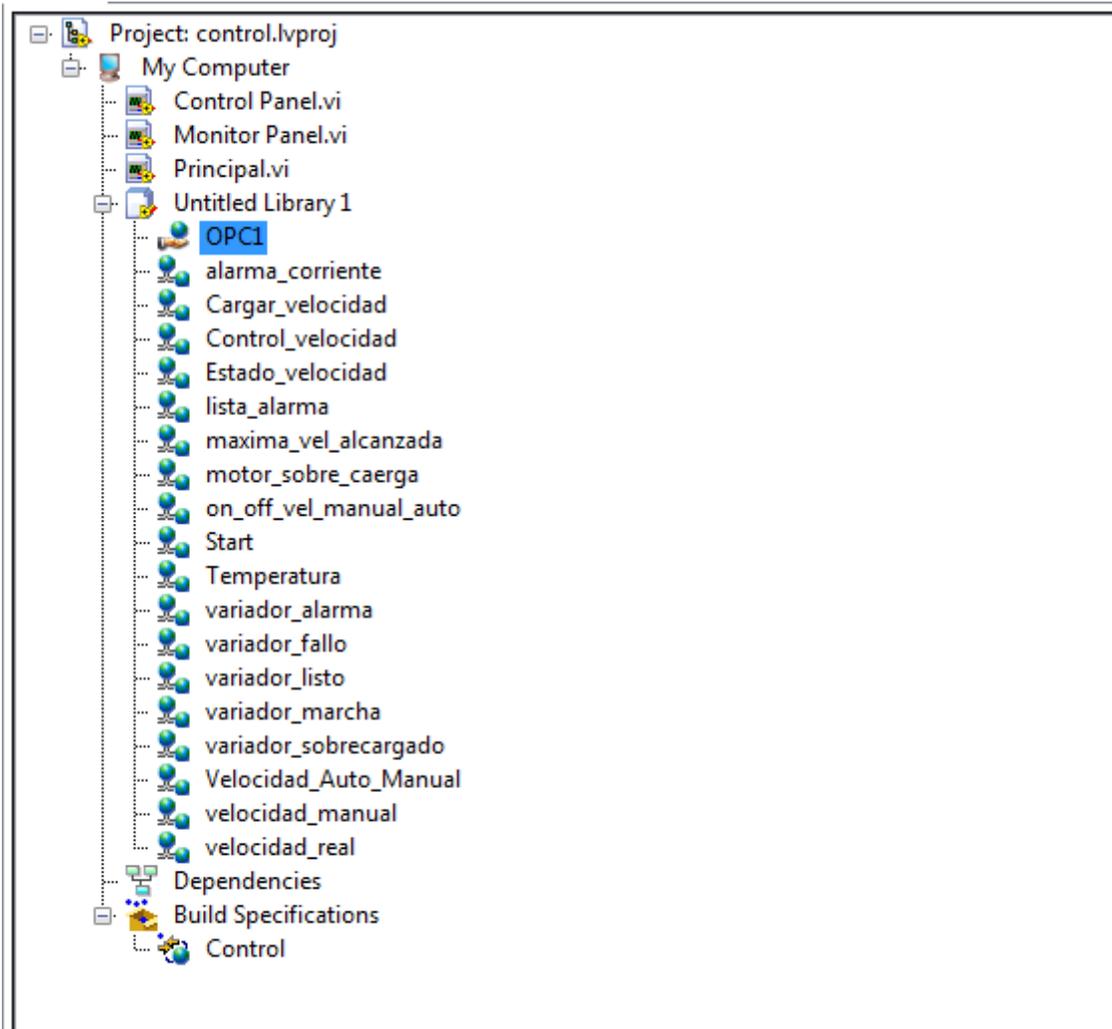


Figura 53. LabView. Visualización final del proyecto.

Nótese que tenemos un Web Service llamado Control, tenemos una librería con todas las variables utilizadas y tenemos tres paneles virtuales o Vis.

5.2 Cronograma de actividades.

Metas	Meses																							
	1		2		3		4		5		6													
1. Identificar proceso.	█	█																						
2. Especificar componentes.			█	█																				
3. Arquitectura software y comunicación				█	█	█	█																	
4. Descripción HDMI y seguridades.							█	█																
5. Implementación								█	█	█														
6. Pruebas y verificación										█	█	█	█											
7. Ajustes condiciones iniciales													█	█										
8. Redacción trabajo escrito																				█	█	█		

Tabla 3. Cronograma de Actividades.

(Construcción Propia)

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

5.3 Recursos utilizados.

Para la correcta realización del proyecto requerimos de los siguientes recursos:

- En primera instancia debemos tener un controlador, en el cual construimos el software del proceso y llevamos todos los datos recolectados en la capa física de nuestro sistema. Para nuestro proyecto utilizamos un PLC Siemens S7-300 con una CPU 314C-2DP V2.0 la cual tiene las siguientes características:
 - “Es para uso como controlador central o distribuido en PROFIBUS o PROFINET.” (Siemens, 2011a)
 - “Alta velocidad de procesamiento en instrucciones binarias y de aritmética en coma flotante.” (Siemens, 2011a)
 - “192 kB de memoria de trabajo de los cuales 64 kB son remanentes.” (Siemens, 2011a)
 - “Interfaz MPI/DP combinada para maestro DP o esclavo DP. Como maestro DP: 124 esclavos DP están permitidos.” (Siemens, 2011a)
 - “Interfaz PROFINET integrada con un switch de 2 puertos para estructuras en línea.” (Siemens, 2011a)

Respecto a las entradas y salidas que nos brinda la CPU tenemos las siguientes características:

Elemento	CPU 314C-2 DP
Interfaz MPI de 9 polos (X1)	Sí
Interfaz DP de 9 polos (X2)	Sí
Entradas digitales	24
Salidas digitales	16
Entradas analógicas	4 + 1
Salidas analógicas	2

Tabla 4. “Características de las CPUs 314C-2 DP relativas a interfaces, entradas y salidas integradas” (Siemens, 2011b)

Con estas características podemos satisfacer las necesidades del proyecto en cuanto a variables analógicas y digitales, y en comunicación Profibus requerida para comandar el Drive.

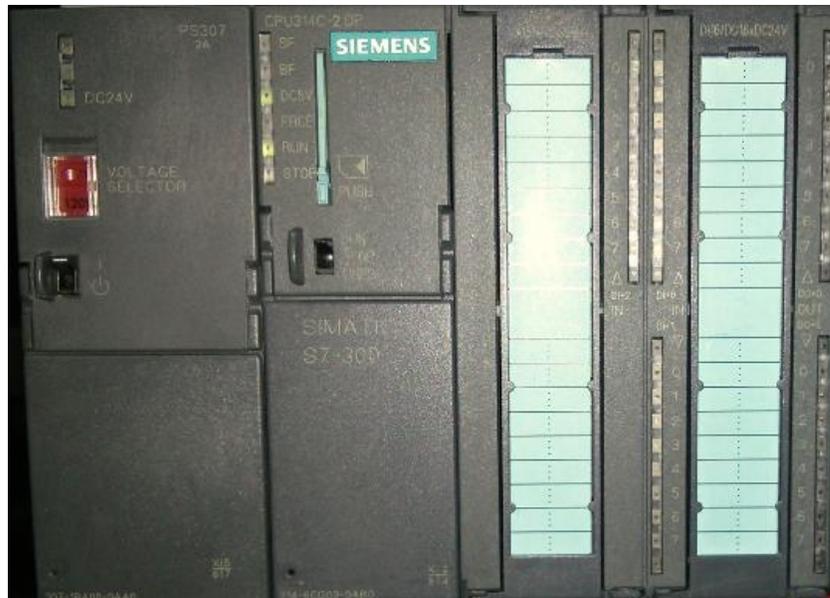


Figura 54. PLC Siemens S7-300 con CPU 314C-2DP.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

- Para realizar el enlace vía Ethernet entre el PLC y el Switch utilizamos el módulo de comunicación CP343-1 V1.0 referencia 343-1EX21-0XE0.



Figura 55. Modulo CP343-1 V1.0 referencia 343-1EX21-0XE0.

- Para realizar la comunicación utilizamos un cable de Industrial Ethernet TP 4x2 categoría 6.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16



Figura 56. Cable Industrial Ethernet TP 4x2 categoría 6.

- Para poder visualizar el Scada desarrollado en WinCC se utiliza un Panel Touch (HMI) marca Siemens modelo TP 177B 6in color PN/DP.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16



Figura 57. Panel Touch Siemens Modelo TP 177B 6in color PN/DP.

- Para la comunicación de emisión y recepción entre los componentes conectados vía ethernet utilizamos el Switch Scalance x108 Siemens. Este debe ir complementado por una fuente que lo alimenta con 24VDC.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16



Figura 58. Switch Scalance x108 Siemens y Fuente 24VDC.

- Para adquirir los datos de las variables monitoreadas por el PLC y para publicar el Scada diseñado en Labview, necesitamos tener un servidor. Para esto utilizamos un computador portátil personal en donde tendremos los programas y toda la información necesaria.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

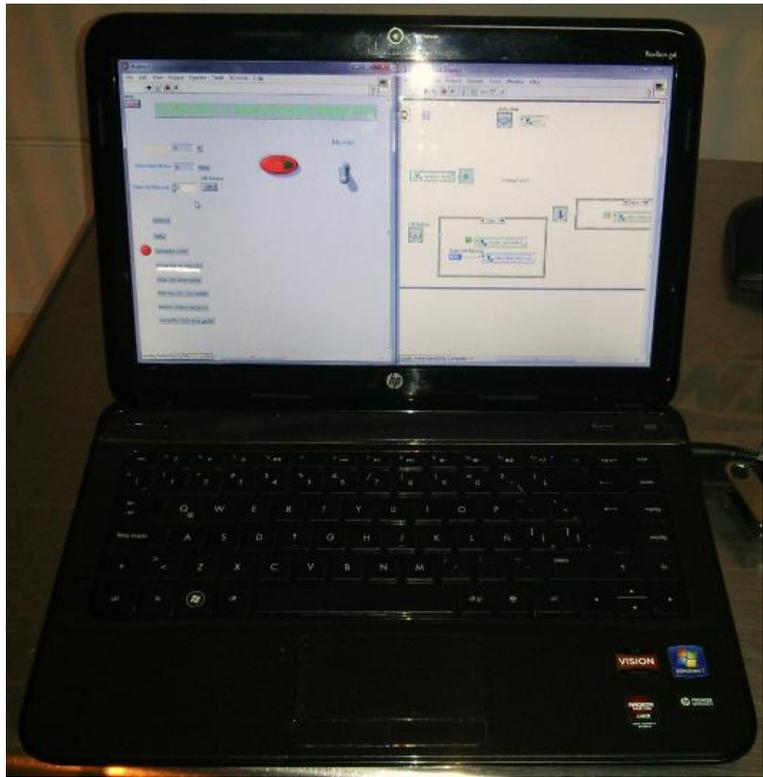


Figura 59. Servidor.

- Para poder crear nuestra red y llevar la información requerida al internet, debemos utilizar un router. Para nuestro caso utilizamos un Router TP-LINK.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16



Figura 60. Router TP-LINK.

- Para realizar la comunicación entre el PLC y el Drive utilizamos un cable Profibus DP que nos permite el envío y recepción de datos de mando y de estado.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16



Figura 61. Cable Profibus DP.

- Para realizar el control de velocidad del motor utilizamos un Drive Micromaster 440 marca Siemens, que se comunica vía profibus con el PLC.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16



Figura 62. Drive Micromaster 440 marca Siemens.

- Conectado al Drive tenemos un motor trifásico marca Siemens de 0,4 HP, al cual le vemos a controlar la velocidad por medio de la temperatura.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16



Figura 63. Motor trifásico Siemens de 0,4 HP.

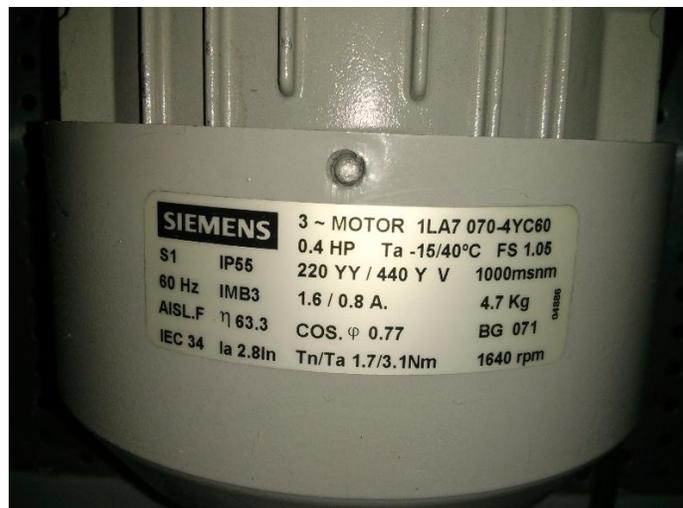


Figura 64. Placa de características Motor Trifásico.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

- Por último tenemos el sensor PT100, con el cual vamos a obtener el valor de temperatura que será llevado al PLC y así poder variar la velocidad del motor.

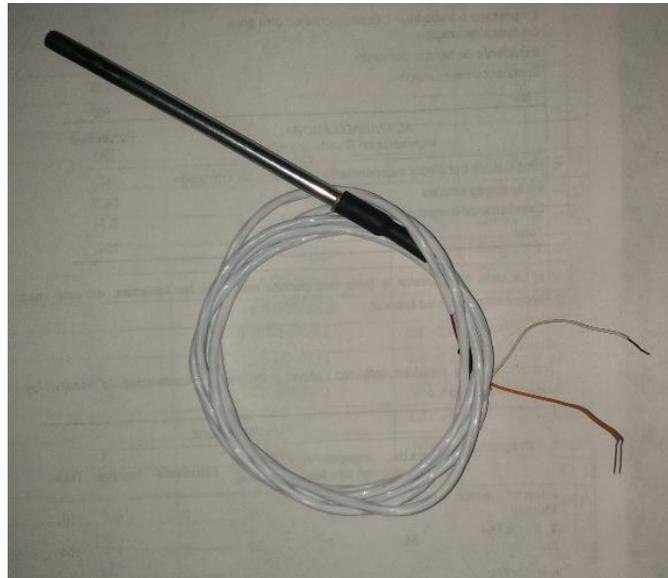


Figura 65. Sensor PT100 3 Hilos.

- Por último mostramos el montaje físico realizado del PLC, el micromaster y el HMI local.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16



Figura 66. Montaje completo.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se logró establecer comunicación remota entre un pc de usuario y el servidor dentro del área metropolitana de la ciudad de Medellín, usando redes del mismo prestador de servicio de internet controlando el sistema conectado al servidor de manera remota.

Se desarrolló un sistema SCADA para monitorear un proceso controlado por un autómatas programable de marca siemens modelo S7 300 a través de una red Ethernet, logrando comunicación eficiente y fluida, con un mínimo de componentes, entre el autómatas y el servidor.

Se determinaron los componentes más adecuados tanto de software como hardware para la realización del proyecto. Se analizaron los componentes y programas ofrecidos en el mercado y se seleccionaron la marca Siemens y National Instruments por ofrecer gran soporte técnico y su amplia documentación. Se deja abierta la opción para que por parte del implementador del proyecto, se realice la selección de otras marcas que suplan las necesidades del proceso según su presupuesto.

Se compilo un detallado documento en el cual se describe todas las actividades necesarias para la realización del proyecto. El propósito inicial del trabajo consistía en redactarlo de tal manera que para el lector fuera posible implementar el proyecto con la información contenida en este, por lo que se desarrollaron instructivos básicos durante la redacción de la metodología. Con estos datos es

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

posible implementar un sistema de monitoreo remoto sobre un sistema de control ya establecido en un proceso industrial.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

7. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO

Existen en la industria procesos de gran complejidad que requieren un sin número de equipos con una programación avanzada. En la mayoría de casos la información de estos procesos se queda allí con su operador quien registra algunos datos específicos del proceso. En estos casos, se está perdiendo el potencial de los equipos que están controlando el proceso. Estructurando un sistema de monitoreo y control como el que se propone en este proyecto es posible obtener de un proceso industrial una gran cantidad de variable e información vital para la toma de decisiones a nivel producción, mantenimiento y seguridad. Para ejemplarizar esto podríamos comenzar con la seguridad, es posible tener control en tiempo real de las condiciones peligrosas para la salud del personal como niveles críticos de productos químicos, tiempos de exposición, niveles de ruido y demás variables que impactan la parte de seguridad. En producción y mantenimiento variables como confiabilidad de los equipos, análisis de tiempos y así muchas variable que pueden estar disponibles en tiempo real y desde cualquier lugar.

La inclinación para el uso de los equipos hardware y software en el proyecto se produce por el respaldo ofrecido por las marcas seleccionadas, además de contar con la disponibilidad de estos recursos para desarrollar el proyecto.

Se logró integrar una serie de dispositivos hardware y software configurados de tal manera que permitieran el control y monitoreo de un proceso industrial de forma

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

fiable y segura, además su acceso remoto por internet, le da flexibilidad, lo que le agrega gran valor a este proyecto.

Se estructura un procedimiento para implementar el proyecto de control y monitoreo remoto de un proceso industrial de manera modular el cual se puede ejecutar con los programas sugeridos en a lo largo del proyecto o elegir una marca diferente acorde a la necesidad y presupuesto disponible.

Se consigue realizar pruebas al proceso propuesto ejecutando y revisando la operación y desempeño de todos los módulos propuestos y descritos en la metodología, poniendo a prueba compatibilidad, seguridad y conectividad.

Para la implementación de este tipo de proyecto de monitoreo en los que se utilice enrutamientos de internet, se recomienda realizar verificación de los componentes para que cumplan las características técnicas necesarias para su desempeño adecuado. Por ejemplo que el router debe contar con el servicio de NAT y DMZ y que se debe garantizar que el servidor esté conectado a una IP pública para poder acceder a la información.

Para dar continuidad al proyecto se sugiere implementarlo en un proceso industrial completo por un periodo de prueba no menor a 6 meses para determinar la eficiencia y viabilidad del sistema, complementando el diseño para mejorar la versatilidad en su aplicación según las necesidades del mercado industrial. Además se requiere verificar como responde el sistema al conectarse desde ubicaciones más distantes y atreves de redes de diferentes proveedores de servicio de internet.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

REFERENCIAS

- Kaschel, I. H., & Pinto, E. (2001). Análisis del estado del arte de los buses de campo aplicados al control de procesos industriales. *Ciencia Abierta*, 19.
- Tolfo, F. (2002). El bus de campo alcanza la mayoría de edad. *Revista ABB*, 29.
- Andrada, D., & Sparhakl, P. (2006). Arquitectura para el monitoreo remoto de funciones vitales en pacientes ambulatorios. XII Congreso Argentino ..., 21–28. Retrieved from <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/22020>
- Galvis, J. D. (2008). Ethernet y el modelo OSI. Retrieved June 20, 2014, from http://ethernet.galeon.com/ether_osi.html
- li, R., & Tcp, I. (2005). ETHERNET Y PROTOCOLOS TCP / IPv4.
- Links, R., Datalogging, T. L., Network, M., & Physics, T. E. (2012). How LabVIEW Uses I / O Servers, 2–3.
- OPC Foundation. (2014). What is OPC? | OPC Foundation. Retrieved June 23, 2014, from <https://opcfoundation.org/about/what-is-opc/>
- Pérez Verde-Ramo, A. (2009). Protocolo Profibus DP. Retrieved May 27, 2014, from <http://automatizacion.bligoo.com/content/view/465437/Protocolo-Profibus-DP.html>
- Rooney, T. (2011). IP Address Management Principles and Practice. Zhurnal Eksperimental'noi i Teoreticheskoi Fiziki. Retrieved from <http://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=q8KzLj7vQkQC&oi=fnd&pg=PR11&dq=IP+Address+Management+Principles+and+Practice&ots=kRIq9cSwl4&sig=5LLAOyfHDqPbpYH2PaCZQi8DQ78>

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

Servidores Web - EcuRed. (n.d.). Retrieved June 25, 2014, from
http://www.ecured.cu/index.php/Servidores_Web

Siemens. (2001). Micromaster Módulo opcional PROFIBUS - Instrucciones de servicio.

Siemens. (2011a). SIMATIC S7-300 - Nueva CPU S7314C-2 PN/DP. Retrieved from
<https://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/noticias/pages/simatics7-300-nuevacpus7314c-2pndp.aspx>

Siemens. (2011b). técnicos S7-300 CPU 31xC y CPU 31x : Datos técnicos, 41.

Villar-montini, A. (2009). Tecnología de monitoreo remoto inalámbrico, 79, 75–78.

M. Moreno. (n.d.). Manual 061 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE PLC.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

ANEXOS

bit	Valor	Significado	Observaciones
0	1	EIN (ON)	Pasa el convertidor al estado "listo para arrancar", El sentido de giro se debe definir en el bit 11.
	0	AUS1 (OFF)	Parada, desaceleración según rampa, inhibición de pulsos a f_{min}
1	1	En servicio	-
	0	AUS2 (OFF2)	Inhibición inmediata de pulsos, parada por inercia
2	1	En servicio	-
	0	AUS3 (OFF3)	Parada rápida: parada con el tiempo de desaceleración más corto
3	1	Desbloquear servicio	Se habilitan la regulación e impulsos del convertidor
	0	Bloquear servicio	Se deshabilitan la regulación e impulsos del convertidor
4	1	En servicio	-
	0	Bloquear generador de rampa	La salida del generador de rampa se pone a 0 (frenada lo más rápida posible), el convertidor permanece en estado de servicio (EIN)
5	1	Desbloquear generador de rampa	-
	0	Parar generador de rampa	Se congela el valor actual de consigna predeterminado por el generador de rampa.
6	1	Desbloquear valor de consigna	Se habilita el valor seleccionado a la entrada del gen. rampa.
	0	Bloquear valor de consigna	Se pone a 0 el valor seleccionado a la entrada del gen. rampa.
7	1	Acusar fallo	Se acusa el mensaje de fallo con un flanco positivo, pasando el convertidor a continuación al estado de "bloqueo de arranque"
	0	Sin significado	
8	1	Mando por impulsos a dchas.	
	0		
9	1	Mando por impulsos a izqdas.	
	0		
10	1	Valores de consigna válidos	El maestro transmite valores de consigna válidos
	0	Valores de consigna no válidos	
11	1	Inversión del valor de consigna	El motor gira a izquierdas con un valor de consigna positivo
	0	Sin inversión del valor de consigna	El motor gira a derechas con un valor de consigna positivo
12	-	-	No utilizado
13	1	Potenciometro hacia arriba	
	0		
14	1	Potenciometro hacia abajo	
	0		
15	1	Mando directo (BOP/AOP)	Mando directo activado
	0	Mando a distancia	Mando a distancia activado

Anexo 1. Palabra de Mando 1

(Siemens, 2001)

bit	Valor	Descripción
0	1	Frecuencia fija bit 0
	0	
1	1	Frecuencia fija bit 1
	0	
2	1	Frecuencia fija bit 2
	0	
3	1	MICROMASTER 4, es específico de cada modelo
	0	
4	1	MICROMASTER 4, es específico de cada modelo
	0	
5	1	MICROMASTER 4, es específico de cada modelo
	0	
6	1	MICROMASTER 4, es específico de cada modelo
	0	
7	1	MICROMASTER 4, es específico de cada modelo
	0	
8	1	MICROMASTER 4, es específico de cada modelo
	0	
9	1	MICROMASTER 4, es específico de cada modelo
	0	
10	1	MICROMASTER 4, es específico de cada modelo
	0	
11	1	MICROMASTER 4, es específico de cada modelo
	0	
12	1	MICROMASTER 4, es específico de cada modelo
	0	
13	1	MICROMASTER 4, es específico de cada modelo
	0	
14	1	MICROMASTER 4, es específico de cada modelo
	0	
15	1	MICROMASTER 4, es específico de cada modelo
	0	

Anexo 2. Palabra de Mando 2

(Siemens, 2001)

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

bit	Valor	Significado	Observaciones
0	1	Listo para servicio	Alimentación de corriente conectada, electrónica inicializada, pulsos bloqueados
	0	No listo para servicio	
1	1	Listo para arrancar	(véase palabra de mando bit 0) El convertidor está conectado (el comando EIN/ON está activo), no aparecen fallos, el convertidor puede arrancar con el comando „Desbloquear servicio“. Causas: ningún comando EIN/ON, fallo, comando AUS2/OFF2 o AUS3/OFF3, bloqueo de arranque
	0	No listo para arrancar	
2	1	Servicio desbloqueado	Véase palabra de mando bit 3
	0	Servicio bloqueado	
3	1	Fallo	Fallo véase parámetro de fallo r0947 etc. Mal funcionamiento del convertidor y por ello fuera de servicio, después de una eliminación con éxito del fallo y acuse pasa al estado de bloqueo de arranque.
	0	-	
4	1	-	Véase palabra de mando bit 1
	0	Comando AUS2/OFF2 activo	
5	1	-	Véase palabra de mando bit 2
	0	Comando AUS3/OFF3 activo	
6	1	Bloqueo de arranque	Reconexión sólo mediante AUS1 y a continuación EIN
	0	Sin bloqueo de arranque	
7	1	Alarma (aviso)	Aviso véase parámetro de alarmas r2110. El accionamiento permanece en servicio.
	0	-	
8	1	Sin desviación de valor real respecto a consigna	Desviación entre el valor real y la consigna dentro del margen de tolerancia.
	0	Desviación de valor real respecto a consigna	
9	1	Control (remoto) solicitado	Se solicita al maestro que tome el control. El maestro no puede tomar el control, éste sólo es posible localmente
	0	Servicio in situ (en la unidad)	
10	1	f alcanzada	La frecuencia de salida del convertidor es mayor o igual que la frecuencia máxima
	0	f no alcanzada (por debajo)	
11	1	-	
	0	Alarma: motor al límite de corriente	
12	1	-	Señal que puede utilizarse para gobernar un freno.
	0	Freno del motor	
13	1	-	Sobrecarga según datos de placa del motor y convertidor
	0	Sobrecarga del motor	
14	1	Giro a derechas	
	0	Giro a izquierdas	
15	1	-	p. ej. corriente o temperatura
	0	Sobrecarga del convertidor	

Anexo 3. Palabra de Estado 1

(Siemens, 2001)

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

bit	Valor	Señal binario	Descripción
0	1		Freno de corriente continua activada
	0		
1	1		
	0		Frecuencia del convertidor < límite de desconexión
2	1		
	0		
3	1		Corriente \geq límite
	0		
4	1		Frecuencia real > Frecuencia relativa
	0		
5	1		Frecuencia real > Frecuencia relativa
	0		
6	1		Frecuencia real > Valor de consigna
	0		
7	1		Tensión < valor umbral
	0		
8	1		Tensión < valor umbral
	0		
9	1		Contradirección
	0		
10	1		Frecuencia PI < valor umbral
	0		
11	1		Saturación PI
	0		
12	1		MICROMASTER 4, es específico de cada modelo
	0		
13	1		MICROMASTER 4, es específico de cada modelo
	0		
14	1		MICROMASTER 4, es específico de cada modelo
	0		
15	1		MICROMASTER 4, es específico de cada modelo
	0		

Anexo 4. Palabra de Estado 2

(Siemens, 2001)

FIRMA ESTUDIANTES _____

FIRMA ASESOR _____

FECHA ENTREGA: _____

FIRMA COMITÉ TRABAJO DE GRADO DE LA FACULTAD _____

RECHAZADO___ ACEPTADO___ ACEPTADO CON MODIFICACIONES_____

ACTA NO. _____

FECHA ENTREGA: _____

FIRMA CONSEJO DE FACULTAD _____

ACTA NO. _____

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

FECHA ENTREGA: _____
